



**Reducción del Riesgo Sísmico  
en Edificaciones Escolares de Venezuela**

Oscar A. López  
Angelo Marinilli  
Gustavo Coronel D.

Este libro describe el riesgo sísmico al que están expuestos los edificios escolares del país y propone medidas para su reducción con la intención principal de promover la seguridad de niños, jóvenes y maestros durante la ocurrencia de eventos sísmicos futuros.

Su principal intención es la de promover las acciones necesarias para evitar la repetición de la tragedia de Cariaco del año 1997 en donde fallecieron numerosos estudiantes y maestros como consecuencia del derrumbe de cuatro edificios escolares. Dichas acciones están dirigidas a los entes públicos y privados que tienen la responsabilidad de administrar los edificios escolares existentes, a las autoridades municipales y regionales que tienen la responsabilidad de proteger la vida de los miembros más vulnerables de la sociedad, así como a las comunidades educativas que deben promover y exigir la reducción del riesgo sísmico en sus escuelas.

**Reducción  
del Riesgo Sísmico  
en Edificaciones Escolares  
de Venezuela**

Oscar A. López Angelo Marinilli Gustavo Coronel D.  
Editores



# **Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela**

**Oscar A. López  
Angelo Marinilli  
Gustavo Coronel D.**

**Editores**

**Caracas, diciembre 2015**



## **Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela**

EDITORES:

Oscar A. López  
Angelo Marinilli  
Gustavo Coronel D.

Instituto de Materiales y Modelos Estructurales  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Central de Venezuela  
Ciudad Universitaria, Caracas, Venezuela  
(58 212) 605 3134

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas  
FUNVISIS  
El Llanito, Caracas, Venezuela  
(58 212) 257 5153  
[www.funvisis.gob.ve](http://www.funvisis.gob.ve)

ISBN: 978-980-12-7455-1  
Depósito Legal: If25220146202146

Primera Edición: Diciembre 2015

Diseño de Portada:  
Elizabeth Raven

Portada: Foto de la Escuela Valentín Valiente derrumbada en el terremoto de Cariaco de 1997 e imagen de la aceleración del terreno registrado en Cumana (Archivos FUNVISIS).



## Presentación

Este libro describe el riesgo sísmico al que están expuestos los edificios escolares del país y propone medidas para su reducción con la intención principal de promover la seguridad de niños, jóvenes y maestros durante la ocurrencia de eventos sísmicos futuros. Su principal intención es la de promover las acciones necesarias para evitar la repetición de la tragedia de Cariaco del año 1997 en donde fallecieron numerosos estudiantes y maestros como consecuencia del derrumbe de cuatro edificios escolares. Dichas acciones están dirigidas a los entes públicos y privados que tienen la responsabilidad de administrar los edificios escolares existentes, a las autoridades municipales y regionales que tienen la responsabilidad de proteger la vida de los miembros más vulnerables de la sociedad, así como a las comunidades educativas que deben promover y exigir la reducción del riesgo sísmico en sus escuelas.

Este trabajo es el resultado de una investigación desarrollada por el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) y la Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE) del Ministerio del Poder Popular para la Educación, con la colaboración de la Universidad de Carabobo y bajo el patrocinio del Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) del Ministerio del Poder Popular para Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología. Participaron un total de 16 investigadores, 36 estudiantes de pregrado, 11 estudiantes de postgrado y 21 miembros del personal técnico-administrativo de las instituciones mencionadas cuyos nombres se listan en la sección denominada “Participantes”. Aun cuando la mayor parte de la investigación fue desarrollada entre los años 2007 y 2012, durante el año 2015 se sistematizó y agregó la información relativa a las edificaciones escolares más vulnerables del Área Metropolitana de Caracas, se añadieron al listado las nuevas publicaciones generadas del proyecto y se revisó y adecuó la información contenida en los diversos capítulos del informe técnico final para los efectos de publicar este libro.

El libro se ha dividido en 10 capítulos que describen en detalle todas las actividades desarrolladas en la investigación. En el Capítulo 1 se presenta el inventario de escuelas y el procedimiento seguido para su elaboración. El Capítulo 2 describe la metodología y los resultados de la determinación de daños y pérdidas esperadas en las escuelas del país. El Capítulo 3 presenta el procedimiento y resultados de la inspección de 291 escuelas. El Capítulo 4 presenta los resultados de estudios detallados de 14 edificios escolares. La determinación experimental de las propiedades dinámicas de 8 escuelas se describe en el Capítulo 5. El Capítulo 6 describe los talleres de prevención sísmica dictados a las comunidades educativas de 11 planteles. El diseño y la construcción de un amortiguador sísmico se describen en el Capítulo 7. El Capítulo 8 sintetiza un manual para la protección de los componentes no estructurales de las escuelas. Los proyectos de refuerzo sísmico de 10 escuelas se resumen en el Capítulo 9. El Capítulo 10 lista las actividades de divulgación y formación de personal desarrolladas durante la investigación.

El informe técnico completo, los videos y publicaciones generadas pueden ser descargados desde la dirección electrónica <http://www.funvisis.gob.ve/proyectoescuela/>.

# Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela

ÍNDICE	Página
<b>Agradecimiento</b>	x
<b>Resumen</b>	xi
<b>Participantes</b>	xvii
<b>1.- Inventario de Edificaciones Escolares de Venezuela basado en SIG</b>	
1.1- Introducción	1-1
1.2.- Participantes	1-1
1.3.- Estrategias de Búsqueda y Fuentes de Información	1-1
1.3.1.- Edificios Escolares Antiguos	1-3
1.3.2.- Sistema de Información Geográfica de FEDE	1-5
1.3.3.- Censo Escolar Nacional 2006-2007	1-6
1.3.4.- Registro Escolar Nacional 2007-2008	1-7
1.3.5.- Búsqueda de Planos de Tipologías Constructivas de Escuelas	1-7
1.3.6.- Otras Fuentes	1-7
1.4.- Descripción de las Bases de Datos de Escuelas	1-8
1.4.1.- Códigos de Escuelas	1-8
1.4.2.- Bases de Datos	1-8
1.5.- Sistema de Información Geográfica	1-11
1.5.1.- Aspectos Generales	1-11
1.5.2.- Ubicación Geográfica de Edificaciones Escolares	1-12
1.5.3.- Mapas Incorporados a la Plataforma SIG	1-12
1.5.4.- Desarrollo de una Herramienta Basada en SIG para Escenarios Sísmicos	1-17
1.6.- Inventario de Edificios Escolares	1-18
1.6.1.- Inventario de Edificios Dañados por el Sismo de Cariaco de 1997	1-18
1.6.2.- Inventario de Escuelas del Estado Sucre	1-20
1.6.3.- Inventario de Escuelas de la Ciudad de Cumaná	1-22
1.6.4.- Inventario de Escuelas del Área Metropolitana de Caracas	1-23
1.6.5.- Inventario de Edificios Escolares de Venezuela	1-25
1.7.- Conclusiones y Recomendaciones	1-28
1.8.- Referencias	1-29
Anexo 1.1: Carta Remitida a las Coordinaciones Estadales de FEDE	1-32
Anexo 1.2: Planillas del Censo Escolar Nacional 2006-2007	1-36
Anexo 1.3: Resumen de las Planillas del Registro Escolar Nacional 2007 – 2008	1-40
Anexo 1.4: Planos Originales de Tipos Constructivos	1-43
Anexo 1.5: Reporte de Escuelas por Estado	1-90
Anexo 1.6: Mapas Temáticos	1-112
Anexo 1.7: Inventario de Edificios Escolares del Estado Sucre	1-127
Anexo 1.8: Inventario de Edificios Escolares Prioritarios del Área Metropolitana de Caracas	1-172

## 2.- Efectos de los Terremotos sobre los Edificios Escolares de Venezuela

2.1.- Participantes	2-1
2.2.- Introducción	2-1
2.3.- Curvas de Capacidad	2-2
2.3.1.- Capacidad Resistente	2-2
2.3.2.- Desplazamiento Cedente y Último	2-6
2.3.3.- Caso Particular de Escuelas Rurales	2-8
2.4.- Estados de Daño	2-9
2.5.- Demanda de Desplazamiento	2-11
2.6.- Curvas de Fragilidad Sísmica	2-12
2.7.- Índice de Pérdida y Daño Ponderado	2-13
2.8.- Implementación Computacional	2-14
2.9.- Comparación de Resultados	2-16
2.9.1.- Ejemplo de Aplicación	2-17
2.9.2.- Influencia de la Norma de Diseño y Construcción	2-19
2.9.3.- Influencia del Tipo de Suelo	2-21
2.9.4.- Comparación con HAZUS (FEMA-NIBS, 2009)	2-22
2.9.5.- Evaluación de Edificios Escolares en el Sismo de Cariaco de 1997	2-23
2.10.- Pérdidas Sociales y Económicas	2-27
2.11.- Niveles de Riesgo Sísmico	2-29
2.12.- RiSEV: Herramienta para la evaluación de Escenarios Sísmicos Basada en SIG	2-29
2.13.- Escenarios Sísmicos para 636 Escuelas del Estado Sucre	2-32
2.14.- Escenarios Sísmicos para 83 Escuelas de la Ciudad de Cumaná	2-38
2.15.- Escenarios Sísmicos para 569 Escuelas del Área Metropolitana de Caracas	2-42
2.16.- Conclusiones	2-47
2.17.- Referencias	2-50
Anexo 2.1. Notación y Simbología	2-55
Anexo 2.2. Consulta a Expertos	2-61
Anexo 2.3. Manual del CFSEV	2-67
Anexo 2.4. Manual del RiSEV	2-81
Anexo 2.5. Mapas de Resultado: Escenarios del Estado Sucre	2-87
Anexo 2.6. Mapas de Resultado: Escenarios de la Ciudad de Cumaná	2-102
Anexo 2.7. Mapas de Resultado: Escenarios del Área Metropolitana de Caracas	2-113
Anexo 2.8. Desarrollos de Escenarios Sísmicos, Cuantificación de Pérdidas y Estimación del Riesgo en las Escuelas de Venezuela.	2-126

## 3.- Inspección de Escuelas e Índices de Riesgo

3.1.- Introducción	3-1
3.2.- Metodología	3-2
3.2.1. Recolección de Información Básica	3-2
3.2.2. Planilla para Inspección Sismorresistente	3-2
3.2.3. Selección de las Edificaciones Escolares	3-3
3.2.4. Inspectores y Entrenamiento	3-3
3.2.5. Ejecución de las Inspecciones	3-7
3.2.6. Ejemplo de Aplicación	3-7
3.3.- Índices de Vulnerabilidad y de Riesgo Sísmico	3-8
3.4.- Cálculo de los Índices	3-10



3.4.1. Definiciones y Procedimiento	3-10
3.4.2 Ejemplos de Aplicación	3-14
3.5.- Optimización del Procedimiento.	3-21
3.6.- Conclusiones	3-24
3.7.- Referencias	3-25
Anexo 3.1: Base de Datos de las 257 Escuelas Inspeccionadas por el CENAMB	3-27
Anexo 3.2: Sistema de Información Estructural de Edificaciones Educativas	3-43
Anexo 3.3: Ejemplo de Inspección	3-50
Anexo 3.4: Escuelas Prioritarias	3-55

#### **4.- Estudios Detallados de Edificaciones Escolares**

4.1.- Objetivos y Alcances	4-1
4.2.- Selección de Edificaciones	4-1
4.3.- Participantes	4-3
4.4.- Planes de Trabajo de Tesistas	4-4
4.4.1 Tesistas de Pregrado	4-4
4.4.2. Tesistas de Postgrado	4-6
4.5.- Criterios de Análisis y Evaluación	4-7
4.6.- Evaluación de Edificaciones Escolares del Tipo Antiguo I	4-11
4.6.1.- Participantes	4-11
4.6.2.- Inspecciones Efectuadas	4-11
4.6.3.- Descripción de las Edificaciones	4-11
4.6.4.- Evaluación Sismorresistente de la E.B. José Antonio Rodríguez Abreu	4-29
4.6.5.- Refuerzo Estructural de la E. B. José Antonio Rodríguez Abreu	4-37
4.6.6.- Análisis detallado de la U.E. Luís Alejandro Alvarado	4-47
4.7.- Evaluación Sismorresistente de la U. E. Corazón de Jesús	4-61
4.7.1.- Participantes	4-61
4.7.2.- Inspecciones Efectuadas	4-61
4.7.3.- Descripción de la Edificación	4-61
4.7.4.- Evaluación Sismorresistente	4-65
4.7.5.- Refuerzo Estructural	4-71
4.7.6.- Conclusiones y Recomendaciones	4-77
4.8.- Evaluación Sismorresistente de la U. E. María Reina de López	4-78
4.8.1.- Participantes	4-78
4.8.2.- Inspecciones Efectuadas	4-78
4.8.3.- Descripción de la Edificación	4-88
4.8.4.- Evaluación Sismorresistente	4-100
4.8.5.- Refuerzo Estructural	4-123
4.8.6.- Conclusiones y Recomendaciones	4-127
4.8.7.- Referencias	4-128
4.9.- Evaluación Sismorresistente de la E. B. Playa Grande	4-129
4.9.1.- Participantes	4-129
4.9.2.- Inspecciones Efectuadas	4-129
4.9.3.- Descripción de la Edificación.	4-129
4.9.4.- Evaluación Sismorresistente.	4-135
4.9.5.- Refuerzo Estructural	4-145
4.9.6.- Conclusiones y Recomendaciones	4-158
4.10.- Evaluación Sismorresistente de la U. E. N. Padre Sojo	4-160
4.10.1.- Participantes	4-160

4.10.2.- Inspecciones efectuadas	4-160
4.10.3.- Descripción de las Edificaciones	4-163
4.10.4.- Evaluación Sismorresistente de la U. E. N. Padre Sojo	4-169
4.10.5.- Refuerzo Estructural	4-192
4.10.6.- Conclusiones y Recomendaciones	4-198
4.10.7.- Referencias	4-198
4.11.- Evaluación Sismorresistente del Liceo Domingo Faustino Sarmiento	4-200
4.11.1.- Participantes	4-200
4.11.2.- Inspecciones efectuadas a escuelas del Tipo Cajetón	4-201
4.11.3.- Descripción detallada de la U. B. Domingo Faustino Sarmiento	4-205
4.11.4.- Evaluación Sismorresistente.	4-218
4.11.5.- Refuerzo Estructural	4-228
4.11.6.- Conclusiones y Recomendaciones	4-236
4.11.7.- Referencias	4-236
4.12.- Evaluación Sismorresistente de la U. E. N. Escuela Experimental Venezuela	4-237
4.12.1.- Edificaciones patrimoniales	4-237
4.12.2.- Características de las edificaciones escolares patrimoniales	4-237
4.12.3.- U. E. Escuela Experimental Venezuela	4-240
4.12.4.- Modelos Matemáticos	4-247
4.12.5.- Refuerzo Estructural	4-253
4.12.6.- Conclusiones y Recomendaciones	4-254
4.13.- Evaluación Sismorresistente de Edificaciones Escolares Tipo R	4-255
4.13.1.- Participantes	4-255
4.13.2.- Inspecciones efectuadas y recopilación de información de otras escuelas	4-255
4.13.3.- Planos del C.P.B. Virginia Vera	4-268
4.13.4.- Características de las escuelas Tipo R	4-273
4.13.5.- Comportamiento de escuelas Tipo R durante sismos pasados	4-275
4.13.6.- Modelos de análisis considerados en este trabajo	4-276
4.13.7.- Características de los modelos y del análisis	4-277
4.13.8.- Resultados de los análisis	4-277
4.13.9.- Conclusiones	4-282
4.13.10.- Recomendaciones	4-282
4.13.11.- Referencias	4-282
4.14.- Evaluación Sismorresistente de la U. E. Dr. Lisandro Lecuna	4-283
4.14.1.- Participantes	4-283
4.14.2.- Resumen	4-283
4.14.3.- Descripción de la Edificación	4-283
4.14.4.- Comparación con otras Edificaciones	4-289
4.14.5.- Modelos Matemáticos	4-289
4.14.6.- Respuesta ante movimientos sísmicos	4-290
4.14.7.- Conclusiones y recomendaciones	4-292
4.14.8.- Referencias	4-293
4.15.- Evaluación Sismorresistente de la U. E. Colomine	4-294
4.15.1.- Participantes	4-294
4.15.2.- Objetivos	4-294
4.15.3.- Descripción de la Edificación	4-294
4.15.4.- Evaluación Sismorresistente	4-311
4.15.5.- Conclusiones y Recomendaciones	4-318
4.15.6.- Localización de otros Edificios del mismo Tipo	4-320
4.16.- Evaluación Sismorresistente de la U. E. Cirilo Alberto	4-336

4.16.1.- Participantes	4-336
4.16.2.- Objetivos	4-336
4.16.3.- Descripción de la Edificación	4-336
4.16.4.- Evaluación Sismorresistente	4-337
4.16.5.- Conclusiones y Recomendaciones	4-345
4.17.- Evaluación Sismorresistente de de la U. E. Manuel Felipe Tovar	4.357
4.17.1.- Participantes	4-357
4.17.2.- Inspecciones realizadas	4-357
4.17.3.- Descripción de la edificación	4-357
4.18.- Evaluación Sismorresistente de la E. B. Ambrosio Plaza	4-365
4.18.1.- Participantes	4-365
4.18.2.- Introducción	4-365
4.18.3.- Descripción de la edificación	4-365
4.18.4.- Modelos matemáticos	4-372
4.18.5.- Acción sísmica	4-373
4.18.6.- Respuesta sísmica	4-373
4.18.7.- Conclusiones y recomendaciones	4-375
4.18.8.- Referencias	4-376
4.19.- Evaluación y Refuerzo Sismorresistente de la U. E. Colomine (2da Parte)	4-377
4.19.1.- Participantes	4-377
4.19.2.- Objetivos y Alcance	4-377
4.19.3.- Propuestas de Reforzamiento Estructural	4-378
4.19.4.- Análisis y Diseño	4-385
4.18.5.- Conclusiones y recomendaciones	4-401
4.19.6.- Referencias	4-403

## **5.- Medición y Evaluación de Propiedades Dinámicas**

5.1.- Marco Teórico	5-1
5.1.1.- Objetivos y Alcance	5-1
5.1.2.- Equipos Utilizados	5-2
5.1.3.- Adquisición y Procesamiento de Datos	5-3
5.2.- Marco Experimental	5-11
5.2.1.- Unidad Educativa Domingo Faustino Sarmiento	5-11
5.2.2.- Unidad Educativa Padre Sojo	5-18
5.2.3.- Unidad Educativa Luís Alejandro Alvarado	5-28
5.2.4.- U.E. Experimental Venezuela	5-43
5.2.5.- Unidad Educativa Playa Grande	5-46
5.2.6.- Unidad Educativa Corazón de Jesús	5-55
5.2.7.- Unidad Educativa Antonio Rodríguez Abreu	5-65
5.2.8.- U.E. María Reina de López	5-77
5.2.9.- Unidad Educativa Escuela Experimental Venezuela (2da Parte)	5-87
5.3.- Referencias	5-115

## **6.- Dictado de Talleres de Prevención Sísmica**

6.1.- El Taller de Aula Sísmica y la Formación de Docentes como Entes Multiplicadores	6-1
6.2.- Instrumento de Seguimiento	6-1
6.3.- Planteles Atendidos	6-2
6.4.- El Material Entregado	6-9

6.5.- Referencias	6-10
-------------------	------

## **7.- Diseño, Construcción y Evaluación de un Disipador de Energía Metálico**

7.1.- Introducción	7-1
7.2.- El Disipador	7-1
7.3.- Modelos de Predicción del Comportamiento del Disipador	7-3
7.3.1.- Modelo Analítico	7-3
7.3.2.- Modelo Numérico	7-4
7.4.- Evaluación Experimental	7-7
7.5.- Aplicación Numérica	7-11
7.6.- Conclusiones	7-14
7.7.- Referencias	7-15

## **8.- Manual para la Reducción del Riesgo Sísmico generado por los Elementos No Estructurales**

8.1.- Participantes	8-1
8.2.- Manual	8-1
8.2.1.- Introducción	8-1
8.2.2.- Conceptos	8-1
8.2.3.- Como Usar Este Manual	8-3
8.3.- Referencias	8-10

## **9.- Proyectos de Refuerzo de Edificios Escolares**

9.1.- Refuerzo Sismorresistente de la U.E.N. Domingo Faustino Sarmiento	9-2
9.2.- Refuerzo Sismorresistente de la U.E. María Reyna de López	9-24
9.3.- Refuerzo Sismorresistente de la E.B. Manuel María Urbaneja	9-31
9.4.- Refuerzo Sismorresistente de la U.E.N. Padre Sojo	9-42
9.5.- Refuerzo Sismorresistente de la U.E.N. José Silverio Córdoba	9-43
9.6.- Refuerzo Sismorresistente de la U.E. Corazón de Jesús	9-44
9.7.- Refuerzo Sismorresistente de la E.B. Rodríguez Abreu	9-45
9.8.- Refuerzo Sismorresistente de la E. B. Playa Grande	9-46
9.9.- Refuerzo Sismorresistente de la U.E. Petrica Reyes de Quilarte	9-47
9.10.- Refuerzo Sismorresistente del L.B. Luis Graterol Bolívar	9-48

## **10.- Divulgación y Formación**

10.1.- Presentaciones	10-1
10.2.- Publicaciones	10-3
10.3.- Congresos	10-4
10.4.- Trabajos Especiales de Grado culminados	10-5
10.5.- Trípticos, Afiches	10-7
10.6.- Videos	10-8
10.7.- Portal del Proyecto	10-8
Anexo 10.1: Tríptico del Proyecto	10-9
Anexo 10.2: Videos del Proyecto	10-12



## **Agradecimiento**

Los editores desean agradecer el apoyo prestado a esta investigación por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) del Ministerio del Poder Popular para Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología (Proyecto N° 2005000188). Así mismo el apoyo prestado por el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, por la Fundación Venezolana de Investigación Sismológica (FUNVISIS) y por la Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE) del Ministerio del Poder Popular para la Educación. Igualmente deseamos agradecer al Ing. Julio J. Hernández por su aporte en la formulación inicial del proyecto, a la Lic. María Jiménez, a la Ing. Yeslín Azuaje y a todos aquellos investigadores, personal técnico y estudiantes quienes se citan en los diversos capítulos de este libro y cuyo trabajo y entusiasta dedicación hizo posible el desarrollo de esta investigación.

# RESUMEN

El objetivo general de esta investigación fue desarrollar diversas herramientas y proyectos específicos que pudieran incidir de manera efectiva en la reducción del riesgo sísmico en las edificaciones escolares del país y por ende en la protección de las vidas de estudiantes y docentes.

Las tareas desarrolladas y las conclusiones más importantes son las siguientes:

## 1) Inventario de escuelas

1.1) La recopilación de información para generar las bases de datos concernientes a las características sismorresistentes de los edificios escolares del país fue desarrollada por varias vías, entre las cuales estuvieron: a) El Censo y el Registro Escolar Nacional del Ministerio del Poder Popular para la Educación en el cual se insertaron preguntas específicas del Proyecto, b) La consulta a las oficinas de FEDE en cada estado del país, y c) Las inspecciones efectuadas a las escuelas por el equipo de investigación. Adicionalmente a la información básica recopilada de cada plantel, se solicitó mediante reconocimiento de imágenes la localización de los tipos escolares críticos que se derrumbaron en el sismo de Cariaco. En el último censo nacional se registraron 28.876 planteles educativos en todo el país, pero sólo una fracción de estos respondió las preguntas allí colocadas por este proyecto.

1.2) Se desarrolló un sistema de información geográfica (SIG) a fin de manejar el inventario de edificios escolares dentro de escenarios sísmicos prefijados. Para ello se recopilaron y digitalizaron los mapas de zonificación sísmica de todas las normas usadas en el país desde el año de 1947 y los mapas de caracterización de los suelos de las ciudades de Cumaná y de Caracas, entre otros mapas temáticos de interés. Se incorporaron dentro del SIG un total de 19.972 edificios escolares, de los cuales un 49,5% se encuentran en zonas de elevada amenaza sísmica, un 41,1% en zonas de amenaza intermedia y un 9,4% en zonas de baja amenaza.

1.3) Se desarrolló una base de datos de edificios escolares que incorpora información del año de construcción y del tipo constructivo, no así de las coordenadas geográficas; esta base cuenta con 16.921 edificios. De allí se concluye que aproximadamente un 46% de los edificios fueron construidos antes del año 1982, con normas y requerimientos sismorresistentes bastante menos exigentes que los incluidos en las normas modernas. Adicionalmente, aproximadamente un 21% del total fueron construidos antes de 1967, año en donde hubo un cambio importante de norma motivado por el sismo de ese año en Caracas, estando éstos en una situación todavía más desfavorable que los construidos en el período posterior 1967-1982.

1.4) Se elaboró un inventario de los edificios escolares del país en los cuales se posee la información más completa: ubicación y coordenadas geográficas, año de construcción, tipo constructivo y número de pisos. Este inventario cuenta con 10.730 edificios, de los cuales un

25% son edificios construidos antes de 1982 y que están ubicados en las zonas de mayor amenaza sísmica del país.

1.5) Se identificó un total de 552 edificios escolares pertenecientes a tres tipologías definidas como críticas por su antigüedad y elevada vulnerabilidad, los cuales se encuentran distribuidos en todo el país. De éstos, 104 edificios son del tipo Antiguo I y 334 son del tipo Cajetón, ambos tipos corresponden a los cuatro edificios derrumbados en el sismo de Cariaco de 1997. En las zonas de elevada amenaza sísmica del país (Zonas 5, 6 y 7) se encuentran localizados 42 escuelas del tipo Antiguo I y 205 del tipo Cajetón, los cuales requieren de urgente atención a fin de reforzarlos estructuralmente a fin de evitar la repetición de la tragedia de Cariaco. Se identificaron también otros 114 edificios del tipo Antiguo II los cuales fueron construidos en las décadas de 1950 y 1960 y poseen elevada vulnerabilidad; de éstos, 57 están en las zonas de elevada amenaza sísmica y requieren de inmediata atención.

## **2) Daños y pérdidas potenciales en el sistema escolar nacional**

2.1) Se desarrolló una metodología para la determinación de curvas de fragilidad de edificios escolares que suministra la probabilidad de excedencia de un estado de daño prefijado dada la ocurrencia de un evento sísmico. La hipótesis básica es que los edificios fueron diseñados y construidos en cumplimiento con las normas vigentes en la época de la construcción. Para ello se consideraron todas las normas nacionales vigentes en algún momento en el país: MOP, 1939; MOP, 1947; MOP, 1955; MOP, 1967; COVENIN, 1982 y COVENIN, 2001.

2.2) Se definieron cuatro estados de daño en estructuras: leve, moderado, severo y colapso, y se calcularon las probabilidades de alcanzar estados de daños y de pérdidas que inducen los movimientos sísmicos en edificios escolares construidos en diversas épocas. Para los cálculos se desarrolló el programa computacional denominado CFSEV (Curvas de Fragilidad Sísmica para Escuelas de Venezuela) realizado bajo el ambiente del programa *Visual Basic*.

2.3) La metodología propuesta se evaluó y calibró con las observaciones de campo efectuadas sobre edificios escolares durante el terremoto de Cariaco de 1997.

2.4) Los edificios escolares construidos con las normas antiguas son más vulnerables que los construidos con las normas modernas. Por ejemplo, una escuela diseñada con la norma 2001 resiste en promedio un sismo que es entre 2 y 4 veces más intenso que una diseñada con la norma de 1955. Para un evento sísmico con una aceleración equivalente (0,30g) a la exigida en Caracas para el diseño de nuevas edificaciones, la probabilidad de alcanzar el estado de daño completo de un edificio típico diseñado con las normas de 1939, 1947, 1955, 1967, 1982 es 69, 68, 91, 19 y 7 veces mayor que la probabilidad del mismo edificio construido con la norma vigente de 2001.

2.5) Se desarrolló una herramienta computacional integrada en un SIG que permite estimar daños y pérdidas sociales y económicas en cada escuela dado un escenario sísmico particular, y permite también el cálculo de niveles de riesgo con base a mapas de zonificación sísmica, todo ello basado en las curvas de fragilidad desarrolladas.

2.6) Se expuso una muestra de 639 edificaciones escolares del Estado Sucre a una simulación del sismo de Cariaco de 1997. Se concluye que probablemente un 1,3% de las escuelas resultarían completamente dañadas, un 12,4% resultarían severamente dañadas, un 23,4% resultarían con daños moderados y un 30,3% y un 32,5% con daño leve y sin daño respectivamente, lo cual representa un resultado aceptable al comparar con los daños observados luego de ese terremoto.

2.7) Se evaluó una muestra de 83 escuelas en la ciudad de Cumaná bajo una simulación del terremoto de Cumaná de 1929 ( $M=6,6$ ). Como resultado se tendría un daño completo de al menos 5 escuelas y otras 63 con daño severo, esto debido a la cercanía a la traza de ruptura de la falla, dando origen a pérdidas sociales en el orden de 1.116 personas de las cuales 469 serían posibles heridos leves, 432 heridos graves y 215 fallecidos o muertos. El impacto económico sobre la infraestructura educativa se estima en cerca de 250 millones de Bolívares.

2.8) Finalmente se expuso una muestra de 569 edificios escolares del Área Metropolitana de Caracas a la simulación del terremoto de Caracas de 1967 ( $M_w=6,6$ ). Se concluye que al menos 13 escuelas resultarían severamente dañadas pero sin llegar al colapso, para un 2,3% del total. Cerca de 59 personas podrían resultar heridas levemente, 41 gravemente y pudiera haber algunos pocos fallecidos como pérdidas sociales. Las pérdidas económicas ascenderían a 275 millones de Bolívares.

### **3) Inspección de edificios escolares**

3.1) Se desarrolló un instrumento de inspección rápida de edificios escolares a fin de identificar aquellas características que más influyen su vulnerabilidad ante los terremotos y se entrenó a un equipo de personas para llevar a cabo las inspecciones. Atención especial se orientó a establecer el año de construcción e identificar columnas cortas, plantas débiles y ausencia de planos resistentes en alguna dirección del edificio. Se desarrolló una metodología para asignar índices de vulnerabilidad e índices de riesgo a partir de la información recolectada en campo. El índice de riesgo se obtiene combinando el índice de vulnerabilidad con el índice de amenaza y con el índice de población escolar. El índice de riesgo permite ordenar los edificios inspeccionados y seleccionar aquellos críticos que ameritan ir a una fase posterior de estudios detallados.

3.2) El instrumento de inspección rápida se aplicó a 291 escuelas distribuidas en todo el país. Como primer criterio de selección se incluyeron todas aquellas que pudiesen ser iguales o similares a las derrumbadas en Cariaco en 1997. Se priorizaron también las de mayor antigüedad. En una muestra de 55 escuelas de los estados Sucre y Carabobo se encontró que



un 55% posee mayor vulnerabilidad que la escuela Valentín Valiente derrumbada en Cariaco en 1997.

#### **4) Evaluación detallada de Edificios Escolares**

4.1) Se efectuaron estudios detallados de 14 edificios escolares localizados en los Estados Sucre, Carabobo, Aragua y el Área Metropolitana de Caracas. Para cada uno de ellos se hicieron levantamientos detallados de sus características a fin de elaborar planos, imágenes y videos descriptivos de sus características estructurales y arquitectónicas. Se desarrollaron modelos matemáticos de cada edificio y mediante técnicas de análisis lineal y análisis no-lineal se investigó el grado de vulnerabilidad de cada uno ante los sismos establecidos en la norma nacional. En función del nivel de cumplimiento de las normas vigentes, se formularon recomendaciones de refuerzo estructural y adecuación sismorresistente.

4.2) La distribución por tipo estructural de los 14 edificios escolares estudiados en detalle, es la siguiente: 2 son del tipo Antiguo I y 3 del tipo Cajetón, a los cuales pertenecen los edificios derrumbaron en Cariaco en 1997, 3 del Tipo Antiguo II, 2 del Tipo Stac, 1 del tipo Módulo Base, 1 del tipo Patrimonial, 1 del tipo prefabricado Variel y 1 del tipo sistema R.

4.3) La distribución por región es la siguiente: 3 en Carúpano y 1 en Cumaná (Estado Sucre), 4 en Caracas (Área Metropolitana), 4 en Valencia (Estado Carabobo), 1 en Guarenas (Estado Miranda) y 1 en Cagua (Estado Aragua).

#### **5) Medición de propiedades dinámicas en edificios escolares**

5.1) Se midieron y determinaron las propiedades principales de los 10 edificios escolares seleccionados como proyectos piloto, a fin de la validación de los modelos matemáticos que se emplean en el cálculo de la vulnerabilidad. Los periodos naturales, las formas modales y los coeficientes de amortiguamiento de los primeros modos de vibración fueron determinados usando técnicas de respuesta dinámica ante vibración ambiental. Se encontraron valores de amortiguamiento entre 2% y 10%. Las frecuencias del primer modo varían entre 5,4 y 7,9 Hz, valores relativamente altos debido a la contribución de los componentes no-estructurales, principalmente las paredes de relleno. Luego de que sean reforzados los edificios, se procederá a repetir las mediciones de sus propiedades dinámicas. Se seleccionaron tres escuelas del Estado Sucre para instalar acelerómetros permanentes a fin de registrar sus respuestas ante futuros eventos sísmicos. Las escuelas seleccionadas son: 1) U. E. Corazón de Jesús (tipo Cajetón, localizado en Cumaná); 2) U. E. Antonio Rodríguez Abreu (tipo Antiguo I, localizado en Carúpano); 3) U. E. María Reyna de López (tipo Antiguo II, localizado en Carúpano).

## **6) Formación de docentes hacia la prevención sísmica**

6.1) Se dictaron talleres de prevención sísmica en 11 planteles educativos localizados en Caracas y en los Estados Sucre y Aragua. Se incluyen en esa lista los 10 planteles críticos en los cuales se desarrollaron proyectos de refuerzo sismorresistente. El taller es una experiencia educativa con características formales, es interactivo y participativo, valiéndose de actividades prácticas muy didácticas para la explicación de los temas. El taller tuvo como fin transmitir a las comunidades vulnerables la información científica y las medidas de autoprotección en caso de terremotos, en un lenguaje ameno, sencillo y claro, para que la información fuese accesible a todo tipo de público. El formato empleado para dictar los talleres fue el de Formación de Docentes como Entes Multiplicadores en Prevención Sísmica. Este taller suministra estrategias pedagógicas y didácticas que puedan ser usadas como elementos que puedan motivar la reducción de la vulnerabilidad no estructural de la escuela con medidas de sencilla implementación, además de propiciar la organización de la comunidad educativa para dar una oportuna y efectiva respuesta en caso de producirse una emergencia en la escuela. Asimismo, los talleres sirven de espacio para compartir con los docentes los detalles del Proyecto y su significación para la reducción del riesgo en los planteles educativos. Adicionalmente se entregaron maletines de información para la prevención sísmica a los planteles educativos que mostraron un nivel de compromiso para la organización de las actividades de autoprotección.

## **7) Desarrollo de un amortiguador sísmico**

7.1) Se desarrolló una propuesta de disipador de energía para su uso potencial en la protección de estructuras contra la acción de los terremotos. Se evaluó analíticamente su utilidad en un edificio escolar de elevada vulnerabilidad. El amortiguador consiste en una caja cerrada de dimensiones 15cm x 15cm x 32cm aproximadamente, construida con planchas de acero, en cuyo interior está contenida una serie de láminas metálicas de muy poco espesor que tienen como función disipar la energía a través de su deformación inelástica por flexión. El dispositivo opera en un rango de pequeños desplazamientos de entrepiso haciéndolo ideal para estructuras de baja altura. Es fácil de construir debido a su geometría simple y sencilla y de fácil desmontaje y reemplazo luego del sismo. El modelo numérico del disipador de energía aplicando el método de los elementos finitos, predice apropiadamente las zonas de daño del dispositivo, mostrando congruencia con el diseño conceptual del mismo. La evaluación experimental del dispositivo mostró que el comportamiento histerético del disipador es estable. Para el total de ciclos desarrollados en cada ensayo no se registró pérdida de la capacidad de disipación de energía. El daño observado en el disipador luego de los ensayos realizados fue tal como se había previsto en el diseño conceptual. Al insertar el dispositivo propuesto en las estructuras y configuraciones investigadas se producen reducciones importantes en la respuesta sísmica.

## **8) Protección de componentes no estructurales**

8.1) Se desarrollaron recomendaciones para la reducción del riesgo sísmico generado por los elementos no estructurales en edificaciones escolares. El objetivo fue identificar las fuentes

de daño a las personas, a los bienes y al funcionamiento de la escuela, ocasionados por los elementos no estructurales una vez afectados por acciones sísmicas y proponer acciones para reducir el riesgo. El fin principal es preservar la vida y reducir las lesiones que pueden generar los elementos no estructurales durante un evento sísmico; sin embargo, estas medidas adicionalmente ayudarán a reducir los daños a los bienes, facilitarán la evacuación de las estructuras seriamente afectadas y beneficiarán el funcionamiento post-sísmico de estas instalaciones. Las recomendaciones están dirigidas a los responsables de administrar las edificaciones escolares; la mayoría de estas recomendaciones podrán ser atendidas por ellos sin mayor orientación profesional, mientras que otras deberán ser implementadas con la asistencia de un profesional.

### **9) Proyectos de refuerzo de edificios escolares**

9.1) Se definieron diez proyectos piloto para el reforzamiento estructural de edificios escolares que corresponden a los tipos constructivos más antiguos y más vulnerables: Ocho (8) están ubicados en el Estado Sucre de los cuales cinco (5) en la ciudad de Carúpano y tres (3) en la ciudad de Cumaná, mientras que los dos (2) restantes están en el Municipio Libertador del Área Metropolitana de Caracas. Por tipo de construcción se tienen: a) Cuatro (4) del tipo Cajetón; b) Tres (3) del tipo Antiguo I; c) Uno (1) del tipo Antiguo II; d) Uno (1) del tipo Módulo Base; e) Uno (1) del tipo Stac. Como estrategia de refuerzo se propusieron estructuras auxiliares que están diseñadas para soportar la mayor parte de las cargas sísmicas, conectadas con los diafragmas de las estructuras existentes y apoyadas sobre nuevas fundaciones diseñadas con micropilotes. Se da atención especial a la compatibilidad de deformación entre la estructura auxiliar y la estructura existente; como requerimiento de diseño de la estructura auxiliar, las derivas se mantienen por debajo de 0,7 % para no poner en riesgo la capacidad de soportar cargas de gravedad de la estructura existente. Este valor es aproximadamente la mitad del valor permitido en la norma sismorresistente vigente para nuevas construcciones. Los costos del refuerzo estructural son entre 15 y 22% del costo de reposición total de la escuela.

### **10) Actividades de divulgación y formación**

10.1) Se desarrollaron un conjunto de actividades de divulgación y formación relativas a la temática de las escuelas y los terremotos. En particular, 34 estudiantes universitarios completaron 17 Trabajos Especiales de Grado para obtener el título de Ingeniero Civil, se completó una tesis de maestría y una tesis de especialización en Ingeniería Sismorresistente, se publicaron 17 artículos en revistas y congresos, se presentaron 12 trabajos en diversas reuniones y eventos científicos, se dictaron 23 charlas, se elaboraron y distribuyeron 1.000 trípticos y 200 afiches, se elaboraron 2 videos y se desarrolló un portal informativo que se encuentra en el servidor de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) en la dirección electrónica <http://www.funvisis.gob.ve/proyectoescuela/>.

# Participantes

## 1.- Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME, FI-UCV):

- Azuaje Yeslín
- Báez Vanessa
- Baloa Trino
- Barrios Elione
- Betancourt Nelson
- Bonilla Ricardo
- Burgos Juan Robert
- Castilla Enrique
- Coronel D. Gustavo
- Fernández Norberto
- Hernández Adriana
- Jiménez María
- López Oscar A.
- Marinilli Ángelo
- Medina Igor
- Paredes Andrés
- Peñuela Cesar
- Pereira Ricardo
- Pérez Jonathan
- Rodríguez Sergio
- Safina Salvador
- Silva Yeimi

### Tesistas Pregrado

- Al Jarrouj Yoman
- Azancot Roberto
- Borrego Randolf
- Bule Wadih
- Ebres Deglys
- Espluga Carlos
- Gascón Johanna
- Goncalvez Zulimar
- Jaramillo Omar
- Lárez Manuel
- Olivo María Carolina
- Olivo Mary Ann
- Paredes Damarys Karina
- Sucre María Carolina
- Sosa Marcos
- Taboada Adrián
- Ynfante Marialth

### Tesistas de Postgrado

- Beyer Martín
- Colmenárez Leonardo
- Espinosa Luís F.
- Fernández Aura
- Hernández Eliud
- Jraige Cristian
- Lee Carlos
- Montilla Omar
- Rodríguez Denis
- Tenreiro Esteban
- Tovar Carolina

## 2.- Fundación Venezolana de Investigación Sismológica (FUNVISIS, MCTII):

- Aguilar Antonio
- Betancourt Ángel
- Bueno Mary
- Colmenárez Leonardo
- Domínguez Jean
- García Kenny
- González Jorge
- Guzmán Juan Luís
- Hernández Julio J.
- Medina Julio
- Pérez Ana María
- Petitjean Adolfo
- Quintero Ben
- Rodríguez Edgar

## 3.- Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE, MPPE):

- Martín Mary
- Vielma Ramón
- Rengifo Catalina
- Ríos Víctor

## 4.- Colaboradores de la Universidad de Carabobo, Escuela de Ingeniería Civil:

- Alvarado Clara
- Prado Gabriela
- Villalobos Fernando

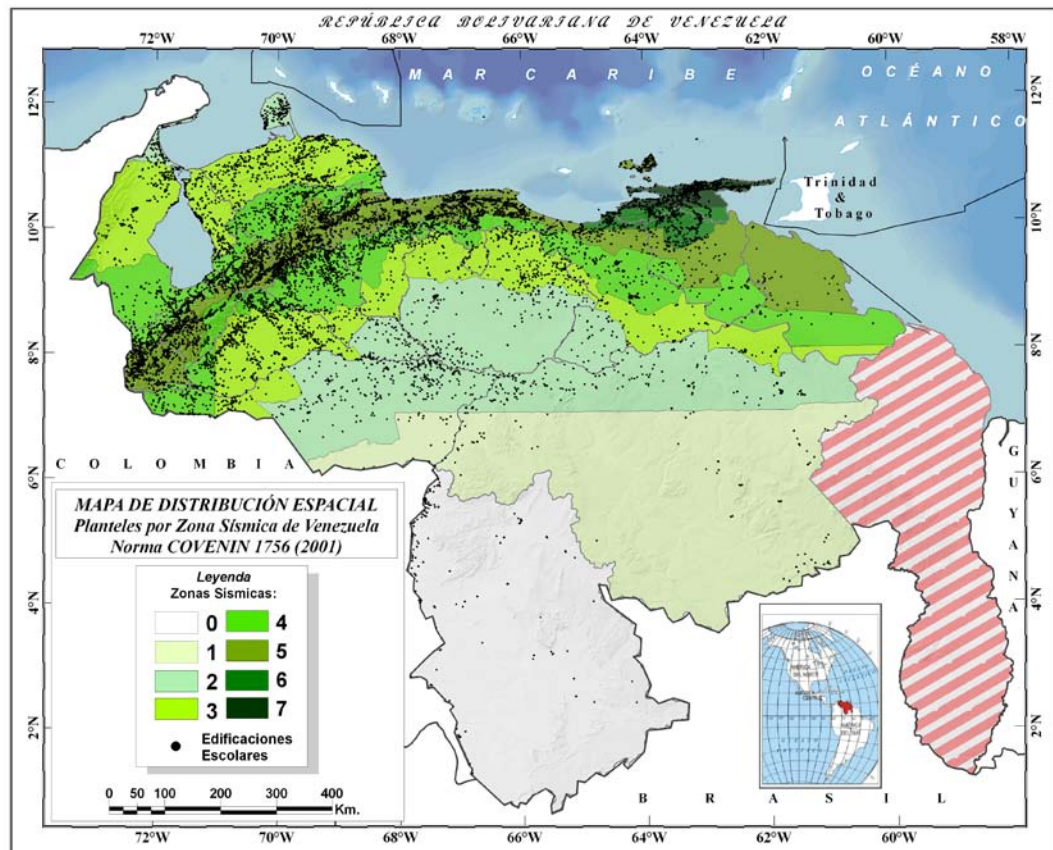
### Tesistas de Pregrado

- Acosta Ildemaro
- Builes Johan
- Chang Maryeling
- Contreras Osmary
- Duarte Erika
- Gil Wilmer
- Guzmán Gabriela
- Grippi Luís
- Hernández Elimar
- Márquez Laura
- Rojas Lizardo
- Rodríguez Harcyó
- Rodríguez Mónica
- Sequera Luis



# Capítulo 1

## *Inventario de Edificios Escolares de Venezuela Basado en SIG*



## Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela

Informe Técnico

Responsable: Oscar A. López (IMME–FI-UCV)



## **1.- INVENTARIO DE EDIFICACIONES ESCOLARES DE VENEZUELA BASADO EN SIG**

**Gustavo Coronel D. y Oscar A. López**

### **1.1.- Participantes**

En esta actividad del proyecto participaron las siguientes personas:

Prof. Gustavo Coronel D. (IMME-UCV)  
Prof. Oscar A. López (IMME-UCV)  
Ing. Ramón Vielma (FEDE-MPPE)  
Prof. Trino Baloa M. (IMME-UCV)  
Geo. Nelson Betancourt (Geografía-UCV)  
Geo. Silvia V. Báez (Geografía-UCV)  
Geo. José Gregorio Romero (FEDE-MPPE)  
Geo. Ana María Girott (FEDE-MPPE)  
Geo. Alejandro Villareal (Geografía-UCV)  
Br. Yeslin Azuaje (Ingeniería-UCV)  
Br. Ricardo Pereira (Geografía-UCV)  
Br. Adriana Hernández (Ingeniería-UCV)

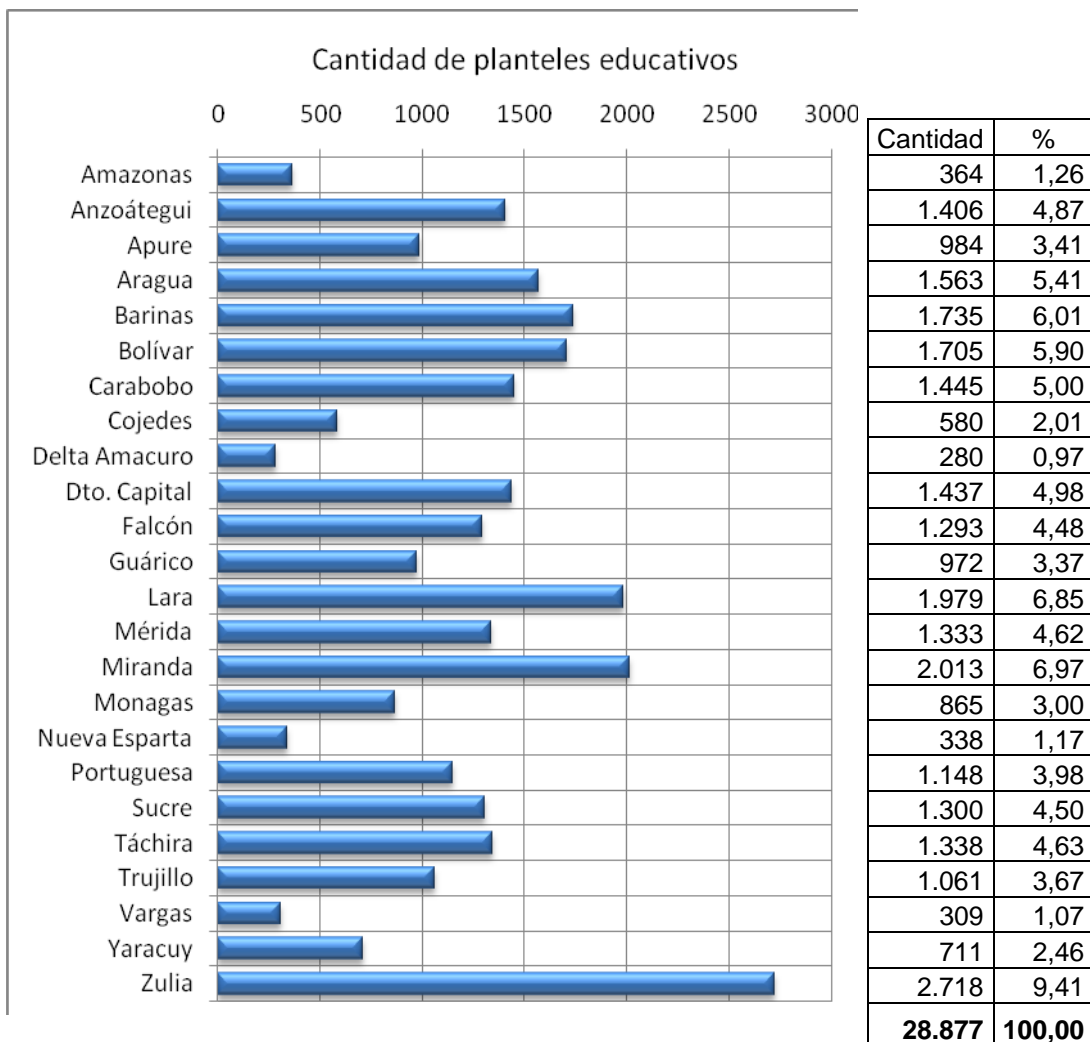
### **1.2.- Introducción**

En este capítulo se presentan los resultados del inventario de las edificaciones escolares de Venezuela, atendiendo a las características estructurales básicas que condicionan su desempeño sísmico. Se han recopilado y desarrollado distintas bases de datos a partir de la información proveniente de diversas fuentes de información buscando identificar el número de edificaciones por plantel, el número de pisos, el año de construcción, la ubicación geográfica y la tipología constructiva de cada edificio escolar entre otras características. Se presentan las estrategias de búsqueda, el contenido de las bases de datos y los resultados estadísticos. Por otra parte se expresan los lineamientos utilizados para el desarrollo del Sistema de Información Geográfica (SIG) sobre el cual se desarrolla el inventario de escuelas. Se presentan los mapas de zonificación sísmica, sismicidad y fallas entre otros, digitalizados en este proyecto como base del SIG y los mapas de distribución espacial de la información recopilada. Esta información es utilizada en el Capítulo 2 para caracterizar la vulnerabilidad sísmica y posteriormente estimar daños, pérdidas y niveles de riesgo sísmico en edificaciones escolares de Venezuela debido a la ocurrencia de terremotos.

### **1.3.- Estrategias de Búsqueda y Fuentes de Información**

En Venezuela existen 28.878 planteles educativos registrados (Figura 1.1, SINACOES, 2008), los cuales funcionan en un número probablemente mayor pero hasta ahora incierto de

edificios escolares. Como parte de este proyecto orientado a la Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela, se han desarrollado distintas estrategias de búsqueda con la finalidad de: i) identificar y ubicar las tipologías constructivas más antiguas que fueron repetidas en todo el país (López et al., 2010); ii) Conocer a través del Censo y el Registro Escolar Nacional información básica de las estructuras (Coronel y López, 2011); iii) recopilar a través de inspecciones información detallada de las características estructurales y sismorresistentes de las escuelas (Marinilli et al., 2010), lo cual se describe en el Capítulo 3. En la Figura 1.1 se muestran la distribución de planteles educativos por cada estado de Venezuela según el Registro Escolar Nacional 2007-2008, donde se aprecia que en Zulia se registraron 2.718 planteles que representan el 9,41%, Miranda con 2.013 para un 6,97%, luego Lara, Barinas, Bolívar, Aragua, Carabobo y Distrito Capital con 1.979, 1.735, 1.705, 1.563, 1.445 y 1.437 respectivamente, los cuales representan el 50,5% del total.



**Figura 1.1. Distribución de planteles educativos por Estado. Información procesada del Registro Escolar Nacional 2007-2008 (SINACOES, 2008).**

A continuación se detallan las estrategias, mecanismos y resultados de la búsqueda de la información mediante las distintas fuentes encontradas.

### 1.3.1.- Edificios Escolares Antiguos

El terremoto de Cariaco del 9 de julio de 1997 ( $M_w= 6,9$ ) causó 74 muertos y 522 heridos (Bonilla et al, 2000), entre los cuales 22 niños y una maestra fallecen por el derrumbe de cuatro edificios escolares pertenecientes a la Escuela Valentín Valiente y el Liceo Raimundo Martínez Centeno (Figura 1.2); estos edificios escolares pertenecían a dos tipologías escolares denominadas Antiguo I y Cajetón que fueron construidas en diversas zonas del país en las décadas de 1950-1960 y 1960-1980, respectivamente. La tipología escolar denominada Antiguo II fue también muy utilizada en las décadas de 1950 y 1960 (Figura 1.3 a, b y Figura 1.4 a, b).



**Figura 1.2. Escuelas colapsadas debido al sismo de Cariaco de 1997; a) Escuela Valentín Valiente (Antiguo I); b) Liceo Raimundo Martínez Centeno (Cajetón).**

Estas tres tipologías están definidas por edificios de 2 y 3 plantas con estructuras de pórticos de concreto reforzado rellenos con mampostería de bloques de arcilla o concreto, de características muy vulnerables como se demostró en el terremoto. Por tal razón se tomó la iniciativa de identificar y ubicar las escuelas con estas tipologías en todo el país, para lo cual se emitió una solicitud de dicha información a las coordinaciones Estadales de FEDE la cual se puede ver en el Anexo 1.1 y en la cual se les solicitó que identificaran estos tipos con el uso de imágenes digitales y fotografías y enviaran un listado de estas edificaciones. En las Figura 1.3 a y b se puede observar un edificio Antiguo I y un Cajetón similar a los colapsados en Cariaco ubicados en otras partes del país.



**Figura 1.3. Escuelas antiguas; a) Antiguo I, Escuela José Antonio Rodríguez de Abreu, Carúpano Edo Sucre; b) Cajetón, Escuela 24 de Julio, Edo. Portuguesa.**

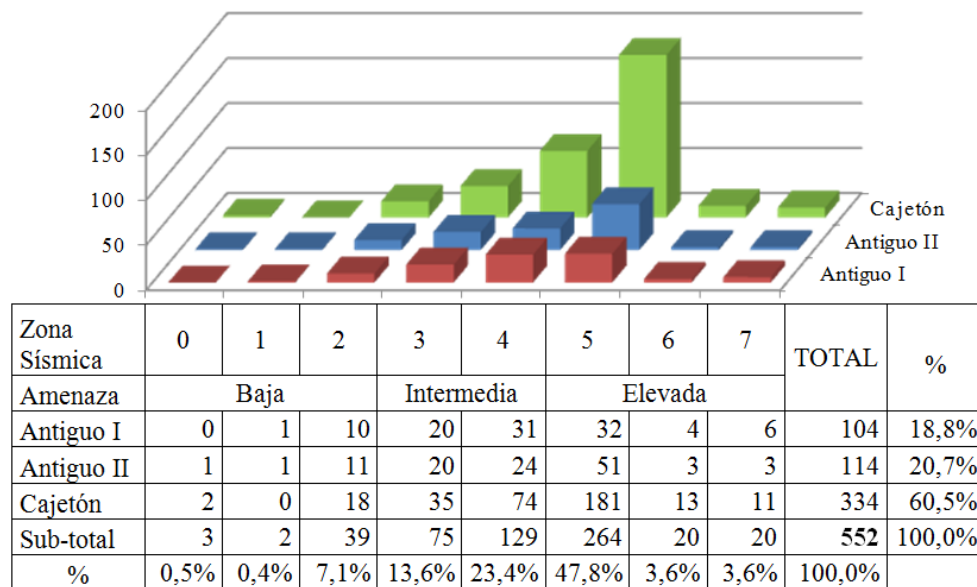




**Figura 1.4. Escuelas antiguas; a) Antiguo II “Escuela Alberto Ravell, San Felipe; b) Cajetón, Escuela Francisco de Miranda, Edo. Monagas.**

En la Figura 1.4 a y b se presenta un Antiguo II y otro Cajetón, respectivamente. Otras edificaciones de estos tipos son presentadas en el Capítulo 3 y en el Capítulo 4 donde se tratan las inspecciones y los estudios detallados de algunas de estas edificaciones críticas.

Como resultado de esta actividad de búsqueda se generó una base de datos cuyo resultado se resume en la Figura 1.5 en la cual se muestra la cantidad de edificios escolares identificados hasta el momento de estas tipologías constructivas y la zona sísmica de ubicación.



**Figura 1.5. Cantidad de edificios escolares antiguos del tipo Antiguo I, Antiguo II y Cajetón en cada zona sísmica para una muestra de 552 edificios.**

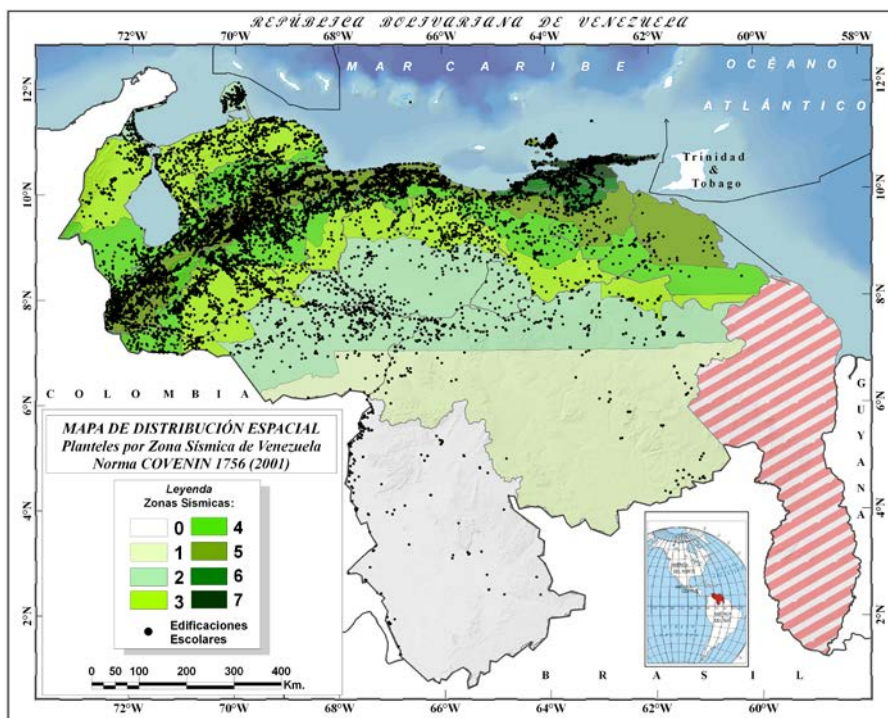
Se tienen un total de 104 edificios del tipo Antiguo I, similares al Valentín Valiente derrumbado en Cariaco, de los cuales 42 están en zonas de elevada amenaza sísmica, y 334 edificios de tipo Cajetón, similares al Liceo Raimundo Martínez Centeno derrumbado en

Cariaco, de los cuales 205 están en las zonas de elevada amenaza. Del tipo Antiguo II se identificaron un total de 114 edificios, 57 de ellos en zonas de elevada amenaza.

En el formato electrónico que acompaña a este informe se incluye la base de datos con las 552 escuelas identificadas con estas tipologías de alta vulnerabilidad. Debe tenerse presente que es posible que esta base de datos pudiera contener escuelas que hayan sido señaladas dentro de estos tipos por poseer una arquitectura similar, sin pertenecer estrictamente a los mismos. Sin embargo, a partir de esta base y de otras, se desarrolló un listado de escuelas que posteriormente fueron inspeccionadas y de las cuales fue posible establecer con certeza su identificación con estos tipos de alta vulnerabilidad. Sobre este tema se detalla en el Capítulo 3. Adicionalmente a estas tipologías se incluyó en la base de datos 47 edificios Patrimoniales y 59 escuelas Rurales. Contabilizando las 552 escuelas anteriores se tiene en total una base de datos de 658 escuelas la cual se presenta como anexo en formato electrónico.

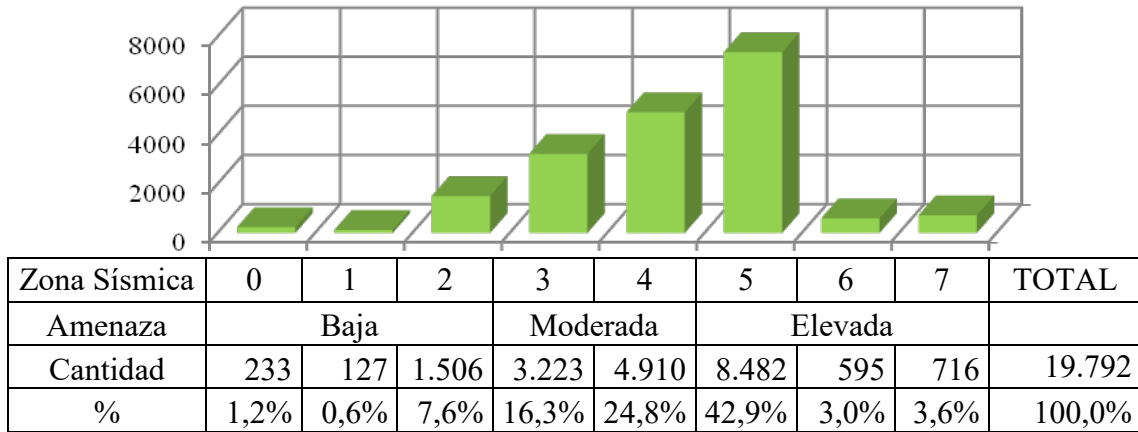
### 1.3.2.- Sistema de Información Geográfica de FEDE

Para el año 2007 FEDE había logrado ubicar en su SIG un total de 19.792 planteles educativos a nivel nacional, con información general como el código de cada plantel, el nombre, la dirección, dependencia, entre otros. Este SIG no poseía información estructural básica de la edificación escolar (número de pisos, tipología constructiva y año de construcción), pero si sus coordenadas georeferenciadas a partir de las cuales se calcularon las coordenadas geográficas. La ubicación y distribución espacial de estos planteles se puede ver en la Figura 1.6.



**Figura 1.6. Distribución espacial de 19.792 planteles educativos sobre el mapa de zonificación sísmica (COVENIN, 2001).**

En la Figura 1.7 se muestra la proporción de los 19.792 planteles escolares ubicados de acuerdo a las zonas sísmicas de la norma COVENIN (2001). Se aprecia que 49,5% de las escuelas se encuentran en las zonas de elevada amenaza sísmica (zonas 5, 6 y 7).



**Figura 1.7. Distribución espacial de 19.792 planteles educativos sobre el mapa de zonificación sísmica (COVENIN, 2001).**

### 1.3.3.- Censo Escolar Nacional 2006-2007

Entre los años 2006-2007 se llevó a cabo el primer Censo Escolar Nacional (CEN) (SIGEDUN, 2007) a través del Ministerio del Poder Popular para la Educación (MPPE), con quien se coordinaron esfuerzos para incluir en el censo preguntas específicas de interés a este proyecto. De esta manera se logró incorporar preguntas para conocer el número de edificaciones por plantel, el número de pisos, el año de construcción, la ubicación geográfica y la tipología constructiva de cada edificio.

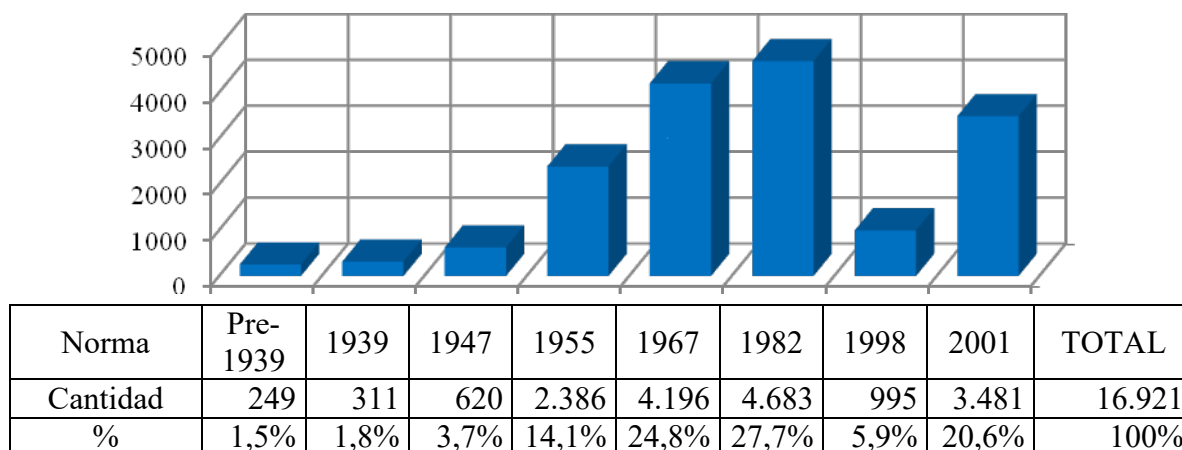
El CEN se llevó a cabo a través de empadronadores, quienes fueron los mismos estudiantes. El levantamiento de información se realizó mediante las planillas que pueden verse en el Anexo 1.2, la tercera hoja corresponde a la desarrollada en este proyecto. De este primer intento sólo se logró obtener información básica de 3.536 edificaciones de las cuales sólo 1906 poseen la información completa de los 27.859 planteles censados. En el formato electrónico de este informe se anexan esta base de datos.

### 1.3.4.- Registro Escolar Nacional 2007-2008

Un año después al CEN se llevó a cabo el Registro Escolar Nacional (REN) 2007-2008 (SINACOES, 2008), en el cual se logró obtener información de 16.921 edificios escolares de 28.878 planteles registrados, logrando una importante mejoría respecto al CEN del año anterior. Esta vez la información fue suministrada por los propios directores de las escuelas mediante un registro electrónico. En el Anexo 1.3 se muestra la planilla utilizada.

En la Figura 1.8 se clasifican las edificaciones registradas según las épocas constructivas correspondientes a los cambios de normas de construcción en Venezuela. Se incluyen allí las siete normas oficiales correspondientes a los años 1939, 1947, 1955, 1967, 1982, 1998 y 2001. La denominada Pre-1939 corresponde a la utilización de varias normas foráneas que se usaban en el país en ausencia de normas nacionales. La norma más reciente es

la del año 2001 (COVENIN, 2001). Se aprecia que un 45,9% de edificios fueron construidos antes de 1982, con requerimientos sismorresistentes menos exigentes que los incluidos en las normas posteriores de 1982 y 1998. Más aún, un 21,1% fueron construidas antes de 1967 con las normas más antiguas y considerablemente menos exigentes desde el punto de vista sismorresistente, antes del cambio de norma debido al terremoto de ese mismo año.



**Figura 1.8. Cantidad de edificios escolares por norma de diseño.**

### 1.3.5.- Búsqueda de Planos de Tipologías Constructivas de Escuelas

Para realizar una evaluación sismorresistentes detallada de edificios escolares es de gran importancia conocer detalles que pueden ser obtenidos de los planos estructurales originales. En base a esto se realizó una búsqueda de planos de las principales tipologías de escuelas de nuestro país. En el Anexo 1.4 se presentan los planos de varios tipos constructivos que se pudieron obtener a través de diversas gestiones en FEDE, MINFRA, Alcaldías y la Biblioteca Nacional. En la búsqueda de planos de edificaciones escolares en la Biblioteca Nacional se averiguó que existe un número importante de ellos correspondientes a obras hechas antes de 1970. Parece ser que como política del MOP se acostumbraba enviar originales de los planos a la Biblioteca Nacional. Con el apoyo de las autoridades de la biblioteca Nacional ha sido posible localizar y fotografiar planos de planteles escolares antiguos, uno de ellos pertenecientes al Tipo Patrimonial y otro al Tipo Antiguo II.

### 1.3.6.- Otras Fuentes

A continuación se listan otras fuentes de información que se utilizaron en este proyecto:

#### a) *Identificación de Edificaciones Patrimoniales*

Estas son edificaciones escolares de valor histórico y cultural, generalmente construidas a principios del siglo XX. La identificación de estas edificaciones se hizo a partir de un listado recopilado por FEDE.



*b) Identificación de Escuelas con Sistemas Rurales (Tipo R)*

Se identificó un listado de este tipo de escuelas localizadas en el Área Metropolitana de Caracas Miranda y Vargas realizado por FEDE; estas escuelas presentan un especial interés al tener estructuras prácticamente de mampostería con poco confinamiento en algunos casos. Tienen un solo nivel con techo liviano y algunas sufrieron daño y volcamiento de sus paredes en el terremoto de Cariaco de 1997, tal como la escuela Matías Parra Alcalá.

*c) Inspecciones a Planteles Escolares Específicos*

Otros tipos constructivos se identificaron en visitas específicas hechas por el personal del Proyecto durante distintas fases de su desarrollo; algunas de ellas son comentadas en el Capítulo 4 sobre estudios detallados.

## **1.4.- Descripción de las Bases de Datos de Escuelas**

A continuación se describe la codificación utilizada por el MPPE y FEDE para identificar los planteles escolares del país, luego se presenta y resume el contenido sobre los campos y registros de todas las bases de datos referentes a escuelas que han sido recopiladas, adaptadas, desarrolladas y generadas a partir de información obtenida en la búsqueda antes descrita y proveniente de diversas fuentes. Estas bases de datos se anexan en el formato electrónico que acompaña este informe.

### **1.4.1.- Códigos de Escuelas**

Tanto el Ministerio del Poder Popular para la Educación (MPPE) como la Fundación de Edificaciones y dotaciones Educativas (FEDE) han utilizado códigos identificadores de planteles escolares, pero hasta hoy no existe una codificación nacional que haga referencia a cada edificio escolar del país, sólo códigos catastrales de carácter Municipal.

Inicialmente se conoció la existencia del código SISE utilizado por FEDE para administrar su SIG, con características numéricas de 6 dígitos mediante el cual identifica el estado y el plantel. Este código es denominado posteriormente como Código Estadístico por el MPPE. Posteriormente en la ejecución de los censos CEN y REN se implementó como identificador único de cada plantel educativo el código DEA (División de Evaluación y Acreditación); este último es un código alfanumérico con dos letras y ocho números. En el CEN y REN se utilizaron ambos códigos lo que permitió finalmente cruzar las bases de datos y complementar la información para el inventario.

### **1.4.2.- Bases de Datos**

*a) Base de Datos de Información General de Planteles SIGEDUN*

Esta es la primera base de datos a la cual se tuvo acceso a principios del año 2007 para este proyecto, desarrollada por el MPPE durante el año 2006 y contiene información de 30.003 planteles escolares del país. Esta base fue cargada en el Sistema de Gestión Educativa Nacional (SIDEDUN) el cual tenía acceso vía internet, luego fue sustituida por la información del CEN y REN. La información contenida en esta base de datos es la siguiente:

- CÓDIGO DEA, CÓDIGO SISE (código estadístico), NOMBRE DEL PLANTEL, ESTADO, TURNOS, NIVEL, MUNICIPIO, PARROQUIA, DIRECCIÓN.

*b) Base de Datos de Edificaciones Antiguas*

Esta base de datos contiene información sobre las edificaciones antiguas denominadas Antiguo I, Antiguo II, Cajetón, Rurales y Patrimoniales, la cual se construyó a partir de la información suministrada por las coordinaciones estatales de FEDE y algunos reportes publicados por FEDE. Contiene en total 658 planteles, de los cuales 552 son los más vulnerables (Antiguo I, Antiguo II y Cajetón) descritos previamente (Figura 1.5). Esta base de datos contiene la siguiente información:

- CÓDIGO DEA, CÓDIGO SISE, ESTADO, MUNICIPIO, SISTEMA CONSTRUCTIVO, NOMBRE DEL PLANTEL, DIRECCIÓN, FUENTE INFORMACIÓN, FECHA DE OBTENCIÓN.

*c) Base de Datos de Ubicación Georeferenciada de Planteles de Venezuela ( SIG FEDE)*

Esta base de datos originalmente contenía información general de los planteles educativos y provenía del SIG de FEDE. Posteriormente se calcularon y añadieron las coordenadas geográficas de cada uno de los 19.792 planteles contenidos en ella. La información que posee es la siguiente:

- CÓDIGO SISE, NOMBRE DEL PLANTEL, LOCALIDAD, DEPENDENCIA, MUNICIPIO, PARROQUIA, DIRECCIÓN, LATITUD, LONGITUD.

*d) Base de Datos de Información sobre el Daño Observado en Escuelas luego del sismo de Cariaco de 1997 en el Estado Sucre.*

Esta base de datos se construyó a partir de la información contenida en los informes hechos por FEDE y por otras fuentes (FEDE, 1997; Alonso y Figuera, 1997). En total se logró asignar un estado de daño observado a 257 edificios escolares. El contenido de la base de datos es el siguiente:

- NOMBRE DEL PLANTEL, MUNICIPIO, DIRECCIÓN, NUMERO DE EDIFICIOS, SISTEMA CONSTRUCTIVO, NÚMERO DE PISOS, DAÑO OBSERVADO.

*e) Base de Datos de Información General de Planteles (CEN 2006-2007)*

Corresponde a la base de datos desarrollada por MPPE a partir del Censo Escolar Nacional (CEN) 2006-2007, almacena información básica de 27.859 planteles (SIGEDUN, 2007). La información contenida en esta base de datos es la siguiente:

- CÓDIGO SISE, CÓDIGO DEA, ESTADO, MUNICIPIO, DEPENDENCIA, NOMBRE DEL PLANTEL, DIRECCIÓN, REGIMEN, NIVEL, UBICACIÓN, FRONTERA, INDIGENA, MARGINAL, ESTATUS, ACTIVIDAD.

*f) Base de Datos de Coordenadas Geográficas de Planteles (CEN 2006-2007)*

Esta base de datos fue desarrollada durante el censo CEN 2007 y contiene un total de 4.870 ubicaciones geográficas de escuelas a nivel nacional, sin embargo esta información no es suficientemente confiable. La información contenida en esta base de datos es la siguiente:

- CÓDIGO SISE, CÓIGO DEA, ESTADO, MUNICIPIO, NOMBRE DEL PLANTEL, DIRECCIÓN, LATITUD, LONGITUD, ALTITUD.

g) *Base de Datos de Edificaciones Escolares (CEN 2006-2007).*

En esta base de datos del año 2007 se almacena la información básica de las edificaciones escolares, en total fueron levantadas 3.536 edificaciones de las cuales sólo 1.906 poseen la información completa. Una gran parte de esta información fue digitalizada de planillas físicas provenientes de las escuelas del estado Táchira La información contenida en esta base de datos es la siguiente:

- CÓDIGO SISE, CÓIGO DEA, ESTADO, MUNICIPIO, NOMBRE DEL PLANTEL, DIRECCION, NUMERO DE EDIFICIOS, NUMERO DE PISOS, AÑO DE CONSTRUCCIÓN, TIPO DE EDIFICIO.

h) *Base de Datos de Información Básica de Edificios Escolares del Estado Sucre (CEN 2006-2007)*

Esta base se construyó en el año 2007 a partir de la base de datos del CEN y la de ubicaciones geográficas del SIG de FEDE. Se identificaron 1.234 edificios en el Estado Sucre en el CEN, sin embargo luego de cruzar las bases de datos se obtuvo una base de datos con 720 edificios con la información básica (número de pisos, año de construcción y coordenadas geográficas). Esta base de datos luego sería sustituida por la correspondiente al REN 2007-2008 debido a la mayor confiabilidad de esta última.

- CÓDIGO SISE, CÓIGO DEA, ESTADO, MUNICIPIO, NOMBRE DEL PLANTEL, DIRECCIÓN, NUMERO DE EDIFICIOS, NUMERO DE PISOS, AÑO DE CONSTRUCCIÓN, TIPO DE EDIFICIO, LATITUD, LONGITUD, TURNO, NIVEL.

i) *Base de Datos de Información Básica de Edificios Escolares del Estado Táchira (CEN 2006-2007)*

Esta base de datos se desarrolló entre los años 2007 y 2008 a partir de la digitalización de las planillas en físico de CNE 2006-2007 correspondientes al estado Táchira y se cruzó con la del SIG de FEDE. En total se logró obtener la información básica (número de pisos, año de construcción y coordenadas geográficas) de 1.007 edificios escolares de este estado además de la siguiente información:

- CÓDIGO SISE, CÓIGO DEA, ESTADO, MUNICIPIO, NOMBRE DEL PLANTEL, DIRECCIÓN, NUMERO DE EDIFICIOS, NUMERO DE PISOS, AÑO DE CONSTRUCCIÓN, TIPO DE EDIFICIO, LATITUD, LONGITUD, TURNO, NIVEL.

j) *Base de Datos de Información General de Planteles (REN 2007- 2008)*

Esta información proviene del Registro Escolar Nacional (REN) 2007-2008 el cual finalmente fue utilizado para el inventario y actualmente se encuentra disponible en internet a través del Sistema Nacional de Control de Estudio (SINACOES, 2008). Cuenta con 28.878

planteles de los cuales sólo se logró registrar la información básica de la edificación (número de pisos y año de construcción) de 16.921 edificios escolares. La información contenida en esta base de datos es la siguiente:

- CÓDIGO SISE, CÓDIGO DEA, ESTADO, MUNICIPIO, PARROQUIA, LOCALIDAD, URBANIZACION, AVENIDA/CALLE, PARCELA, EDIFICIO, CRUCE CON CALLE – AVENIDA, TIPO DE CONSTRUCCION, TENENCIA, TIPO DE EDIFICACION, NUMERO DE EDIFICIOS, NUMERO DE PISOS, AÑO CONSTRUCCION, COORDENADAS GEOGRAFICAS, NOMBRE DEL PLANTEL, ESTATUS, DEPENDENCIA, TURNO, EDUCACION INICIAL/PRIMARIA/1° NIVEL/2° NIVEL.

## 1.5.- Sistema de Información Geográfica

### 1.5.1.- Aspectos Generales

En esta actividad se planteó la necesidad de manejar el inventario de edificios escolares mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), para ello fue necesario desarrollar una plataforma SIG base, recopilar información sobre mapas en físico y digitalizar los mapas temáticos de interés tal como los de zonificación sísmica del país.

Se utilizó el sistema de coordenadas reticular plano, con la proyección *Universal Transversal Mercator* (UTM), bajo el *datum* REGVEN. Se implementó para toda Venezuela el Huso 19, al igual que para el Área Metropolitana de Caracas, y el Huso 20 para Cumaná y todo el Estado Sucre. De esta manera se hace posible la medición de longitudes en unidades métricas directamente sobre los mapas. La primera información que fue incorporada al SIG fue:

- La base de datos con 19.792 planteles educativos con ubicación georeferenciada, desarrollada originalmente por FEDE y luego ampliada en este proyecto.
- La base de datos de Información Básica de Edificios Escolares de Venezuela basada en el Registro Nacional Escolar 2007-2008 (SINACOES, 2008), con información general (nombre del plantel, dirección, modalidad, turno, etc.) e información básica (número de pisos, año de construcción, etc.) de 16.921 edificios.
- El mapa de distribución geopolítica de Venezuela mostrado en la Figura 1.10 y los mapas de zonificación sísmica del país correspondientes a las normas de los años 1947, 1955, 1967, 1982 (Figura 1.11 a, b, c y d) y el de las normas de 1998 y 2001 mostrado en la Figura 1.12. A través de estos mapas se puede determinar la zona sísmica para la cual fue diseñado el edificio, conocido su año de construcción el cual es asociado a la norma del periodo correspondiente.
- Otros mapas temáticos tales como fallas geológicas, sismicidad instrumental y amenaza.

Todos los mapas pueden consultarse en el Anexo 1.6 y en el formato digital que acompaña este informe. Todas las bases de datos se encuentran anexas al informe en su formato digital.

### 1.5.2.- Ubicación Geográfica de Edificaciones Escolares

En la Figura 1.9 se muestra la distribución espacial de la muestra de planteles educativos obtenida de la base de datos antes mencionada.

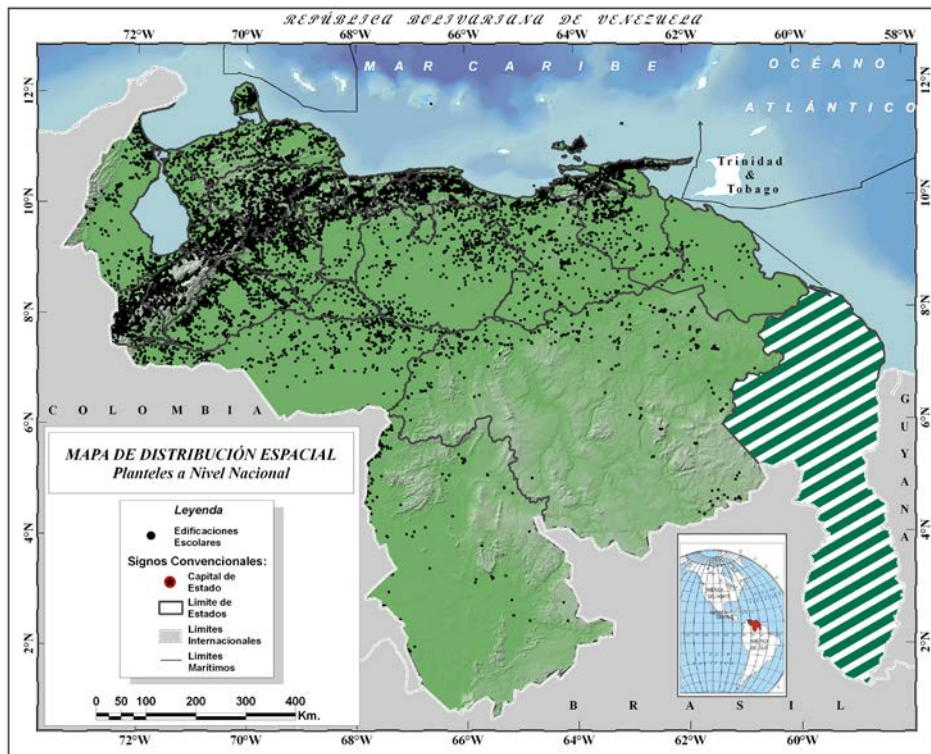


Figura 1.9. Mapa de distribución espacial de los planteles educativos en Venezuela.

A partir de este mapa se pueden distinguir tres (3) patrones de diferenciación espacial:

- Aproximadamente un 75% del total de planteles educativos se encuentra ubicado en la franja norte-costera del país así como en la parte de la Cordillera Andina integrada por los estados Táchira, Mérida y Trujillo, esto debido principalmente a que las principales capitales del país se encuentran en esta zona y concentran la mayor cantidad de población emplazada;
- Conforme se observan los estados al sur del país, la densidad de edificaciones educativas decrece, siendo los estados Bolívar y Amazonas los que presentan la menor densidad de planteles en Venezuela;
- observamos que la mayor parte de los planteles educativos están en zonas de máxima amenaza sísmica (zonas 5, 6 y 7) en los estados Táchira, Mérida, Trujillo, Carabobo, parte central de Aragua, Distrito Capital, norte de Miranda, Norte de Anzoátegui y Monagas, además de los estados Sucre y Nueva Esparta.

### 1.5.3.- Mapas incorporados a la plataforma SIG

#### a) Mapa de Distribución Político Territorial

Se incorporó al SIG el Mapa Político Territorial de la República Bolivariana de Venezuela que se muestra en la Figura 1.10, en este mapa se identifican los límites



internacionales, límites entre Estados y sus capitales, vialidad principal, hidrografía principal y cuerpos de agua, entre otros, a escala regional se pueden identificar Municipios y Parroquias.



**Figura 1.10. Mapa Político Territorial de la República Bolivariana de Venezuela.**

*b) Mapa de Zonificación Sísmica de la Norma MOP (1947)*

Es el primer mapa de zonificación sísmica formalmente incluido en una norma nacional; esta norma publicada por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) para el año 1947, fue sucesora de la primera norma venezolana del MOP (MOP, 1939) la cual no incluía zonificación, aun cuando se conoce que ya existían mapas propuesto por algunos investigadores. El mapa de la norma del MOP del año 1947 clasifica al país en tres zonas, A, B y C, siendo la zona B la más severa seguida de la A (Figura 1.11a, Anexo 1.5). De acuerdo a Grases et al. (1987) presenta las siguientes características resaltantes:

- La zona de máxima amenaza está constituida esencialmente por áreas del Estado Sucre; buena parte de las mismas fueron afectadas por el terremoto del 17 de enero de 1929.
- Una extensa franja de territorio nacional es la línea fronteriza con Brasil (Estados Bolívar y Amazonas) la cual aparece como zona sísmica. En los mapas subsiguientes esta franja se considera libre de sismos, salvo en las regiones cercanas al Delta del Orinoco.

c) *Mapa de Zonificación Sísmica de la Norma MOP (1955)*

La norma del año 1955 presentó tres zonas denominadas A, B y C, en este caso la zona C fue la más severa seguida de la B. Se caracteriza a todo el Estado Sucre, al Estado Nueva Esparta y a la parte norte de Monagas como la zona C de mayor amenaza. Además, se incorpora a ella el estado Táchira, así como una buena parte del estado Lara y partes menores de Portuguesa y Trujillo (Figura 1.11b, Anexo 1.5).

d) *Mapa de Zonificación Sísmica de la Norma MOP (1967)*

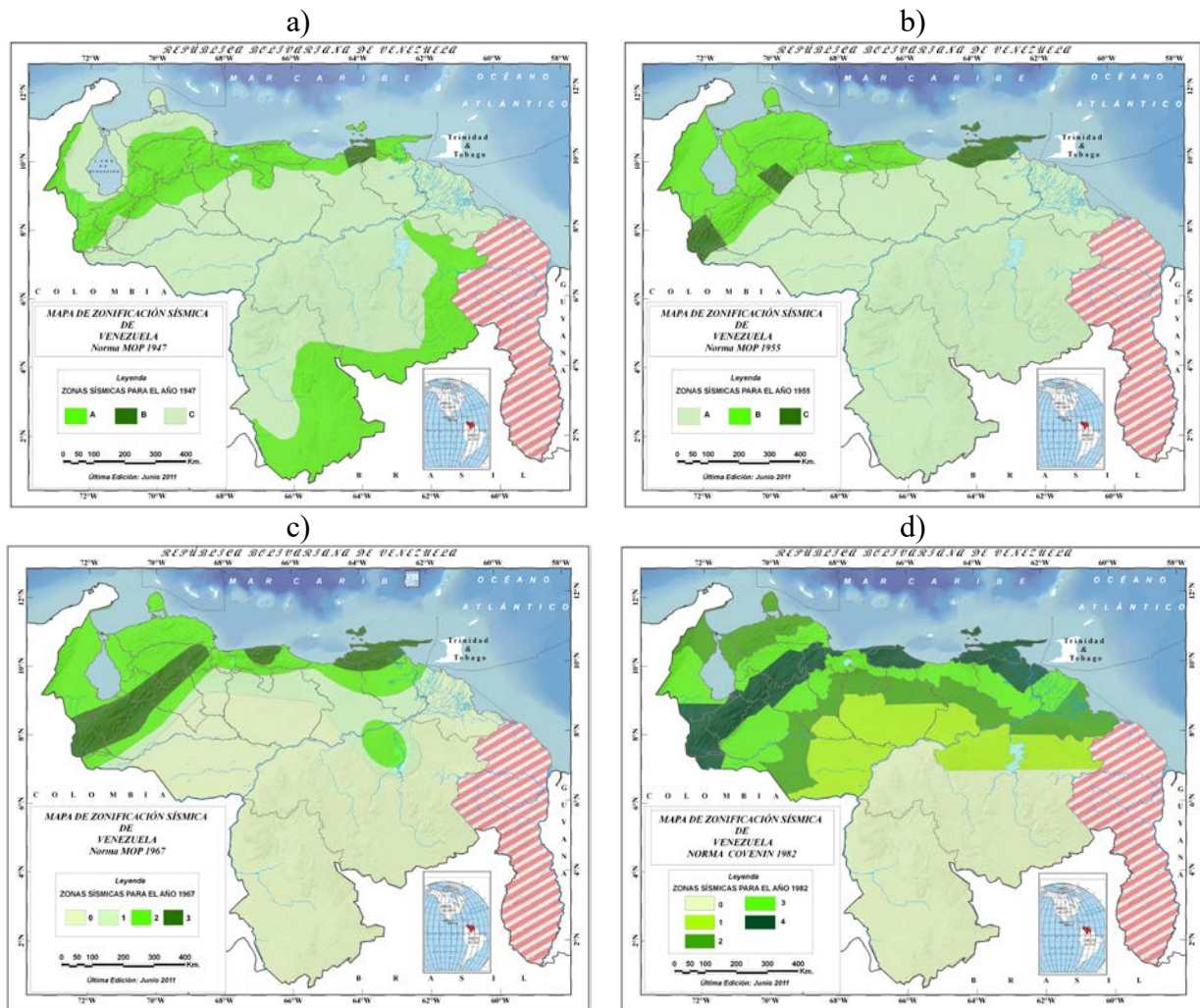
Fue el mapa publicado con la norma provisional promulgada por el MOP a raíz del terremoto del 29 de Julio de 1967 que modificó el de 1955 (ver Figura 1.11c, Anexo 1.5). Se incorporó una zona adicional quedando el país dividido en cuatro zonas (0, 1, 2 y 3). Según Grases et al. (1987) dicha norma presenta las siguientes características:

- Toda la cordillera de Los Andes hasta aproximadamente la depresión de Yaracuy es reconocida como zona de máxima amenaza sísmica (zona 3), la cual incluye los estados Táchira, Mérida, parte de Barinas, casi todo Trujillo, parte de Portuguesa, buena parte del estado Lara y parte del occidente del estado Yaracuy incluido San Felipe, parte del estado Miranda y algunas áreas adicionales de los estados Anzoátegui y Monagas.
- La región de Ciudad Bolívar, Ciudad Piar y Guri, aparecen como una área aislada de Zona 2 dentro de la Zona 1, la cual abarca el sur de los estados Anzoátegui y Monagas, y norte del estado Bolívar

e) *Mapa de zonificación Sísmica de la Norma COVENIN (1982)*

El mapa de 1982 de zonificación sísmica con fines de ingeniería (Norma COVENIN 1756-82), es el resultado de la superposición de dos mapas más bien diferenciados: Uno en el cual se sintetizó toda la información conocida sobre los efectos de sismos pasados, es decir con un fundamento semejante al de los anteriores mapas de zonificación, y otro en el cual se modela la probable actividad futura. La versión de 1982 muestra algunas diferencias en relación al mapa de zonas sísmicas contenido en la Norma provisional del MOP (1967); se destacan las siguientes:

- En el mapa de 1982 se distinguen cinco zonas en lugar de cuatro (0, 1, 2, 3 y 4).
- Se amplían las zonas de mayor amenaza en las siguiente regiones:
  - en la frontera con Colombia a lo largo de la parte del estado Zulia y la parte occidental del Distrito Páez del estado Apure;
  - en regiones adicionales del estado Portuguesa, incluyendo la capital Guanare, así como en la región de Acarigua y San Pablo del estado Lara;



**Figura 1.11. Mapas de zonificación sísmica de Venezuela, digitalizados en este proyecto a partir de las normas: a) MOP (1947); b) MOP (1955); c) MOP (1967) y d) COVENIN (1982). Se pueden ver ampliados en el Anexo 1.5 y digitalizados en el DVD.**

- Se incluyen por primera vez las áreas que circundan el Lago de Valencia;
- Al sur de la región de Caracas se amplía la zona de máxima amenaza del estado Miranda hasta la frontera con el estado Aragua;
- Extensas áreas del estado Monagas, incluido Maturín, así como del Territorio Delta Amacuro incluida Tucupita, también son incorporadas;
- Las islas La tortuga, La Orchila y Los Roques no aparecen incluidas en las zonas de mayor amenaza.

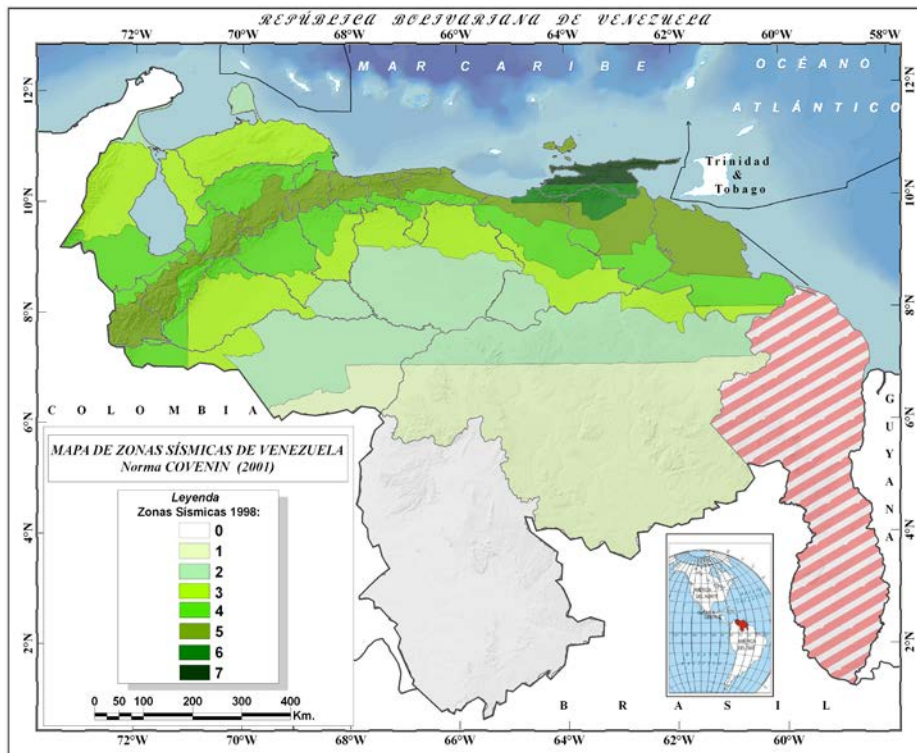
La zonificación anteriormente mencionada se ajustó, en lo posible, a la división política del país siempre que no condujera a desviaciones excesivas del mapa de isoaceleraciones. Ocasionalmente resulto más conveniente referir los límites de zona a alguna coordenada geográfica o alguna vía de la comunicación importante. Como resultado de este



estudio el país quedó dividido en cinco zonas, cuatro de ellas con aceleraciones de diseño iguales a 0.30, 0.22, 0.15 y 0.08 veces la aceleración de gravedad (g).

f) *Mapa de zonificación Sísmica de la Norma COVENIN (1998 y 2001)*

El mapa presentado por FUNVISIS en el año 1998 correspondiente a la norma COVENIN 1756-98 (Ver Figura 1.12) que posteriormente se mantuvo en la revisión de la norma del año 2001. Este mapa presenta diferencias apreciables con respecto al originado en el año 1982, entre las cuales se pueden destacar:



**Figura 1.12. Mapa de zonas sísmicas del año 1998 según norma (COVENIN, 2001).**

La zonificación pasa de cinco a ocho zonas de diferenciación (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7), con valores de aceleración que van desde 0,10g (zona 1) en su punto más bajo hasta 0,40g para la zona de mayor amenaza sísmica (zona 7).

- La zona de máxima amenaza (zona 7) sólo está representada en partes del estado Sucre. La parte norte de los estados Anzoátegui y Monagas aparecen como parte de la segunda zona de mayor amenaza sísmica (zona 6).
- La parte norte de los estados Delta del Orinoco y Monagas, así como las zonas circundantes del Lago de Valencia, la región de Caracas, norte de los estados Miranda y Aragua, toda la Cordillera Andina incluyendo los estados Táchira, Mérida, parte de Barinas, Trujillo, Portuguesa, Lara y parte del occidente del estado Yaracuy incluido San Felipe, son excluidas la zona de máxima amenaza sísmica y conforman ahora parte de la zona 5.

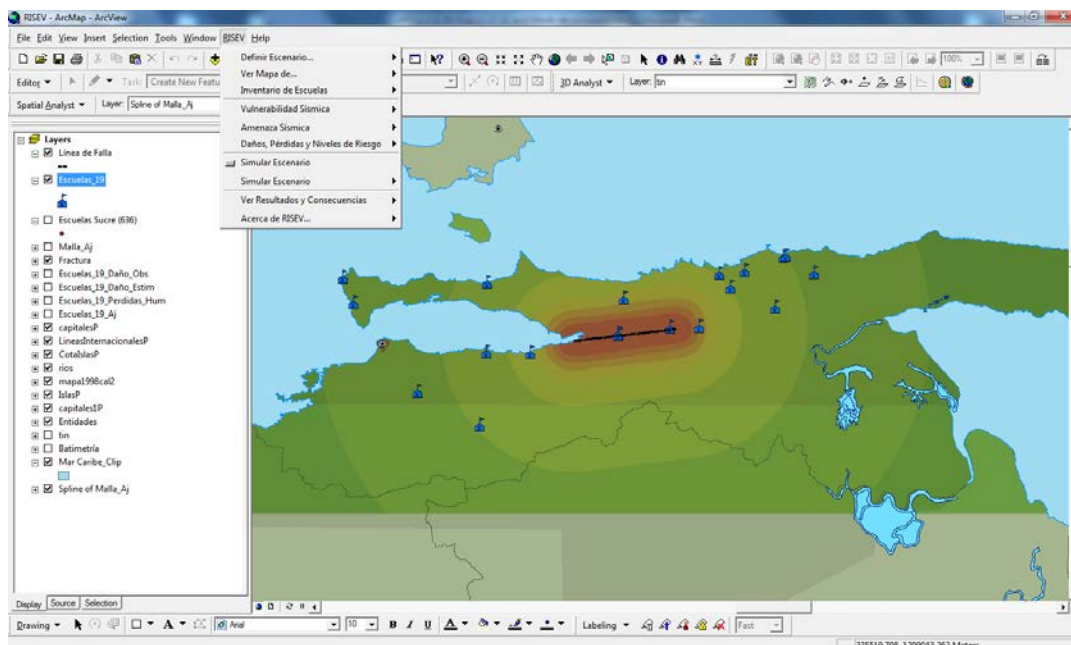
- El sur del estado Zulia, algunas zonas de Trujillo, gran parte de los estados Portuguesa, Cojedes y Yaracuy; el sur de Carabobo, la región central de Aragua, Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro corresponden ahora a la zona 4.
- Apure, la parte oriental de Barinas, el norte del Zulia, la Península de Paraguaná, gran parte del estado Guárico, sur de los estados Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro además del noreste del estado Bolívar son incluidos en la zona 2.
- Casi todo el territorio del estado Bolívar aparece incluido en la zona 1.
- El estado Amazonas se presenta como la zona de menor amenaza sísmica (zona 0).

#### 1.5.4.- Desarrollo de una Herramienta Basada en SIG para Escenarios Sísmicos

Como se mencionó anteriormente se desarrolló una base de mapas SIG con el objetivo de ser utilizados para el desarrollo de una herramienta para la estimación de daños, pérdidas y niveles de riesgo sísmico en edificaciones escolares de Venezuela (Coronel et al, 2010a, 2010b, Coronel 2011), fundamentada en la información recopilada en las bases de datos antes descritas.

Para ello se incorporaron los mapas y las bases de datos en la plataforma SIG, tal como se ilustra en la Figura 1.13 en la cual se muestra una pantalla del sistema utilizado en este caso ArcGIS (ESRI, 2008), mostrando los mapas base, la falla del Pilar y algunos puntos indicativos de escuelas del Estado Sucre.

Se desarrolló mediante programación en VBA (*Visual Basic Applications*) dentro del SIG una herramienta que hemos denominado RiSEV (Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela). El programa está compuesto por varios módulos, uno para estimar la amenaza de forma determinística, otro para la caracterización de la vulnerabilidad y otro para la estimación de consecuencias (daños, perdidos y niveles de riesgo sísmico), a través de la metodología que se plantea en el Capítulo 2 de este informe.



**Figura 1.13. Presentación del SIG utilizado y la Herramienta RiSEV.**

## 1.6.- Inventario de Edificios Escolares

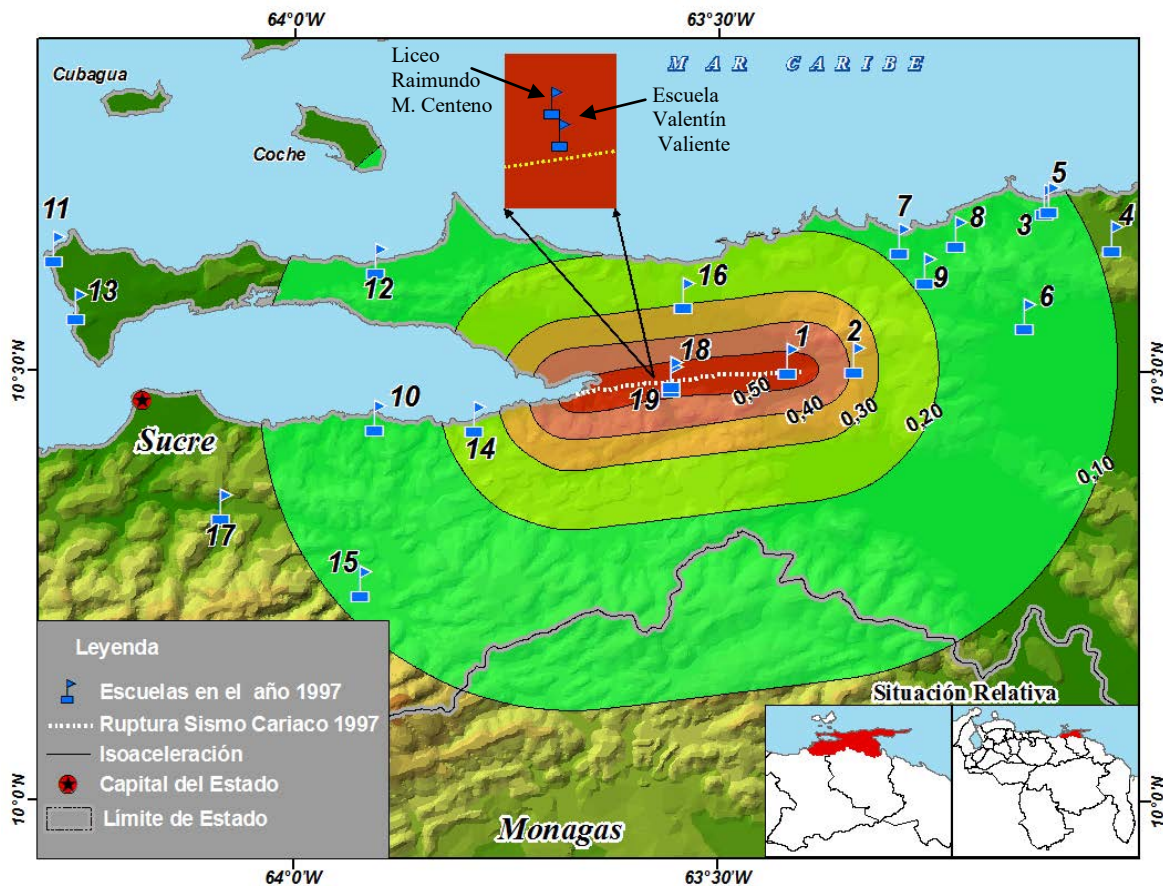
En esta fase de la investigación se ha denominado inventario de edificios escolares al procesamiento en bases de datos de la información necesaria para identificar cada edificio y posteriormente caracterizar los escenarios sísmicos. Se ha clasificado el inventario según las regiones asociadas a los escenarios sísmicos estudiados (Capítulo 2). Se presenta entonces el contenido y las estadísticas de: i) el inventario asociado al escenario de daños del sismo de Cariaco de 1997; ii) el inventario para los escenarios regionales del estado Sucre; iii) el inventario para los escenarios de la ciudad de Cumaná; iv) el inventario asociado a los escenarios de la Gran Caracas; y v) el inventario de los edificios escolares de toda Venezuela. Cada inventario contiene la siguiente información:

- Identificación (código DEA, código SISE, nombre del plantel principal).
- Ubicación geográfica (Estado, Municipio, Parroquia, dirección y coordenadas geográficas de latitud y longitud).
- Información básica del edificio (número de pisos, año de construcción y tipología estructural).
- Información complementaria de la escuela (matrícula escolar, nivel educativo, turno entre otros).

### 1.6.1.- Inventario de Edificios Dañados por el Sismo de Cariaco de 1997

El Terremoto Cariaco ocurrió en horas de la tarde del 9 de julio de 1997 con epicentro entre Cariaco y Casanay, se le asocia su origen a la falla del Pilar con una magnitud  $M_w = 6,9$  y una longitud de ruptura entre 30 y 50 kilómetros a una profundidad de 10 kilómetros. Se reportó que fallecieron 74 personas y 522 resultaron heridas (Bonilla et al, 2000), la mayoría de ellas en Cariaco y Cumaná donde colapsó el edificio Miramar. En Cariaco Colapsaron 4 edificios escolares correspondientes a la escuela Valentín Valiente (tipología Antiguo I) y al Liceo Raimundo Martínez Centeno (tipología Cajetón) ocasionado la muerte a 22 niños y una maestra.

Este inventario consta de 257 planteles educativos y se desarrolló partir de la base de datos recopilada de los informes de inspección luego del terremoto de Cariaco de 1997 (FEDE, 1997; Alonso y Figuera, 1997; De Santis, 1997). En el informe de FEDE (1997) se puede obtener información de 205 planteles educativos de un número mayor de edificios de los cuales se priorizó los de mayor daño para ser inspeccionados con más detalle, esta tarea le fue asignada a Alonso y Figuera (1997) quienes hacen un diagnóstico basado en la inspección ocular de 52 escuelas. Por otra parte De Santis (1997) presenta un listado de 83 escuelas con algún tipo de daño, con su ubicación geográfica. Lamentablemente ninguno identificó las escuelas por los códigos oficiales, simplemente se identifican por su nombre, lo que generó algunas dificultades para establecer su relación con las edificaciones actuales. Finalmente FEDE (1998) envió un equipo técnico para evaluar 592 planteles con apoyo local, el cual reporta 35 (5,91%) planteles con falla estructural severa no rehabilitable, 66 (11,15%) con presunta falla estructural, 398 (67,23%) con falla menor rehabilitable en estructura o cerramiento y 93 (15,71%) sin ningún daño.



**Figura 1.14. Distribución espacial de una muestra de 19 escuelas presentes en Sucre en momentos del sismo de Cariaco de 1997.**

De la información recopilada se pudo seleccionar una base de datos de 19 planteles escolares con la información más confiable sobre ubicación geográfica, características estructurales básica (número de pisos y año de construcción), características estimadas del suelo y daños producidos por el sismo. Estas 19 escuelas se muestran en la Figura 1.14 sobre un mapa del Estado Sucre indicando la ruptura superficial producto del sismo de Cariaco de 1997 de aproximadamente 30 kilómetros de longitud, así como una representación de las curvas de isoaceleración estimadas para el sitio.

En la Tabla 1.1 se presentan las características básicas de las 19 escuelas. La distancia es la menor distancia a la traza de la ruptura en superficie de la falla.  $A_j$  es la aceleración horizontal estimada en el sitio dividido entre la aceleración de gravedad. El daño observado se traduce en una escala de cinco estados de daño: Sin Daño, Leve, Moderado, Severo y Completo. Las escuelas numeradas 18 y 19 corresponden a las escuelas colapsadas.

**Tabla 1.1. Inventario de 19 escuelas afectadas por el sismo de Cariaco de 1997.**

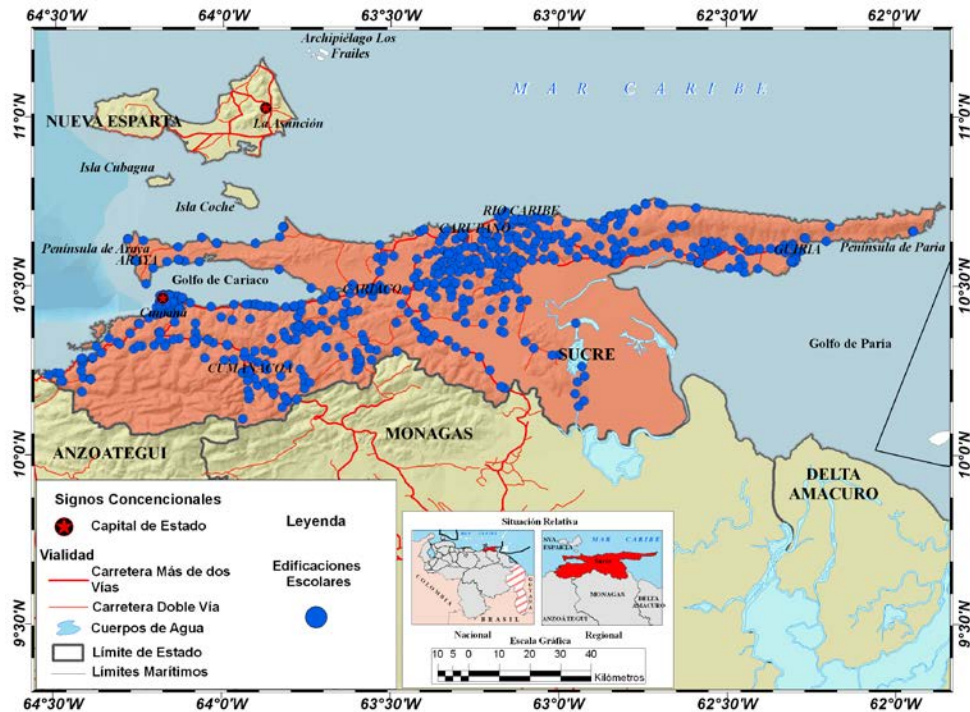
	<b>Nombre de la Escuela</b>	<b>Lat</b>	<b>Long</b>	<b>Año</b>	<b>Pisos</b>	<b>Distancia</b>	<b>Aj</b>	<b>Suelo</b>	<b>Daño Observado</b>
1	U.E. José María Carrera	-63,41	10,52	1972	3	812	0,53	Blando	Moderado
2	Escuela Rio Casanay	-63,34	10,52	1960	1	6760	0,37	Blando	Leve
3	U.E. Juan Pablo Rojas Paul	-63,11	10,70	1953	2	37708	0,11	-	Moderado
4	U.E. Chacaracual	-63,03	10,66	1966	2	43202	0,09	-	Sin Daño
5	U.E. Carlos Francisco Grisanti	-63,11	10,70	1962	2	38376	0,10	-	Sin Daño
6	U.E. Miguel Sánchez Pesquera	-63,14	10,57	1959	2	29395	0,13	-	Leve
7	Unidad Educativa Playa Grande	-63,28	10,66	1993	2	20433	0,18	-	Moderado
8	U.E. Eustaquia Soledad Luiggi	-63,22	10,66	1955	2	26097	0,14	Coluvial	Leve
9	E.B. Santa Catalina	-63,25	10,62	1982	3	19956	0,18	Relleno sobre laguna antigua	Leve
10	U.E. Jesús A. Marcano	-63,90	10,45	1979	3	25530	0,15	Posibilidad de suelo blando	Leve
11	E.B. Dr. Luis Napoleón Blanco	-64,28	10,64	1980	1	69453	0,06	Suelo duro.	Leve
12	E.B. Nuestra Señora Del Rosario	-63,90	10,63	1976	1	30497	0,13	Suelo duro, roca.	Leve
13	U.E. Salvador Córdoba	-64,25	10,58	1982	3	64944	0,07	Duro	Sin Daño
14	U.E. Francisco Alemán Parra	-63,78	10,45	1987	3	12954	0,25	Duro	Sin Daño
15	E.B. Diego De Vallenilla	-63,92	10,26	1980	3	36518	0,11	Posibilidad de suelo blando	Moderado
16	U.E. Pedro Camejo	-63,54	10,59	1964	1	10811	0,28	-	Leve
17	E.B. Antonio Lemus Pérez	-64,08	10,34	1982	3	47581	0,09	Duro	Leve
18	Escuela Valentín Valiente	-63,55	10,50	1960	2	467	0,53	8 a 10 m de suelo blando	Completo
19	Liceo Raimundo Martínez Centeno	-63,55	10,50	1970	3	919	0,53	10 m de suelo blando	Completo

### 1.6.2.- Inventario de Escuelas del Estado Sucre

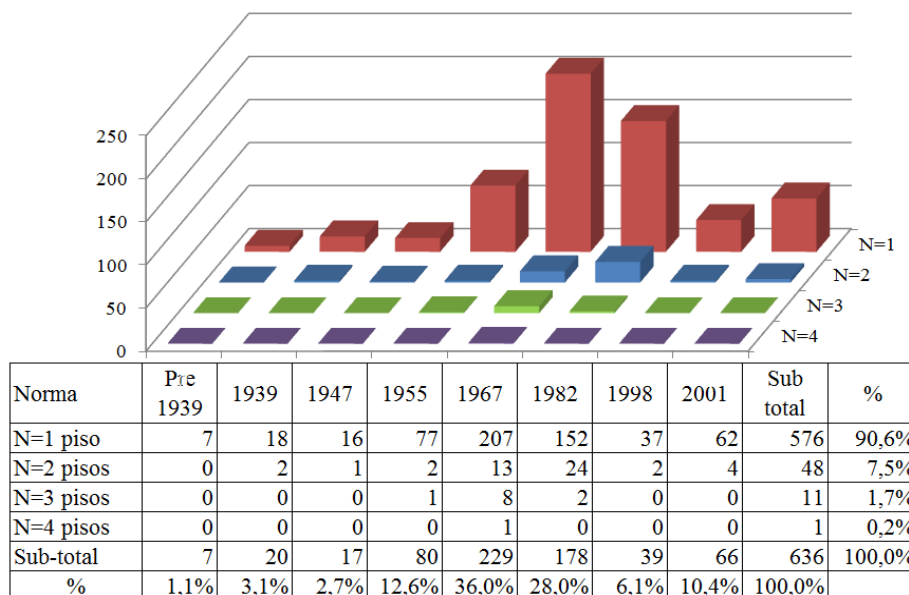
En este inventario se ha recopilado la información de una muestra de 636 edificios escolares de un total de 1.300 planteles registrado en el REN 2007-2008. En la Figura 1.15 se muestra la distribución espacial de la muestra en el cual se nota su importante concentración hacia la capital (Cumaná). Este mapa puede consultarse con más detalle en el Anexo 1.6 y en el formato digital de este informe. En el Anexo 1.7 se presenta el inventario de estos 636 edificios.



Por otro lado en la Figura 1.16 se muestra la distribución porcentual de la muestra en función al número de pisos y de la norma de construcción. Se aprecia que en el Estado Sucre por ser un estado de características rurales, a excepción de la Ciudad de Cumaná, predominan las edificaciones de un piso con 90,6% de la muestra, probablemente la mayoría de techos muy ligeros y paredes de mampostería. Luego 7,5% son edificaciones de 2 pisos, 1,7% de tres pisos y tan sólo un 0,2% de cuatro pisos.



**Figura 1.15. Distribución espacial de la muestra de 636 escuelas en el estado Sucre.**

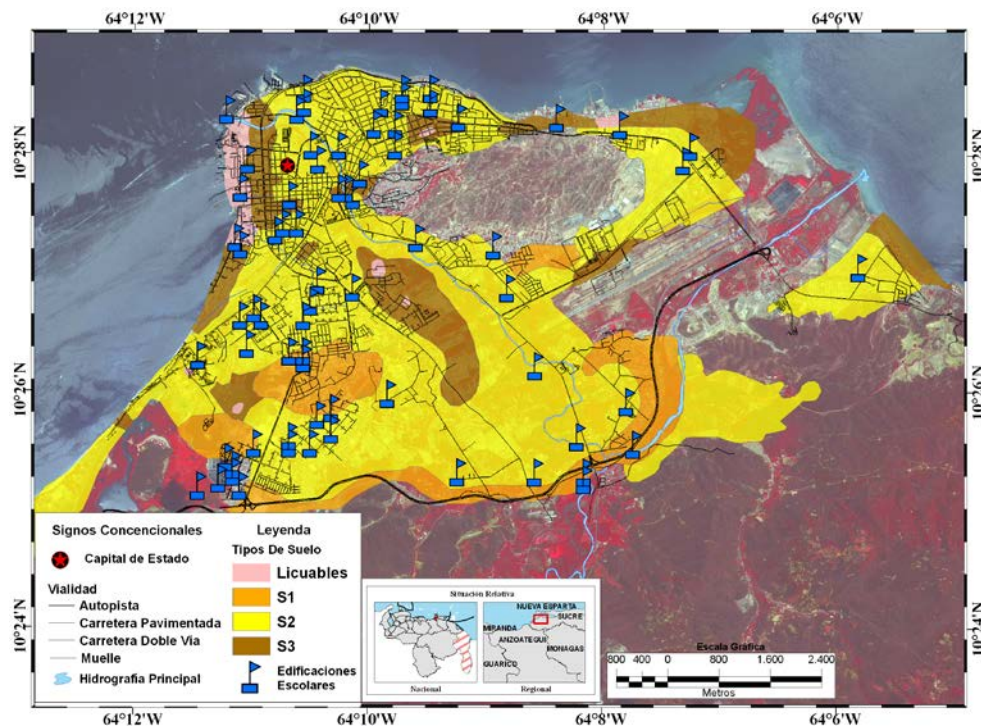


**Figura 1.16. Norma de construcción y número de pisos en escuelas del Estado Sucre.**

Respecto a la época constructiva se puede deducir que un poco más de la mitad (55,5%) de las edificaciones fueron construidas antes de 1982 con normas significativamente menos exigentes que las posteriores a esa fecha y un 19,5% de estas antes de 1967 con las normas del MOP de los años 1939, 1947 y 1955, siendo probablemente estas últimas las más vulnerables. Se puede acotar que luego del terremoto de Cariaco de 1997 se construyeron un 16,5% de las escuelas, cantidad bien importante debido al proceso de recuperación de la planta física escolar de este Estado.

### 1.6.3.- Inventario de Escuelas de la Ciudad de Cumaná

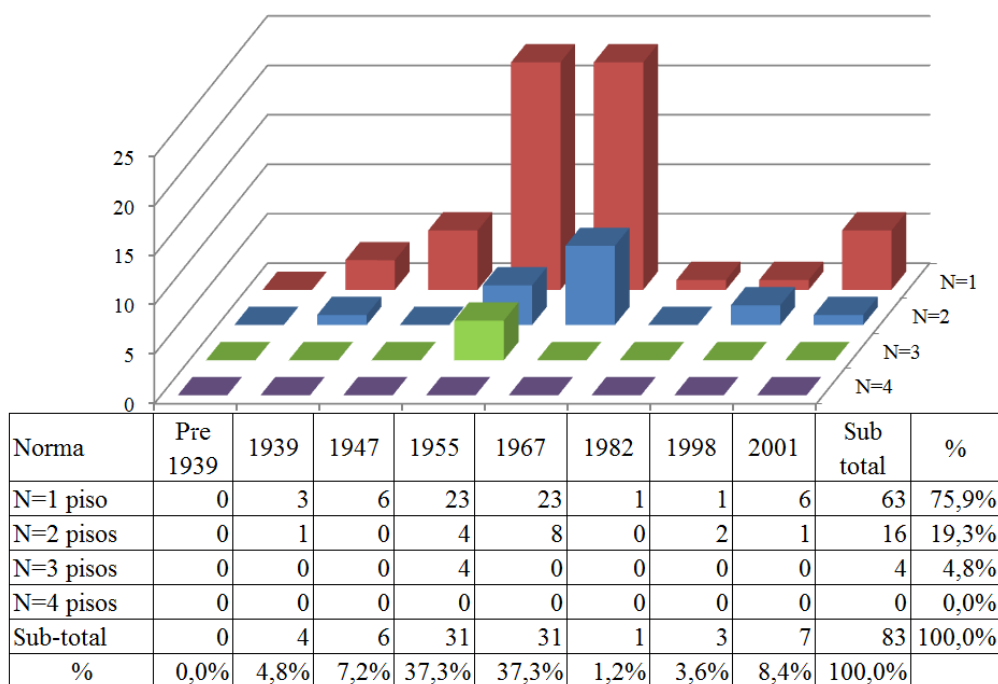
Se decidió realizar un inventario particular de las escuelas de la Ciudad de Cumaná debido a que para esta Ciudad se cuenta con el mapa de tipos de suelos (Grases et al., 2005), el cual fue digitalizado e incorporado al SIG. En la Figura 1.17 se indica la distribución espacial de las 83 escuelas y la información recopilada en el inventario.



**Figura 1.17. Distribución espacial de la muestra de 83 escuelas en la ciudad de Cumaná.**

En la Figura 1.18 se muestra la estadística correspondiente al inventario de la Ciudad de Cumaná. La distribución porcentual indica que tal como en el resto del Estado Sucre la mayor cantidad de escuelas son de un solo piso, pero en este caso representan el 75,9% siendo menor la proporción respecto al Estado. Luego un 19,3% representado por 16 escuelas son de 2 pisos, mientras sólo 4 escuelas (4,8%) son de tres pisos.

Respecto a la norma de diseño o al año de construcción se nota que un 86,7% fueron construidas antes de 1982 y cerca de la mitad (49,4%) antes de 1967, por lo que se puede esperar altos niveles de vulnerabilidad sísmica y de riesgo debido a su cercanía a la falla del Pilar. El 12% de las escuelas de la muestra fue construido posterior al año 1998, mientras que entre 1982 y 1998 sólo se registró un 1,2%.



**Figura 1.18. Norma de construcción y número de pisos en 83 escuelas de Cumaná.**

#### 1.6.4.- Inventario de Escuelas del Área Metropolitana de Caracas

En este inventario se ha recopilado la información de una muestra de 569 edificios escolares del Área Metropolitana de Caracas (AMC) localizada en los Municipios Libertador (Distrito Capital), Chacao, Baruta, Sucre y el Hatillo (Estado Miranda).

En el REN 2007-2008 se registraron dentro del AMC 1.437 planteles educativos pertenecientes al Municipio Bolivariano Libertador del Distrito Capital, mientras que en los Municipios correspondientes al Estado Bolivariano de Miranda se registraron 60 planteles en Chacao, 174 en Baruta, 327 en Sucre y 30 en El Hatillo. En total 2.028 planteles se registraron en el AMC de los cuales 1.969 se encuentran georeferenciados y en la Figura 1.19 se muestra su distribución espacial. Probablemente muchos de ellos correspondan a planteles escolares que funcionan en un mismo edificio, como es el caso de aquellos edificios escolares que albergan una escuela en la mañana y un liceo en la tarde, por lo que aún sigue siendo incierto el número de edificios destinado al uso escolar.

En la Figura 1.20 se muestra la distribución espacial de las 569 escuelas inventariadas las cuales representan una edificación por cada centro escolar, independientemente de que puedan funcionar más de un plantel. De ellas se conoce el número de pisos, el año de construcción, la tipología constructiva, su ubicación geográfica e información general sobre la educación que allí se imparte.



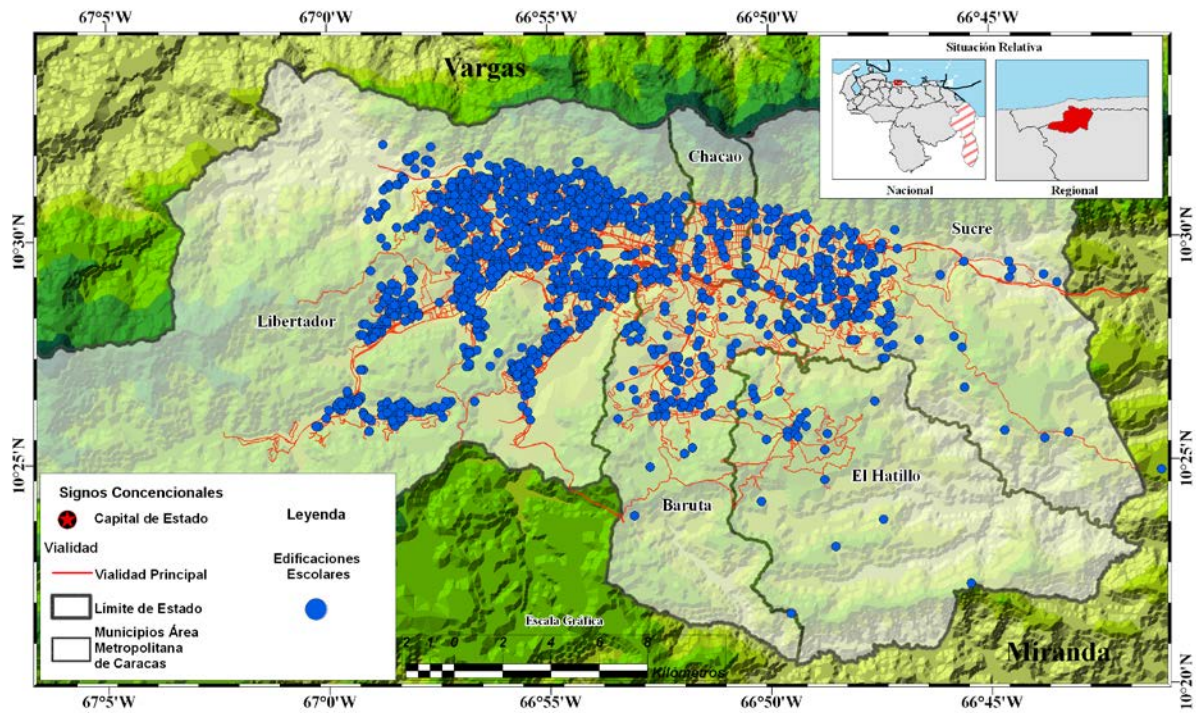


Figura 1.19. Distribución espacial de 1.969 planteles escolares del AMC.

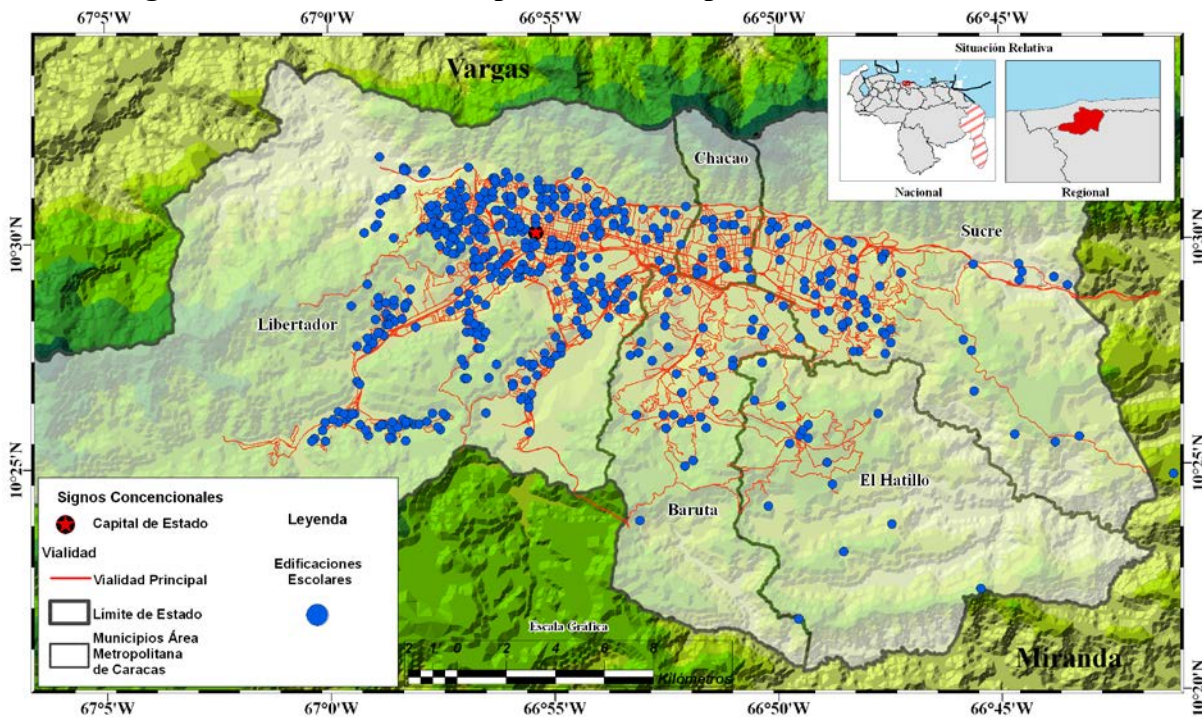
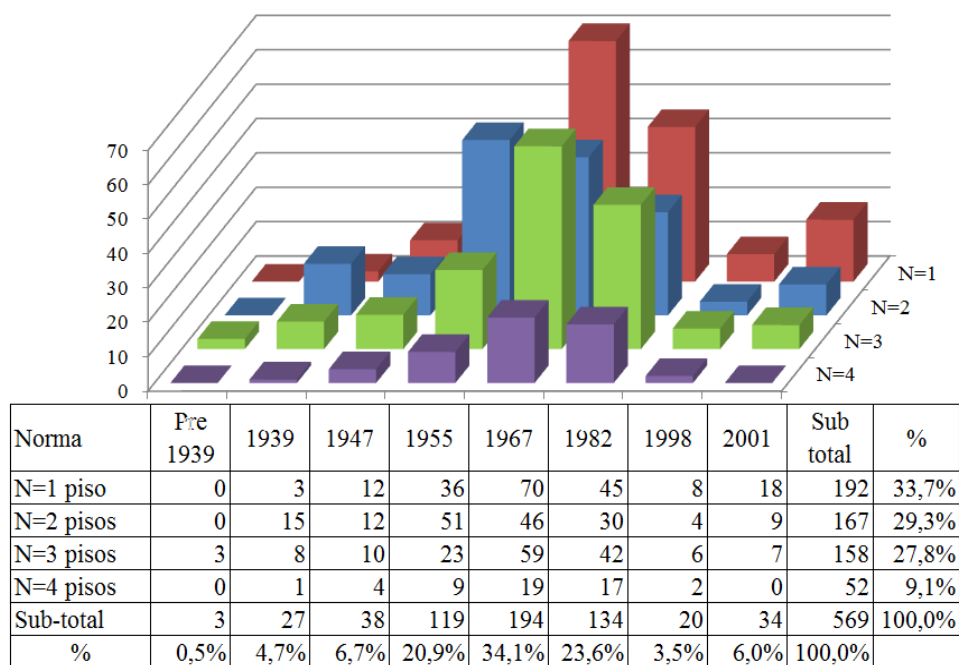


Figura 1.20. Distribución espacial de una muestra de 569 escuelas en el AMC.

En la Figura 1.21 podemos ver la distribución porcentual de la muestra de 569 edificios de acuerdo al número de pisos y la norma de construcción. Se puede notar que para el caso del AMC existe una mayor presencia de edificios de 2, 3 y 4 pisos, esto se debe a la mayor densidad poblacional y urbana del AMC que ha conducido a densidades más altas que en otras

regiones del interior del país. La muestra de 569 edificios indica 192 escuelas de un piso para un 33,7%, 167 (29,3%) de dos pisos, 158 (27,8%) de tres pisos y 52 (9,1%) de cuatro pisos. Respecto a la época de construcción se nota que más de la mitad de las escuelas, el 66,9%, fueron construidas antes de 1982, mientras que el 32,8% de ellas fueron construidas con las normas más antiguas (MOP 1939, 1947 y 1955), revelando la presencia de un importante número de edificios antiguos, muy probablemente vulnerables. Sólo un 6% de las escuelas han sido construidas con la norma actual. Finalmente en el Anexo 1.8 se presenta un listado y mapas con la ubicación de las escuelas prioritarias del AMC.



**Figura 1.21. Distribución porcentual de la muestra de 569 escuelas en el Área Metropolitana de Caracas.**

#### 1.6.5.- Inventario de Edificios Escolares de Venezuela

El inventario de edificios escolares de toda Venezuela cuenta con la información general del plantel, ubicación geográfica e información básica del edificio (número de pisos, año de construcción y tipología) necesaria para caracterizar su nivel de vulnerabilidad y riesgo sísmico; este inventario nace del cruce de información de las diferentes bases de datos. Del REN 2007-2008 se logró seleccionar 16.921 edificios de 28.876 planteles registrados en todo el país. Por otro lado se contó con las 19.792 ubicaciones geográficas de planteles educativos provenientes de FEDE. En total este inventario de escuelas de Venezuela consta de una muestra de 10.730 edificios escolares con la información descrita. Este proceso se resume en la Figura 1.22 en la cual se muestra y compara gráficamente por cada Estado la información disponible para desarrollar el inventario.

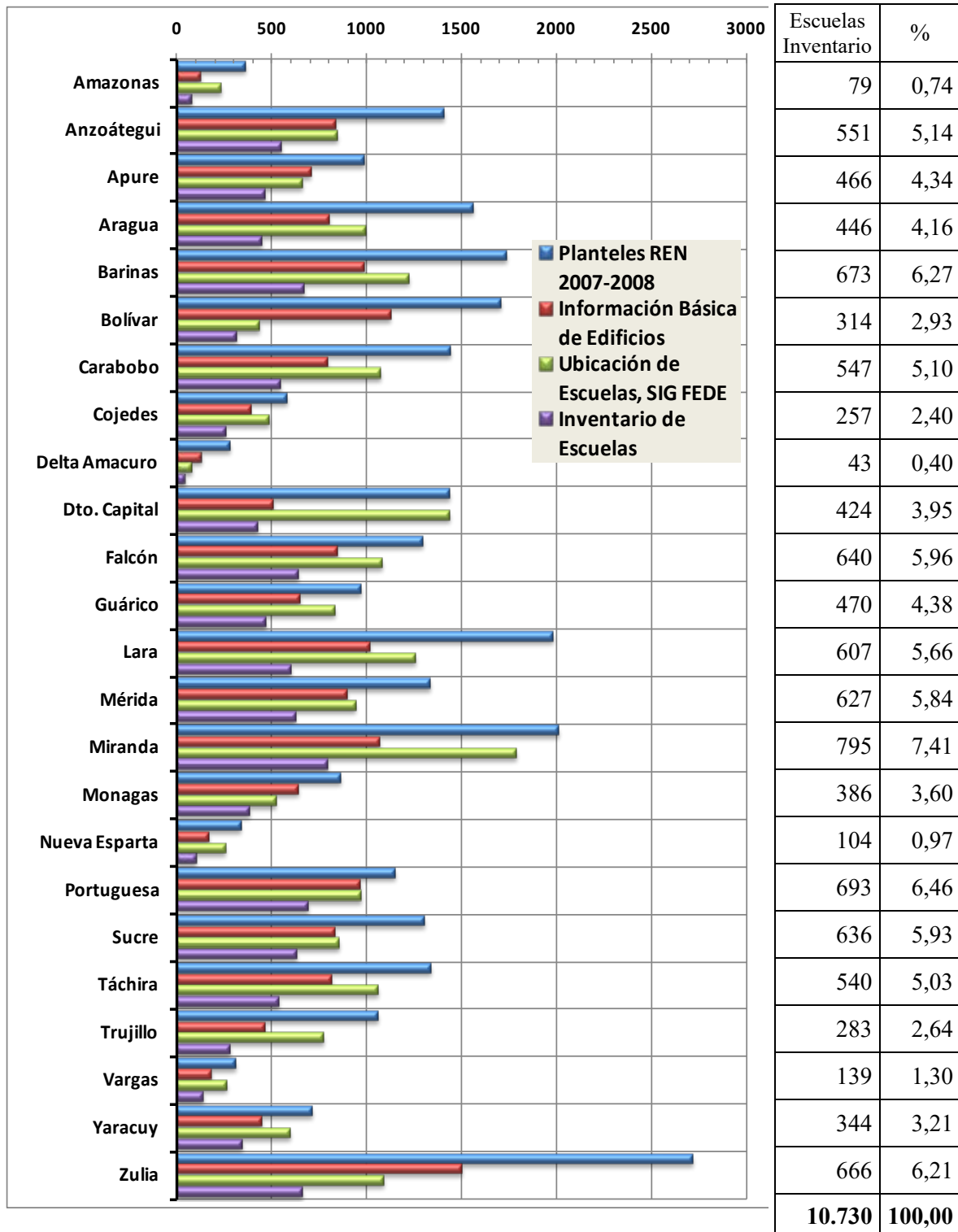
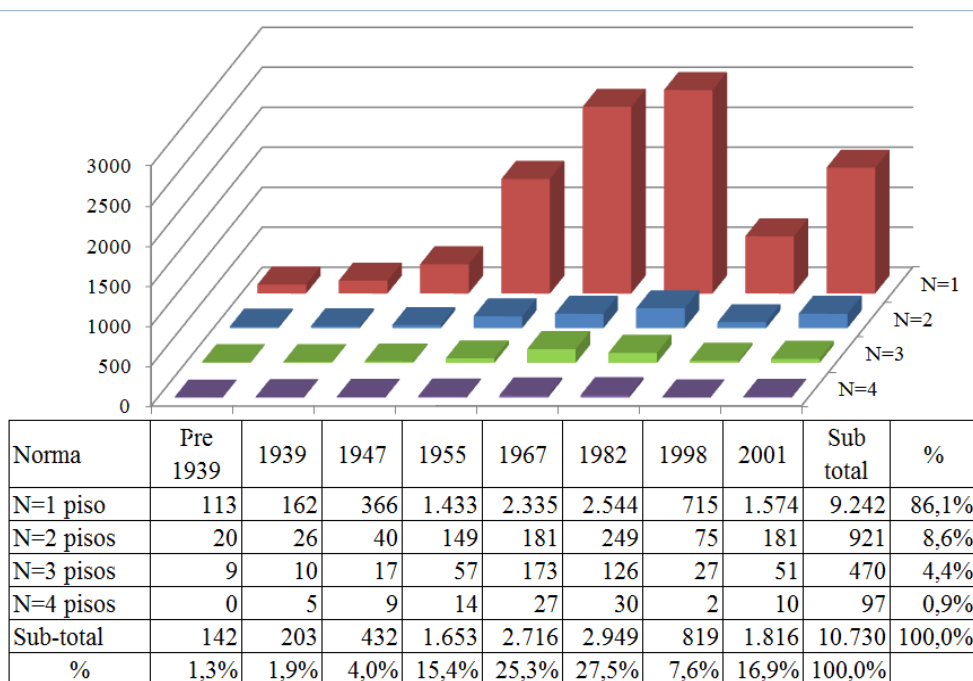


Figura 1.22. Distribución porcentual de la muestra inventariada de 10.730 escuelas en la República Bolivariana de Venezuela.



En la Figura 1.22 se discrimina la cantidad de planteles registrados en el REN 2007-2008, los edificios escolares con información básica, los planteles escolares ubicados geográficamente y finalmente la cantidad de escuelas inventariadas producto del cruce de la información anterior. Este inventario representa una muestra bastante representativa de las edificaciones escolares de Venezuela. Recordamos que de los 28.876 planteles registrados aún desconocemos cuantos edificios escolares representa, sin embargo podemos decir que los 10.730 edificios inventariados representan el 37,2% de los planteles registrados, 63,4% de los edificios escolares de los cuales conocemos información básica y 54,2 % de los edificios geográficamente ubicados. En algunos Estados se logró obtener más información que en otros, en el Estado Delta Amacuro es el que menos información se obtuvo con un 15,4% respecto al total de planteles del REN, mientras que en el Estado Portuguesa se obtuvo el 60,4% siendo el Estado donde se recopiló mayor información. En el Anexo 1.5 se presenta la distribución geográfica y porcentual en un reporte por Estado para el caso de Sucre, Anzoátegui, Aragua, Carabobo, Mérida, Lara, Zulia, Miranda y Distrito Capital.

A partir del inventario de Venezuela se desarrolló la estadística mostrada en la Figura 1.23 en la cual se muestra la distribución porcentual de acuerdo al número de pisos y el año de construcción. Se puede notar en la muestra de 10.730 escuelas que la gran mayoría (86,1%) de los edificios escolares inventariados son de un sólo piso, mientras el 8,6% presentan 2 pisos, el 4,4% tres y sólo el 0,9% son de cuatro pisos. Se puede resaltar particularmente la presencia de una importante cantidad de edificios de 3 y 4 pisos diseñados con las normas de 1967 y 1982 asociados probablemente al diseño y construcción de Cajetones. En la muestra de 10.730 fueron identificados 200 edificios con esta tipología constructiva.



**Figura 1.23. Distribución porcentual de la muestra inventariada de 10.730 escuelas en la República Bolivariana de Venezuela.**

Se puede observar en la muestra sólo el 1,3% de los edificios escolares fueron construidos antes de 1939 y son predominantemente de un piso, probablemente edificaciones que en algún momento fueron residenciales y que hoy son de uso escolar. El 22,6% de la muestra corresponde a edificios antiguos anteriores a 1967 mientras que entre 1967 y 1982 se construyó un 25,3% siendo casi la mitad de la muestra de escuelas (48,0%) anteriores a 1982 construidos y diseñados con normas menos exigentes que las actuales lo que nos da una perspectiva general de la capacidad sismorresistente que puede tener la planta física escolar. Finalmente se puede decir que un poco más de la mitad de las edificaciones construidas antes de 1982 se encuentran en las zonas de mayor amenaza sísmica (5, 6 y 7), representando el 24,9% de la muestra, de las cuales 5,3% tienen más de dos pisos, estas edificaciones deben ser inspeccionadas y evaluadas con más detalle porque en general son las más susceptibles a la amenaza de los terremotos.

### **1.7.- Conclusiones y Recomendaciones**

1.7.1.- Se logró incorporar en el Censo Escolar Nacional 2006-2007 y en el Registro Escolar Nacional 2007-2008 varias preguntas dirigidas a conseguir información sobre las características estructurales básicas que condicionan el desempeño sísmico de las edificaciones escolares. En este último se registraron 28.876 planteles educativos en todo el país, pero sólo una fracción de estos respondió las preguntas relativas a este proyecto.

1.7.2.- Se desarrolló un sistema de información geográfica (SIG) a fin de manejar el inventario de edificios escolares dentro de escenarios sísmicos prefijados. Para ello se recopilaron y digitalizaron los mapas de zonificación sísmica de todas las normas usadas en el país desde el año de 1947 y los mapas de caracterización de los suelos de las ciudades de Cumaná y de Caracas, entre otros mapas temáticos de interés. Se desarrolló una herramienta para la estimación de daños, pérdidas y niveles de riesgo sísmico dentro del SIG. El programa está compuesto por varios módulos, uno para estimar la amenaza de forma determinística, otro para la caracterización de la vulnerabilidad y otro para la estimación de consecuencias (daños, pérdidas y niveles de riesgo sísmico).

1.7.3.- Se incorporaron dentro del sistema de información geográfica un total de 19.972 edificios escolares, a partir de la información recopilada por FEDE. Esta base de datos no incluye información sobre el año de construcción ni el tipo constructivo. De éstos un 49,5% se encuentran en zonas de elevada amenaza sísmica, un 41,1% en zonas de amenaza intermedia y un 9,4% en zonas de baja amenaza.

1.7.4.- Se desarrolló una base de datos de edificios escolares que incorpora información del año de construcción y del tipo constructivo, la cual cuenta con 16.921 edificios. Esta base de datos que proviene fundamentalmente del censo 2007-2008 no proporciona coordenadas geográficas para la ubicación precisa de las escuelas. De allí se concluye que aproximadamente un 46% de los edificios fueron construidos antes del año 1982, con normas y requerimientos sismorresistentes bastante menos exigentes que los incluidos en las normas modernas. Adicionalmente, aproximadamente un 21% del total fueron construidos antes de 1967, año en donde hubo un cambio importante de norma motivado por el sismo de ese año en Caracas, estando éstos en una situación todavía más desfavorable que los construidos en el período posterior 1967-1982.

1.7.5.- Se elaboró un inventario de los edificios escolares del país en los cuales se posee la información más completa: ubicación y coordenadas geográficas, año de construcción, tipo constructivo y número de pisos. Este inventario cuenta con 10.730 edificios, de los cuales un 25% son edificios construidos antes de 1982 y que están ubicados en las zonas de mayor amenaza sísmica del país.

1.7.6.- Se identificaron un total de 104 edificios similares a la Escuela Valentín Valiente derrumbada en el sismo de Cariaco de 1997, de las cuales 42 están en zonas de elevada amenaza sísmica, y 334 edificios similares al Liceo Raimundo Centeno también derrumbado en Cariaco, de los cuales 205 están en zonas de elevada amenaza. Para estos edificios se recomienda su pronta evaluación detallada y de ser requerido el desarrollo de un proyecto de refuerzo sismorresistente y su adecuada ejecución.

1.7.7.- Aún cuando se ha logrado recopilar en el inventario la información de un número significativo de edificios, éstos muy probablemente no representan más de la mitad de los edificios escolares que conforman la planta física nacional. Se hace necesario en consecuencia asegurar que en las futuras emisiones del registro escolar nacional que realice el Ministerio del Poder Popular para la Educación se mantengan las preguntas relativas a las características sismorresistentes de los edificios y se establezcan los mecanismos necesarios a fin de asegurar la respuesta y recopilación de la información. Igualmente es necesario la generación de una codificación que permita identificar cada edificio escolar independientemente de los planteles educativos que allí funcionen, esto permitiría realizar evaluaciones más confiables y precisas.

1.7.8.- Se recomienda inspeccionar las edificaciones críticas identificadas como tipologías Antiguo I, Antiguo II y Cajetón a fin de continuar alimentando este inventario. En el Capítulo 3 de este informe se describen las inspecciones hechas a una muestra de estas escuelas.

## 1.8.- Referencias

- Alonso J. L. y Figuera F. (1997). *Evaluación Estructural de Centros Educativos Dañados Durante el Terremoto de Cariaco del 9 de Julio de 1997 Estado Sucre*. Informe Técnico Vol. I y II realizado para FEDE, Caracas, Septiembre de 1997.
- Bonilla R., López O. A., Castilla E., Torres R., Marinilli A., Annicchiarico W., Garcés F., Maldonado Z. (2000). *El Terremoto de Cariaco del 9 de julio de 1997*. BT IMME V. 38, 2, p 1-50.
- Coronel D. G., López O. A., Betancourt N. y Báez S. V. (2010b). *RiSEV: un Sistema para la Evaluación de Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela Basado en SIG*. I Congreso Venezolano de Sistemas de Información Geográfica (COVESIG), Mérida, Venezuela.
- Coronel D. Gustavo (2011). *Estimación de Daños y Pérdidas en Escenarios Regionales: Aplicación a Edificios Escolares de Venezuela*. Trabajo de Grado de Maestría en Ingeniería Sismorresistente. Facultad de Ingeniería de la UCV. (Tutor: O. A. López).
- Coronel D. Gustavo, López Oscar A. y Betancourt Nelson (2010a). *Desarrollo de una Herramienta Basada en SIG para la Evaluación de Daños y Pérdidas Debidos a Terremotos en Edificios Escolares de Venezuela*. Presentado y publicado en las memorias

- del IX *International Congress on Numerical Methods in Engineering and Applied Sciences* (CIMENICS 2010), 22-24 marzo, 2010. Mérida, Venezuela.
- COVENIN (1982). *Norma Venezolana; Edificaciones Antisísmicas*. Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN 1756-87. Caracas, Venezuela.
  - COVENIN (2001). *Edificaciones Sismorresistentes*. Norma COVENIN 1756:01. Caracas, Venezuela.
  - De Santis, Feliciano (1997). *Requerimientos de Estudios Geotécnicos en Algunos Planteles Del Estado Sucre Afectados por el Sismo de Cariaco del 9 de julio de 1997*. Informe preliminar realizado para FEDE, septiembre de 1997.
  - ESRI (2008). *Sistema de Información Geográfica, ArcGIS 9.2, versión académica*. Environmental Systems Research Institute (ESRI). <http://www.esri.com/>.
  - FEDE (1997). *Evaluación de los Centros Educativos del Edo. Sucre Reporte de Fallas por Plantel*. Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE), Caracas 19 de agosto de 1997.
  - FEDE (1998). *FEDE ante la Emergencia del Estado Sucre*. Síntesis Informativa – Segunda Época N° 19, Enero-Marzo de 1998.
  - FEMA-NIBS (2009). *Multi-hazard Loss Estimation Methodology Earthquake Model HAZUS-MH MR4, Advance Engineering Building Module, Technical and User's Manual*. Federal Emergency Management Agency (FEMA) and National Institute of Building Sciences (NIBS). Washington D.C.
  - Grases J., Malaver A., Montes L., Gonzales M., Herrera C., Acosta L., Lugo M., Madriz J., Hernández J. y Vargas R. (2004). *Amenazas Naturales y Vulnerabilidad en Cumaná*. Boletín Técnico IMME, Vol. 42, N. 3, pp 57-80.
  - Grases José., Oscar A. López y Julio J. Hernández (1987). *Edificaciones sismorresistentes, manual de aplicación de la norma*. Fundación “Juan José Aguerrevere”, Fondo Editorial del Colegio de Ingenieros de Venezuela. 2° edición, 270 p.
  - López O. A., Marinilli A., Bonilla R., Fernández N., Domínguez J., Coronel D. G., Baloa T. y Vielma R. (2010). *Evaluación Sismorresistente de Edificios Escolares en Venezuela*. Rev. Fac. de Ing. de la UCV, Vol. 25, No. 4, 2010.
  - Marinilli A., Fernández N., López O. A. y Coronel D. G. (2010). *Seismic Inspection of School Buildings in Venezuela*. 9th U.S. National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering (9USN/10CCEE). July 25-29, Toronto, Canadá.
  - MOP (1939). *Norma para el Cálculo de Edificios*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios. Caracas, Venezuela.
  - MOP (1947). *Norma para el Cálculo de Edificios*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios e Instalaciones Industriales. Caracas, Venezuela.
  - MOP (1955). *Norma para el Cálculo de Edificios*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios e Instalaciones Industriales. Caracas, Venezuela.

- MOP (1967). *Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios. Caracas, Venezuela.
- SIGEDUN (2007). *Sistema de Gestión Educativa Nacional*. Dirección General de Administración y Servicios, Dirección de Tecnología y Sistemas. Ministerio del Poder Popular para la Educación.
- SINACOES (2008). *Sistema Nacional de Control de Estudio*. Anteriormente llamado SIGEDUN. Ministerio del Poder Popular para la Educación. <http://planteles.me.gob.ve/>.



## **Anexo 1.1**

Carta remitida a las Coordinaciones Estadales de FEDE

Caracas 19 de septiembre de 2006

Estimado Ing. \_\_\_\_\_

Coordinación \_\_\_\_\_

Por medio de la presente tengo el agrado de dirigirme a usted en relación a la solicitud hecha por la Presidencia de FEDE en su Comunicación No 06-0617 del 16 de mayo pasado, en la cual se le solicita información esencial para el Proyecto IMME (UCV)-FUNVISIS-FEDE que adelantan nuestras instituciones de manera conjunta y que tengo la responsabilidad de coordinar.

Dicho Proyecto tiene como finalidad reducir los riesgos sísmicos en las edificaciones escolares del país, a fin de evitar la repetición de la tragedia de Cariaco cuando en 1997 se derrumbaron cuatro edificios en la Escuela Valentín Valiente y en el Liceo Raimundo Martínez Centeno. Como es de su conocimiento, los edificios caídos en Cariaco son sistemas constructivos que se hallan distribuidos en todo el país. El objetivo de la solicitud es averiguar dónde están los edificios escolares que son idénticos o similares a los que se derrumbaron en Cariaco. La importancia de la solicitud radica en que los estudios que hemos efectuado indican que esos sistemas estructurales son altamente vulnerables, aún ante sismos de moderada intensidad; de allí que localizarlos es estrictamente necesario para luego proceder a tomar las medidas de refuerzo estructural.

Es por ello que me he tomado la libertad de escribirle a usted directamente, ya que por vía electrónica creemos que pudiéramos agilizar la captación de dicha información. En el archivo anexo *Fotos.doc* se muestra una foto de cada uno de los tres Sistemas Constructivos que estamos localizando: El primero es el ANTIGUO I, al cual pertenece la Escuela Valentín Valiente derrumbada en Cariaco, sistema construido en la década de 1950. El segundo es el ANTIGUO II, también construido en la década de los 50. El tercero es el CAJETÓN MINDUR, al cual pertenece el Liceo Raimundo Martínez Centeno derrumbado en Cariaco. El CAJETÓN MINDUR se caracteriza por el patio interior, y presenta varias variantes; unos constan de un único cuerpo cuya planta es en forma de 0 como el de la fotografía, pero otros tienen una junta de construcción que separa dos cuerpos en forma de C. A otros se les ha añadido un techo liviano para tapar el patio interior.

Mucho le agradecemos nos suministre un listado con el nombre y la dirección de aquellos planteles que poseen estos sistemas constructivos. Agradeciendo de antemano su muy gentil atención a esta comunicación, que nos permitirá tomar las medidas necesarias a fin de garantizar la seguridad de nuestra población escolar,

Muy atentamente,

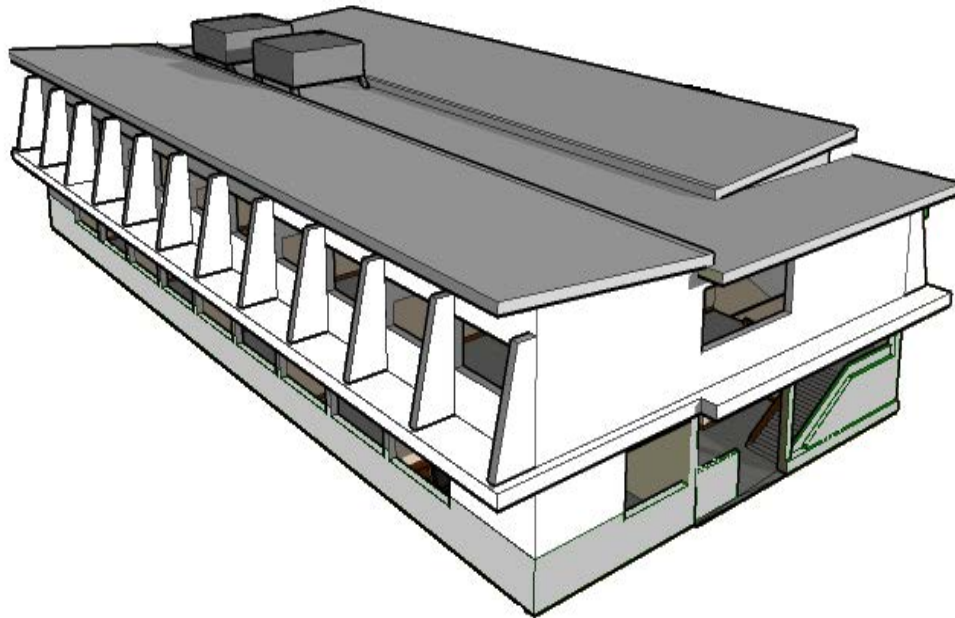
\_\_\_\_\_  
Prof. Oscar A. López

Coordinador Proyecto IMME-FUNVISIS-FEDE

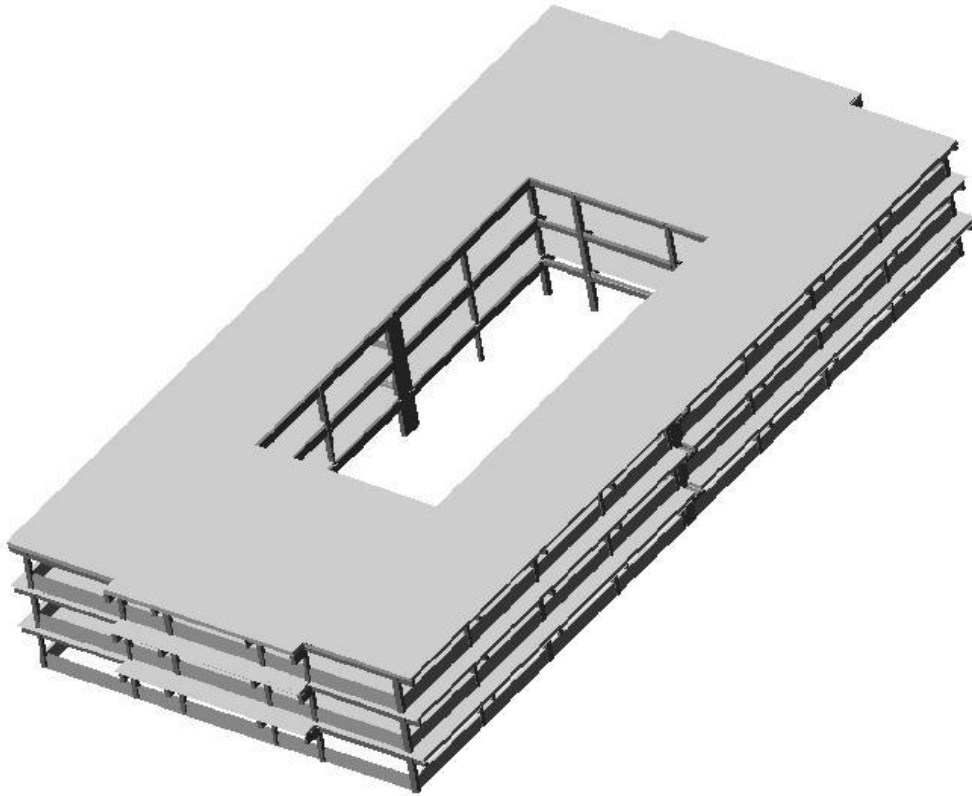
## Reducción de Riesgos Sísmicos en Edificaciones Escolares



**Figura A.1.1.1 Sistema Constructivo Antiguo I.**



**Figura A.1.1.2 Sistema constructivo Antiguo II.**



**Figura A.1.1.3 Sistema Constructivo Cajetón MINDUR.**

## **Anexo 1.2**

Planillas del Censo Escolar Nacional 2006-2007



República Bolivariana de Venezuela  
Ministerio de Educación y Deportes  
Viceministerio de Asuntos Educativos  
División de Estadísticas, Informática y Sistemas



CENSO ESCOLAR NACIONAL 2006 - 2007  
REGISTRO DE PLANTEL

CEN-RDPL-ON0607

<b>1. DATOS DEL PLANTEL</b>																																											
Cod. DEA: _____			Nombre del Plantel: _____																																								
Distrito o Municipio Escolar N°: _____				Estado: _____				Municipio: _____																																			
Parroquia: _____						Localidad: _____																																					
Telefax: _____			E-Mail: _____			Dirección del Plantel: _____																																					
Niveles y/o Modalidades: _____																																											
<b>1.1. ESTATUS DEL PLANTEL</b>						<b>1.2 TURNO</b>																																					
Activado <input type="checkbox"/>		Cerrado <input type="checkbox"/>		Inactivo <input type="checkbox"/>		Mañana <input type="checkbox"/>		Tarde <input type="checkbox"/>		Corrido <input type="checkbox"/>		Noche <input type="checkbox"/>																															
<b>1.3 CLASE DE PLANTEL:</b>						<b>1.4 NUCLEO ESCOLAR RURAL (N.E.R.)</b>																																					
Graduado <input type="checkbox"/>		Unitario <input type="checkbox"/>		Concentrado <input type="checkbox"/>		Granja <input type="checkbox"/>		SI <input type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>		N° _____																															
<b>1.5 UBICACION GEOGRAFICA</b>																																											
Urbano <input type="checkbox"/>		Rural <input type="checkbox"/>		Marginal <input type="checkbox"/>		Fronterizo <input type="checkbox"/>		Indígena <input type="checkbox"/>		Población Indígena: _____																																	
<b>1.6 COORDENADAS GEOGRAFICAS</b>																																											
Latitud: _____						Longitud: _____			Altitud: _____																																		
<b>2. DEPENDENCIA</b>																																											
Nacional <input type="checkbox"/>		Estadal <input type="checkbox"/>		Municipal <input type="checkbox"/>		Autónoma <input type="checkbox"/>		Privado <input type="checkbox"/>		Subv. por MED <input type="checkbox"/>		Subv. Oficial <input type="checkbox"/>																															
<b>3. OTRO PLANTEL QUE UTILIZA LA MISMA PLANTA FISICA</b>																																											
SI <input type="checkbox"/>		Código DEA: _____			Nombre del Plantel: _____																																						
NO <input type="checkbox"/>		Código DEA: _____			Nombre del Plantel: _____																																						
<b>4. TENENCIA</b>																																											
Propia <input type="checkbox"/>		Alquilada <input type="checkbox"/>		En Desalojo <input type="checkbox"/>		Cedida <input type="checkbox"/>		Hipoteca <input type="checkbox"/>		En Comodato <input type="checkbox"/>																																	
<b>5. CATEGORIA DE SERVICIO</b>				<b>6. PROYECTOS EDUCATIVOS BOLIVARIANOS QUE FUNCIONAN EN EL PLANTEL</b>																																							
Civil <input type="checkbox"/>		Religioso <input type="checkbox"/>		Simoncito <input type="checkbox"/>		Preescolar Boliv. <input type="checkbox"/>		Esc. Boliv. <input type="checkbox"/>		Liceo Boliv. <input type="checkbox"/>		E.T. Robinsoniana <input type="checkbox"/>		Misión Robinson <input type="checkbox"/>																													
Militar <input type="checkbox"/>		Militarizado <input type="checkbox"/>		Misión Ribas <input type="checkbox"/>		Aldea Universitaria <input type="checkbox"/>		Plan Emergente Educativo Bolivariano <input type="checkbox"/>		Ninguno <input type="checkbox"/>																																	
<b>7. SERVICIOS DE APOYO A PROGRAMAS</b>				<b>7.1 P.D. ENDOGENO</b>				<b>8. MATRICULA BENEFICIADA</b>																																			
Programa no Convencional <input type="checkbox"/>		Comedor Escolar <input type="checkbox"/>		Transporte Escolar <input type="checkbox"/>		Asistencia Médica <input type="checkbox"/>		Becas Escolares <input type="checkbox"/>		Aula Integrada <input type="checkbox"/>		Asist. Odontológica <input type="checkbox"/>		Unidad Psicopedagógica Estudiantil (UPE) <input type="checkbox"/>																													
PAE <input type="checkbox"/>		Utiles Escolares <input type="checkbox"/>		Biblioteca <input type="checkbox"/>		CBIT <input type="checkbox"/>		Centro Electoral <input type="checkbox"/>		Ctro.Gestión Com. <input type="checkbox"/>		Superaulas <input type="checkbox"/>		Agropecuario <input type="checkbox"/>		Administrativo Docente <input type="checkbox"/>		Comunidad Escolar <input type="checkbox"/>		Artesania <input type="checkbox"/>		Otros: _____																					
								Becas Escolares _____				Prog. Alimentación Escolar (PAE) _____				Proyecto de Desarrollo Endógeno _____																											
<b>9. OFICINAS EXISTENTES</b>						<b>10. ESPACIOS FISICOS</b>																																					
Dirección <input type="checkbox"/>		Subdirección <input type="checkbox"/>		Dpto. de Evaluación y/o Control de Estudio <input type="checkbox"/>		Seccional <input type="checkbox"/>		Espacio		SI		NO		Cant.		Cap.		Dotadas		Espacio		SI		NO		Cant.		Cap.		Dotadas													
								Aula												Comedor																							
								Laboratorio												Desarrollo Artístico																							
								Biblioteca												Baños																							
								Sala de Computación												Areas de Aseo																							
								Sala de Usos Múltiples												Cantina																							
								Taller Educación Laboral												Huerto Escolar																							
<b>11. CANTIDAD DE EQUIPOS E IMPLEMENTOS QUE POSEE EL PLANTEL</b>																																											
Equipos		SI		NO		Cant.		Operativo		Equipos		SI		NO		Cant.		Operativo		Equipos		SI		NO		Cant.		Operativo															
Televisor										Fotocopiadora										Filtro de Agua																							
Fax										Radio										Equipo de Sonido																							
Teléfono										Computadora										Cartelera																							
Video Beam										Impresora										Bebedero																							
VHS										Retro Proyector										Aire Acondicionado																							
DVD										Multigráfico										Otro: _____																							
<b>12. ESPACIOS DEPORTIVOS</b>				<b>13. SERVICIOS BASICOS</b>				<b>14. TIPOLOGIA DE CONSTRUCCION.</b>																																			
Area		Cant.		Funcionando		Pozo Séptico <input type="checkbox"/>		Aguas Servidas <input type="checkbox"/>		Cerca Perimetral <input type="checkbox"/>		Tanque de Agua <input type="checkbox"/>		Alumbrado <input type="checkbox"/>		Gas Natural Dir/Bom <input type="checkbox"/>		Aseo Urbano <input type="checkbox"/>		Aguas Blancas <input type="checkbox"/>		Sum.Eléctrico <input type="checkbox"/>		N° _____		N° _____		Construcción Especial <input type="checkbox"/>		Casa de Hab. Acondicionada <input type="checkbox"/>		Casa de Hab. sin Acondicionar <input type="checkbox"/>		Galpón <input type="checkbox"/>		Aula Ecológica <input type="checkbox"/>		Construcción Tipo R <input type="checkbox"/>		Const. Tipo R Modificado <input type="checkbox"/>		Otro: _____	
Fútbol																																											
Fútbololito																																											
Béisbol																																											
Basketball																																											
Voleibol																																											
Múltiple																																											
Piscina																																											
Gimnasio																																											
Otras																																											

15. MATRICULA POR GRADO Y/O AÑO DE ESTUDIO, SEXO Y SECCIONES DEL SISTEMA EDUCATIVO TRADICIONAL, BOLIVARIANO Y ROBINSONIANO																	
15.1 SISTEMA EDUCATIVO TRADICIONAL																	
Niveles	Educación Inicial				I Etapa de Educación Básica			II Etapa de Educación Básica			III Etapa de Educación Básica			Media Div. Profesional			TOTAL
	Maternal		Preescolar		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	1º	2º	3º	
	Conv.	No Conv.	Conv.	No Conv.													
Nº de Alumnos por Sexo	F																
	M																
Total por Grado/Año																	
Total por Niveles y Etapas																	
Nº de Secciones																	

15.2 SISTEMA EDUCATIVO BOLIVARIANO																	
Niveles	Educación Inicial Simoncitos/Preescolar Bol.				Escuela Bolivariana						Liceo Bolivariano						TOTAL
	Maternal		Inicial		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	1º	2º	3º	
	Conv.	No Conv.	Conv.	No Conv.													
Nº de Alumnos por Sexo	F																
	M																
Total por Grado/Año																	
Total por Niveles y Etapas																	
Nº de Secciones																	

15.3 SISTEMA EDUCATIVO BOLIVARIANO										15.4 RESUMEN DE MATRICULA TOTAL						
Niveles	Escuela Técnica Robinsoniana						TOTAL	Total Alumnos Plantel Sistema Tradicional								
	Básico Robinsoniano			Diversificado				Total Alumnos Plantel Sistema Bolivariano								
	1º	2º	3º	4º	5º	6º		Total Alumnos Plantel Técnica Robinsoniana								
Nº de Alumnos por Sexo	F															
	M															
Total por Año																
Total por Niveles y Etapas																
Nº de Secciones																

16. MISIONES BOLIVARIANAS									
Niveles	Misión Robinson			Misión Ribas			TOTAL		
	Nivel I	Nivel II	Total	Nivel I	Nivel II	Total			
Nº de Alumnos por Sexo	F								
	M								
TOTAL									

17. MATRICULA MODALIDAD DE ESPECIAL					18. MATRICULA DE MODALIDAD ADULTO					
Areas Atendidas	Sexo	Cant. Alumnos	Total por Area	Nº de Secciones	Sexo	Básica I 1 a 6 Semestre	Básica II 7 a 12 Semestre	Media Div. y Prof. 1 a 7 Semestre	Capacitación	TOTAL
Impedimento Físico	F				F					
	M				M					
Deficiencias Visuales	F									
	M									
Deficiencias Auditivas	F									
	M									
Dificultades de Aprendizaje	F									
	M									
Autismo	F									
	M									
Retardo Mental	F									
	M									
Educación y Trabajo (TEL)	F									
	M									
Prevención y Atención Integral Temprana	F									
	M									
Lenguaje (CRL)	F									
	M									
TOTAL POR SEXO	F									
	M									
TOTAL DE ALUMNOS Y SECCIONES										

19. PERSONAL			
Sexo	Docente	Administrativo	Obrero
F			
M			
TOTAL			

19.1 DETALLE DEL PERSONAL DOCENTE					
Sexo	Condición Académica	Titular	Contratado	Interino	TOTAL
F	Graduados				
	No Graduados				
M	Graduados				
	No Graduados				
TOTAL					

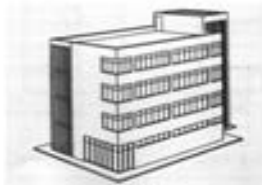
  

DATOS DEL DIRECTOR		DATOS DEL EMPADRONADOR	
Apellidos y Nombres:		Apellidos y Nombres:	
Nº de Cedula:		Nº de Cedula:	
Firma:		Firma:	

DATOS DEL COORDINADOR DE CAMPO	
Apellidos y Nombres:	
Nº de Cedula:	
Firma:	

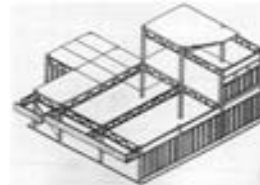
<b>20. NÚMERO DE EDIFICIOS</b>			
Número de edificios: _____			
<b>21. NÚMERO DE PISOS DE CADA EDIFICIO</b>			
Edificio 1: _____	Edificio 2: _____	Edificio 3: _____	Edificio 4: _____
Edificio 5: _____	Edificio 6: _____	Edificio 7: _____	Edificio 8: _____
<b>22. ESTIME EL AÑO DE CONSTRUCCIÓN DE CADA EDIFICIO</b>			
Edificio 1: _____	Edificio 2: _____	Edificio 3: _____	Edificio 4: _____
Edificio 5: _____	Edificio 6: _____	Edificio 7: _____	Edificio 8: _____
<b>23. TIPO DE CONSTRUCCIÓN DE CADA EDIFICIO</b>			
Edificio 1: _____	Edificio 2: _____	Edificio 3: _____	Edificio 4: _____
Edificio 5: _____	Edificio 6: _____	Edificio 7: _____	Edificio 8: _____



Tpo 1



Tpo 2



Tpo 3



Tpo 4

(Columnas y Vigas de Concreto)



Tpo 5

(Columnas y Vigas metálicas)



Tpo 6

(concreto, metal)



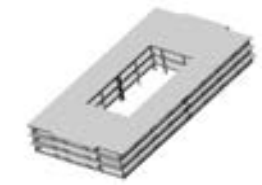
Tpo 7



Tpo 8



Tpo 9



Tpo 10



Tpo 11

(Parasoles)



Tpo 12

(Piso)



Tpo 13

(Piso modificado)


Tpo 14

(Otro)



## **Anexo 1.3**

Resumen de las Planillas del Registro Escolar Nacional 2007-2008



Ministerio del Poder Popular  
 para la Educación  
 DIRECCIÓN GENERAL DE LA OFICINA DE PLANIFICACIÓN Y ESTADÍSTICA  
 DIVISIÓN DE ESTADÍSTICA

REGISTRO ESCOLAR NACIONAL 2007 - 2008  
 REGISTRO DE PLANTEL / CENTRO / SERVICIO

<b>1.- IDENTIFICACIÓN DEL PLANTEL, CENTRO, SERVICIO O PLAN EMERGENTE BOLIVARIANO</b>	<b>2.- CLASIFICACIÓN DEL PLANTEL</b>
<b>1.1.- Datos del Plantel</b>	<b>2.1.- Condición del Plantel</b>
Nombre del Plantel: _____	<input type="checkbox"/> Activo <input type="checkbox"/> Inactivo <input type="checkbox"/> Eliminado
Entidad Federal: _____	<input type="checkbox"/> Cerrado <input type="checkbox"/> Femenino <input type="checkbox"/> Mixto
Municipio: _____	<b>2.2.- Tipo de Matriculación</b>
Localidad o Centro Poblado: _____	<input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Femenino
Distrito o Municipio Escolar al cual pertenece el Plantel, Centro o Servicio: Nombre: _____	<b>2.3.- Turno</b>
Documentos Legales: _____	<input type="checkbox"/> Mañana <input type="checkbox"/> Tarde <input type="checkbox"/> Nocturno
R.I.F.: _____	<b>2.4.- Clase de Plantel</b>
Fecha de Fundación del Plantel: Día: _____ Mes: _____ Año: _____	<input type="checkbox"/> Graduado <input type="checkbox"/> Concentrado <input type="checkbox"/> Integral <input type="checkbox"/> Granja
<b>1.2.- Dirección del Plantel</b>	<b>2.5.- Ubicación Geográfica</b>
Urbanización o Barrio: _____	<input type="checkbox"/> Urbano <input type="checkbox"/> Rural <input type="checkbox"/> Fronterizo <input type="checkbox"/> Insular <input type="checkbox"/> Indígena
Avenida o Calle: _____	Si el Plantel está ubicado en una zona indígena, escriba los pueblos y comunidades que atiende el Plantel: _____
Cruce con: _____	
entre: _____	
con: _____	
Edificio o Casa: _____	
Parcela o Sector: _____	
Correo Electrónico o E-Mail: _____	
Página WEB: _____	
Teléfono(1): _____	
Fax: _____	
Teléfono(2): _____	
	<b>2.6.- Núcleos de Escuelas Rurales (N.E.R.) o Indígenas (N.E.I.)</b>
	8.1.- El Plantel Perteneca a un: <input type="checkbox"/> N.E.R. <input type="checkbox"/> N.E.I. <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
	8.2.- ¿Es Sede del Núcleo Escolar? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
	8.3.- ¿Cuántos Planteles Coordina? _____
	N° del N.E.R./N.E.I.: _____ Nombre del N.E.R./N.E.I.: _____
	<b>2.7.- Coordenadas Geográficas</b>
	<b>2.8.- Dependencia</b>
Latitud: _____	<input type="checkbox"/> Nacional <input type="checkbox"/> Estatal o Distrital
Longitud: _____	<input type="checkbox"/> Municipal <input type="checkbox"/> Autonomía
Altitud: _____ ms.	<input type="checkbox"/> Privada <input type="checkbox"/> Privada Subv. Oficial
	<input type="checkbox"/> Privada Subv. MPPE
	<b>2.9.- Tenencia</b>
	<input type="checkbox"/> Alquilado <input type="checkbox"/> Propio
	<input type="checkbox"/> Hipotecado <input type="checkbox"/> En Comodato
	<input type="checkbox"/> Cedida <input type="checkbox"/> Otro, Especifique: _____
	<b>2.10.- ¿Se encuentra el plantel en condición de desahucio?</b>
	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
	<b>2.11.- Categoría del Servicio o Disciplina</b>
	<input type="checkbox"/> Militar <input type="checkbox"/> Militarizado
	<input type="checkbox"/> Civil <input type="checkbox"/> Religioso
	<b>3.- PROYECTO DE DESARROLLO ENÓGENO</b>
	Proyectos Vinculada: _____
	Matrícula Vinculada: _____
	Proyectos: _____
	<input type="checkbox"/> Huertos Escolares
	<input type="checkbox"/> Salud Integral
	<input type="checkbox"/> Rescate de la Infraestructura Escolar
	<input type="checkbox"/> Otros, Especifique: _____
	<input type="checkbox"/> Cooperativas

8- CARACTERÍSTICAS DEL PLANTEL / CENTRO / SERVICIO									
8.1- TENENCIA		8.3- CONDICIONES DE LA INFRAESTRUCTURA			8.4- TIPOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN		8.5- EDIFICIOS QUE CONFORMAN EL PLANTEL (CONSTRUIDOS ESPECIALMENTE)		
PROPIO <input type="checkbox"/>	ARRENDADO <input type="checkbox"/>	CEDIDO GRATIS <input type="checkbox"/>	EN COMODATO <input type="checkbox"/>	HIPOTECADA <input type="checkbox"/>	COMPARTIDA <input type="checkbox"/>	SITUACIÓN		TIPO DE CONSTRUCCIÓN	
8.2- ¿SE ENCUENTRA EL PLANTEL EN CONDICIONES DE DESALOJO? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>						DETALLE		CARACTERÍSTICAS	
						AULAS		NÚMERO CONSTRUCCIÓN	
						BAÑOS		EDIFIC. AÑO TIPO	
						CUBÍCULOS DE SERVICIOS		1	
						MARQUE CON UNA "X"		2	
						CERCA PERIMETRAL		3	
						PAREDES		4	
						PINTURAS		5	
						PISO		6	
						SISTEMA ELÉCTRICO		7	
						TECHO		8	

CÓDIGO DE ESTADÍSTICA	
CÓDIGO DE A	1-
CÓDIGO ADMINISTRATIVO	2-
POSEE CLAVE DE ACCESO A SIGEDUN	3- <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>

1- IDENTIFICACIÓN DEL PLANTEL / CENTRO / SERVICIO / PLAN EMERG. BOLIV.									
1.1- NOMBRE DEL PLANTEL / CENTRO / SERVICIO / PLAN EMERG. BOLIVARIANO		1.3- DISTRITO O MUNICIPIO ESCOLAR AL CUAL PERTENECE EL PLANTEL / CENTRO/ SERVICIO		NOMBRE:		NÚMERO:			
ENTIDAD FEDERAL		MUNICIPIO		PARROQUIA		NOMBRE:		NÚMERO:	
LO CALIDAD CENTRO POBLADO O COMUNIDAD INDIGENA:		DIRECCIÓN: URBANIZACIÓN, BARRIO O SECTOR		CALLE O AVENIDA		UN:			
CASA O EDIF		CÓD. ÁREA		TEL/FAX		NER <input type="checkbox"/> *NEI <input type="checkbox"/>			
CORREO ELECTRÓNICO:		NOMBRE:		NÚMERO:					
1.2- COORDENADAS GEOGRÁFICAS DEL PLANTEL / CENTRO / SERVICIO   1.5- AÑO DE FUNDACIÓN DEL PLANTEL									
LATITUD		°		' "		ALTITUD		MTS	
LONGITUD		°		' "					

## **Anexo 1.4**

### Planos Originales de Tipos Constructivos

### A 1.4- Planos de Tipos Constructivos

Se presentan a continuación imágenes de planos originales localizados dentro del proyecto, algunos suministrados por FEDE y otros más antiguos encontrados en la Biblioteca Nacional.

#### A 1.4.1- Planos Modulo de Barrio

##### A 1.4.1.1- Planos Modulo de Barrio (Antiguos)

Estos planos fueron suministrados por FEDE sin indicación del año en que se hicieron.

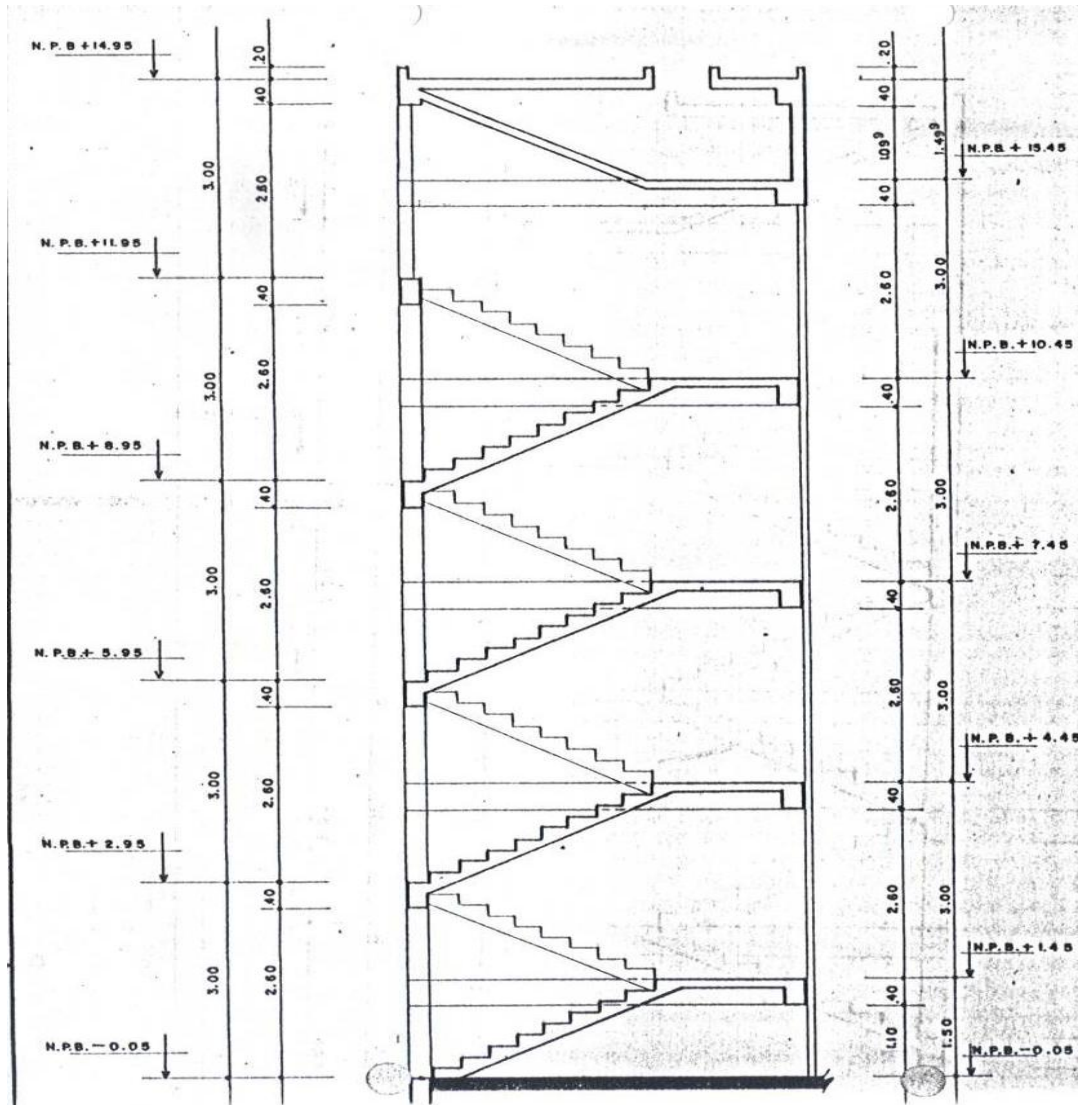


Figura A.1.4.1 Sección de escalera. Módulo de Barrio.



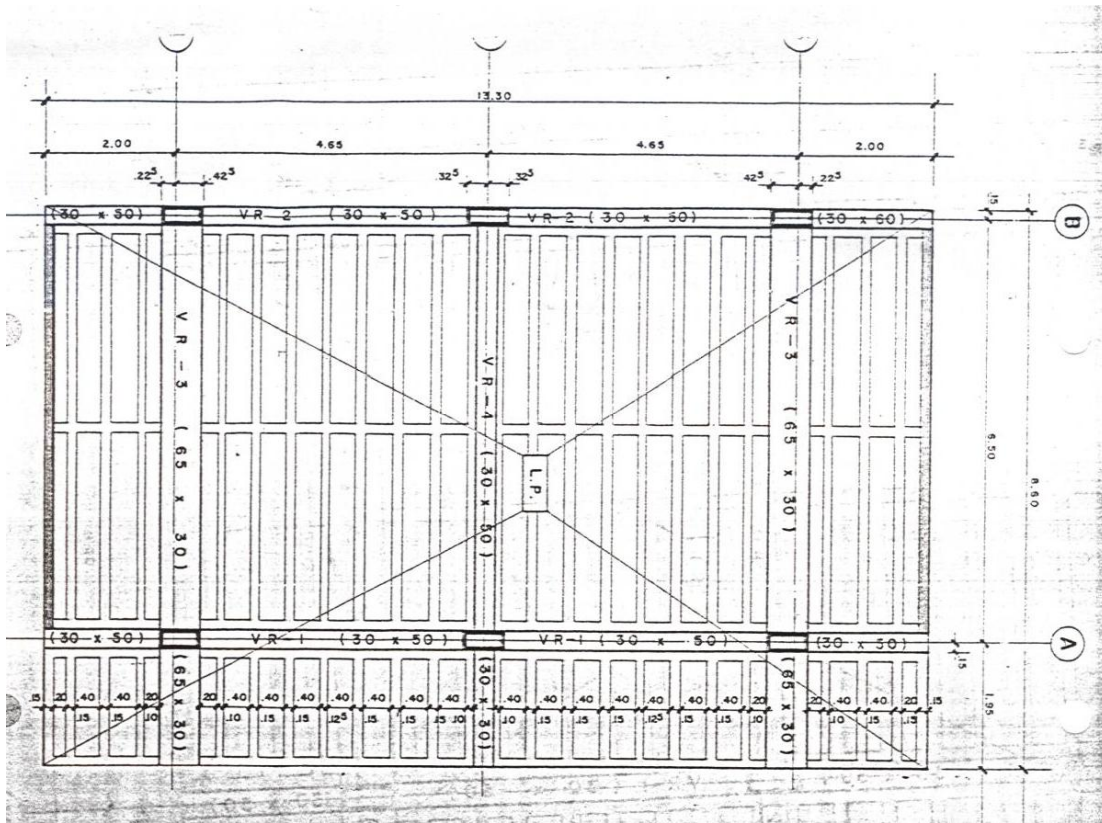


Figura A.1.4.2 Envidado losa piso. Modulo de Barrio.

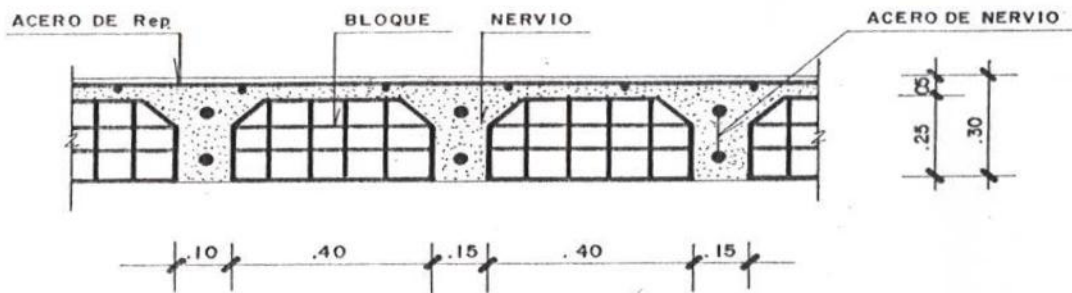


Figura A.1.4.3 Detalle típico de losa nervada. Modulo de Barrio.



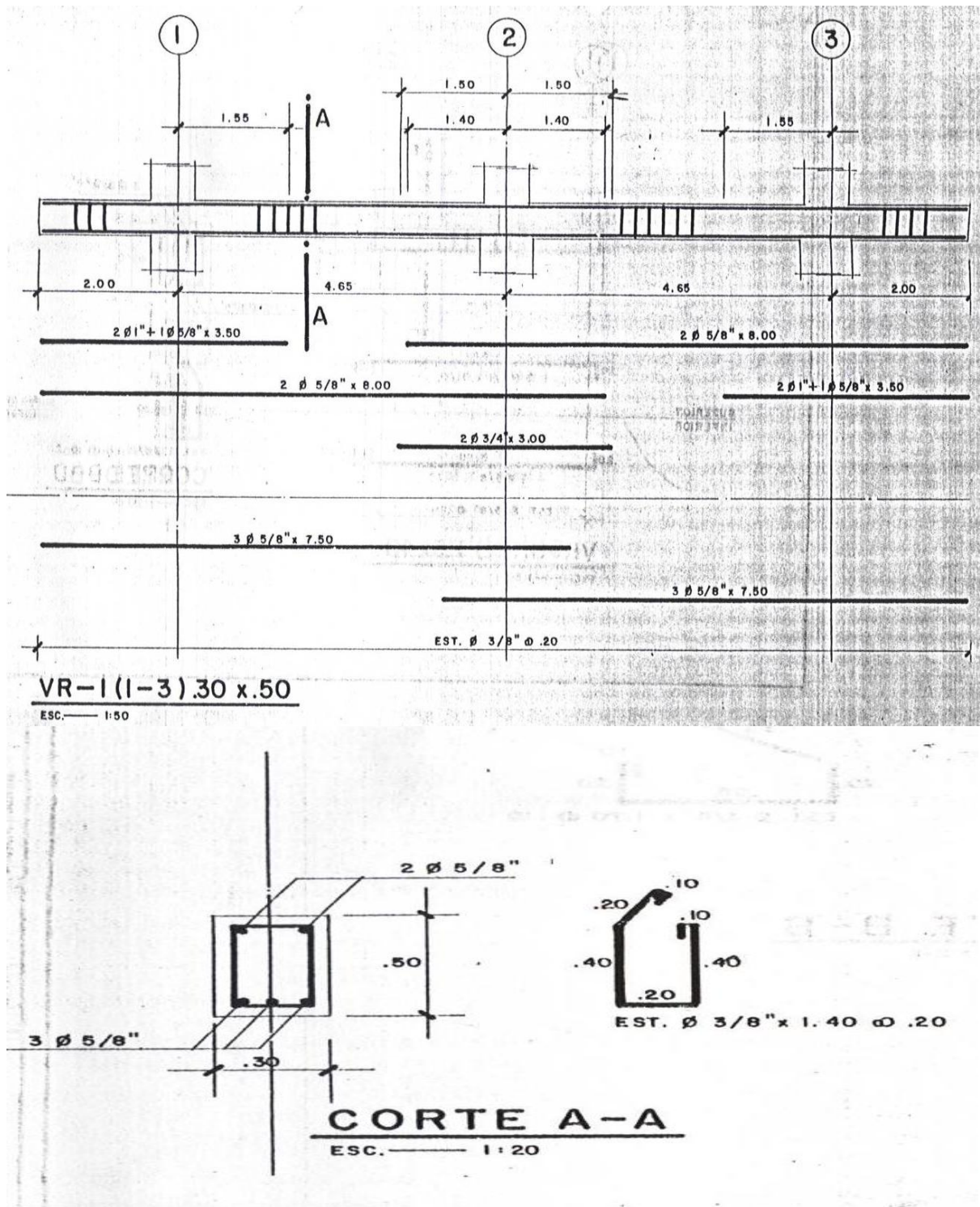


Figura A.1.4.4 Detalles de viga VR-1. Modulo de Barrio.

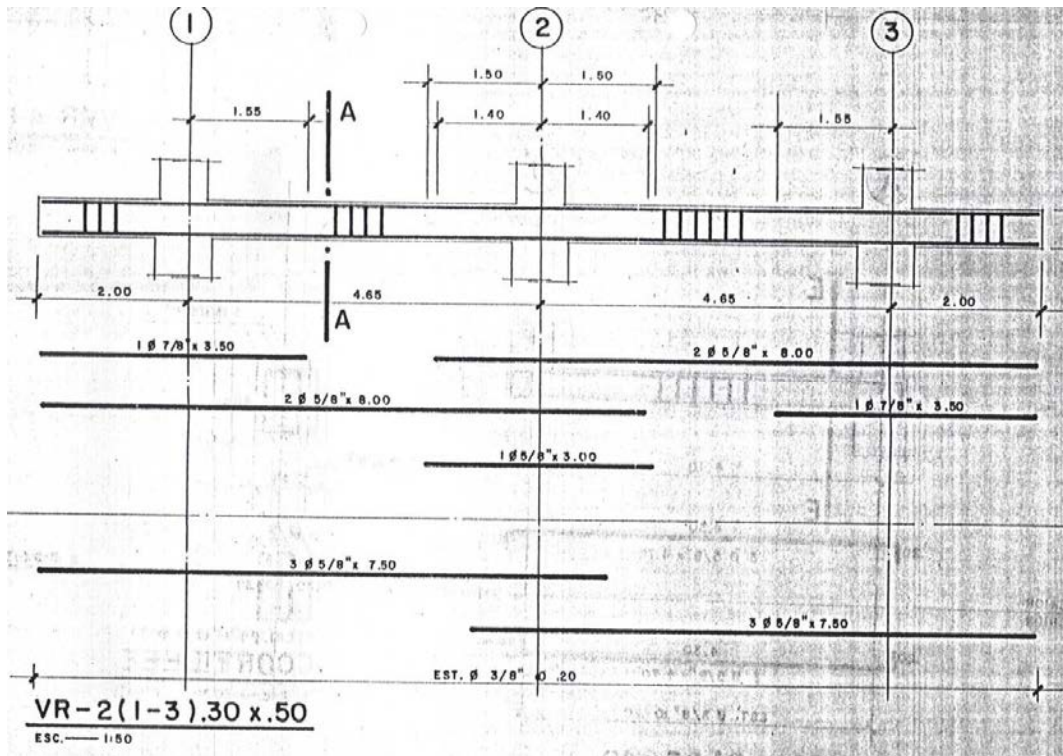


Figura A.1.4.5 Detalles de viga VR-2. Modulo de Barrio.

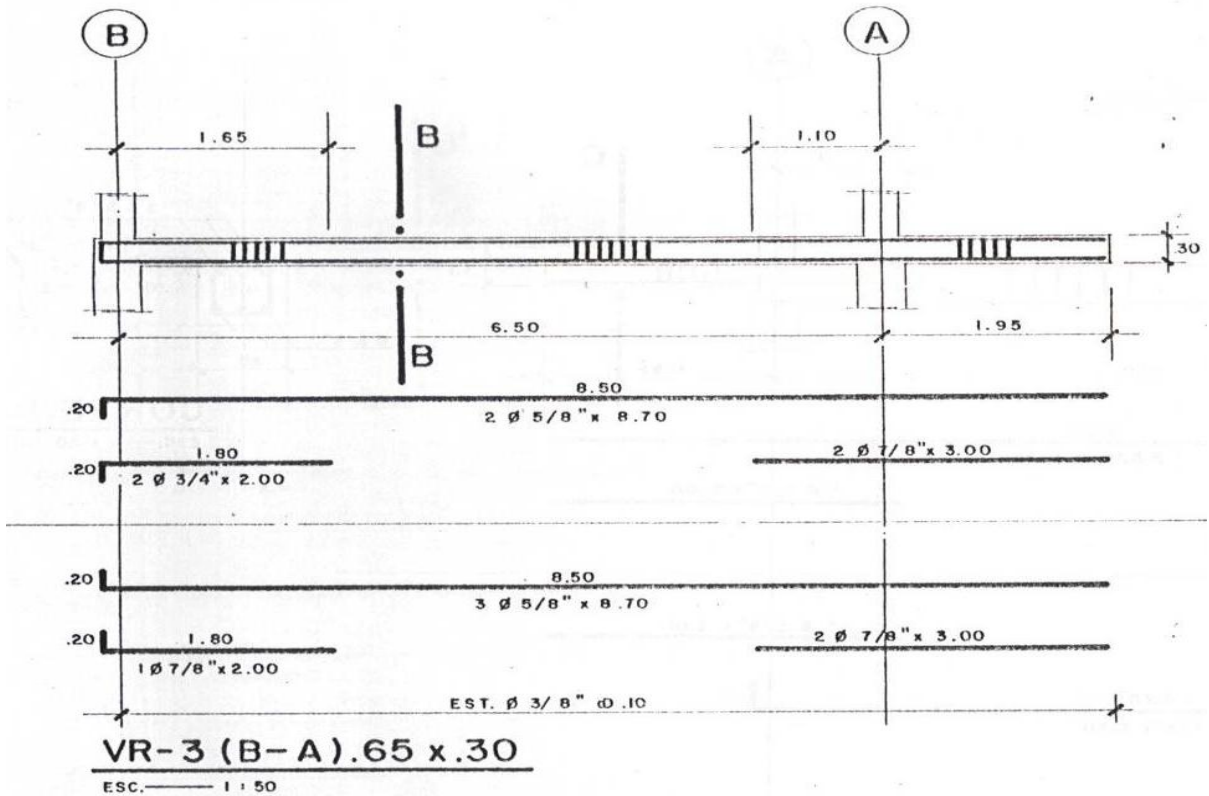


Figura A.1.4.6 Detalles de viga VR-3. Modulo de Barrio.



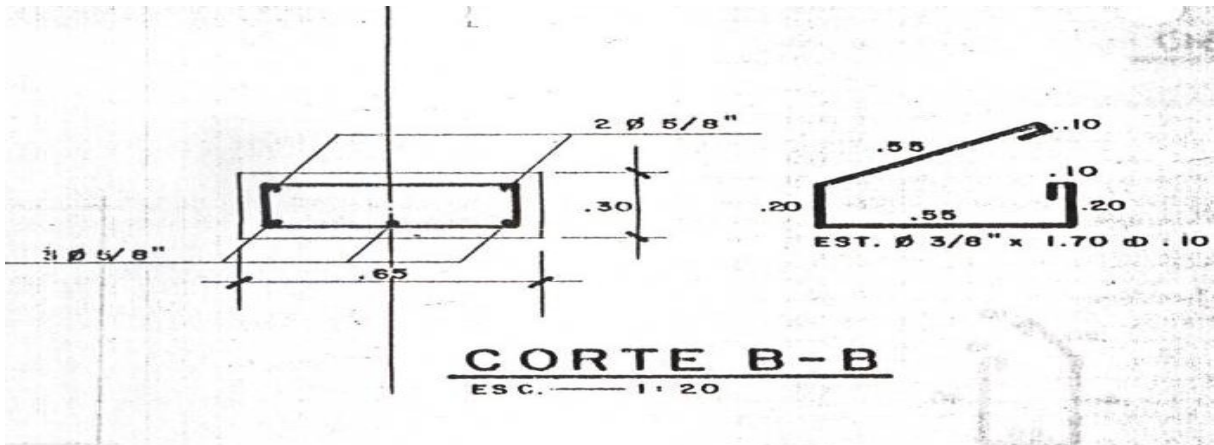


Figura A.1.4.7 Corte B-B del detalle de viga VR-3. Modulo de Barrio.

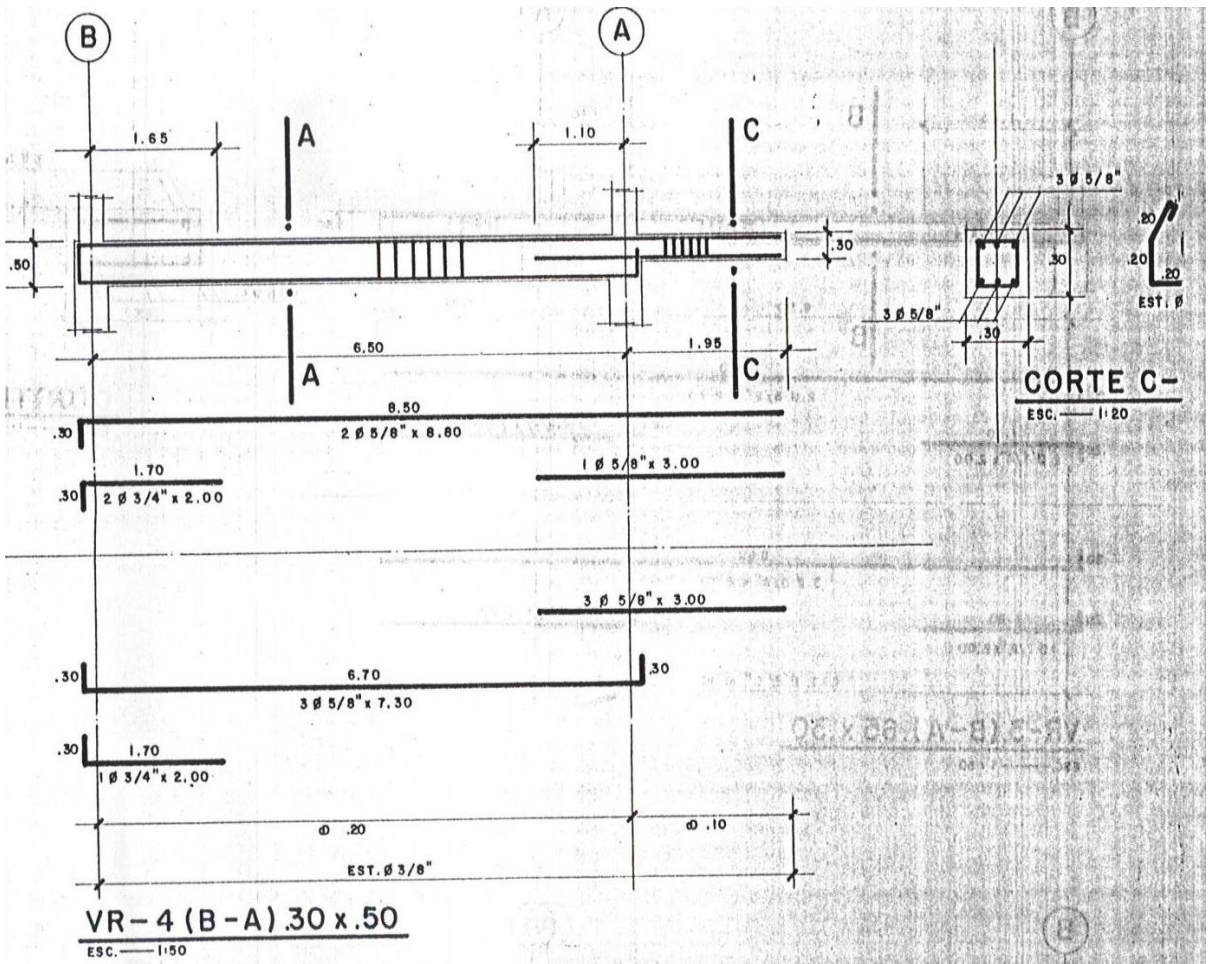
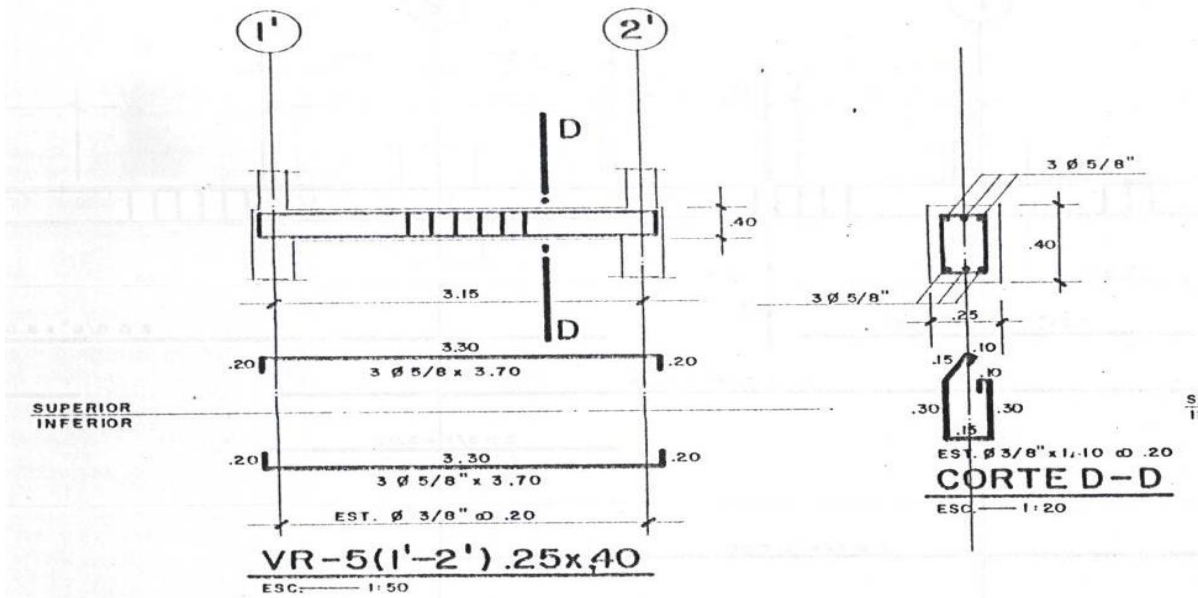
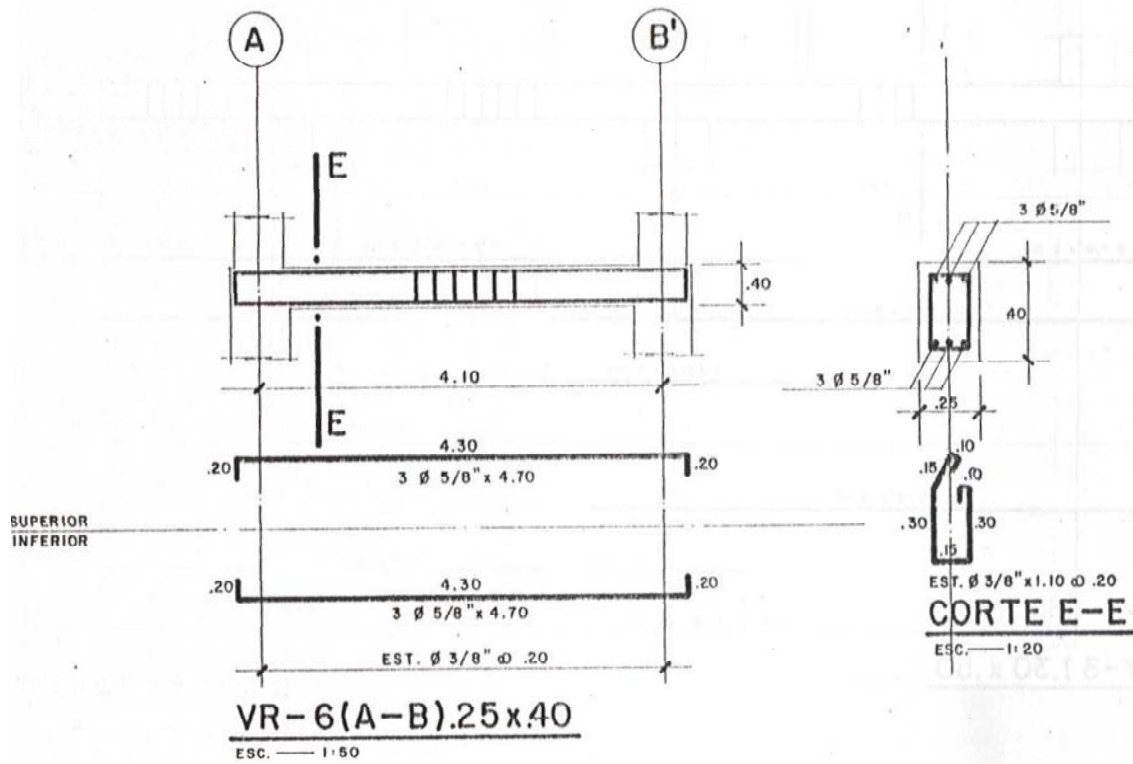


Figura A.1.4.8 Detalles de viga VR-4. Modulo de Barrio.



**Figura A.1.4.9 Detalles de viga VR-5. Modulo de Barrio.**



**Figura A.1.4.10 Detalles de viga VR-6. Modulo de Barrio.**

A 1.4.1.2- Planos Modulo de Barrio de Fecha Marzo 2002

Estos planos fueron suministrados por FEDE en forma digital, sin indicación del año en que se realizaron.

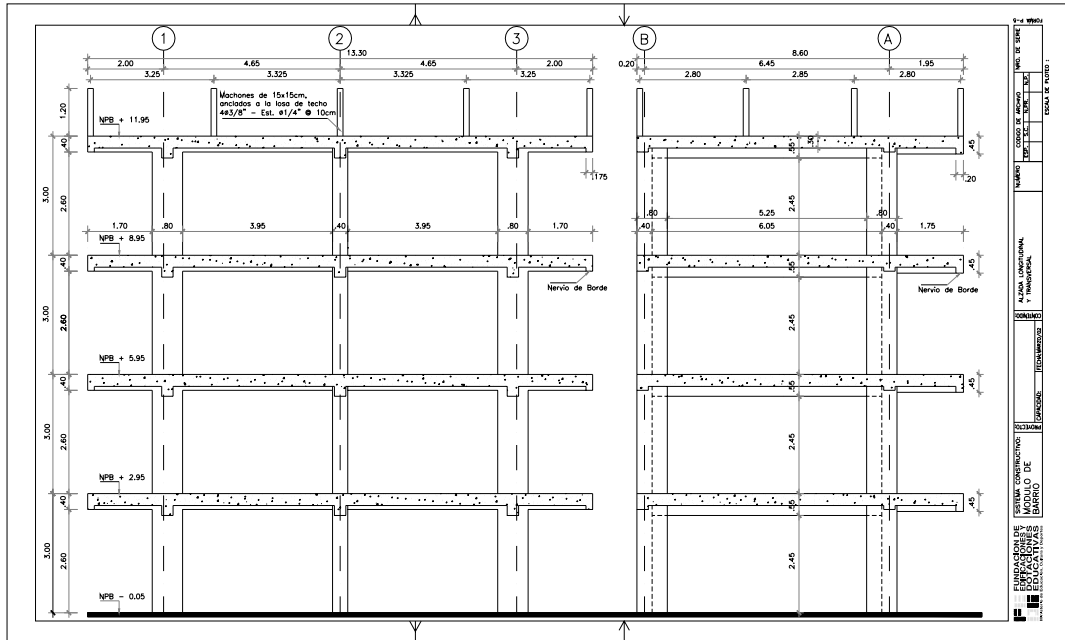


Figura A.1.4.11 Alzada longitudinal y transversal. Modulo de Barrio.

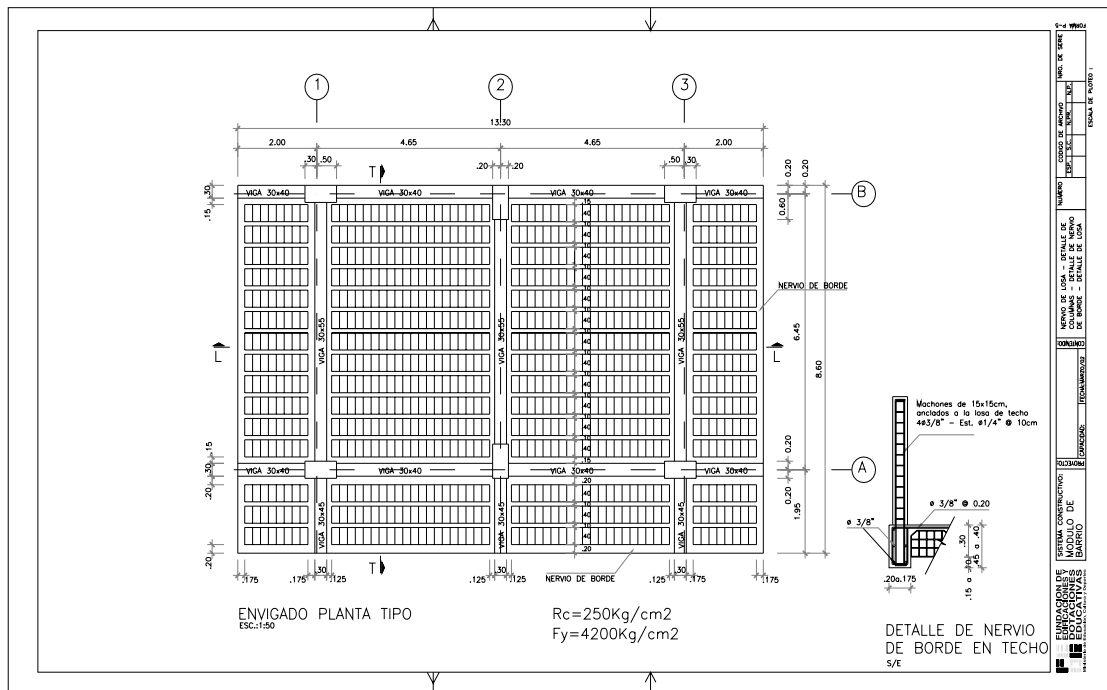


Figura A.1.4.12 Engigado planta tipo / Detalle de nervio de borde. Modulo de Barrio.

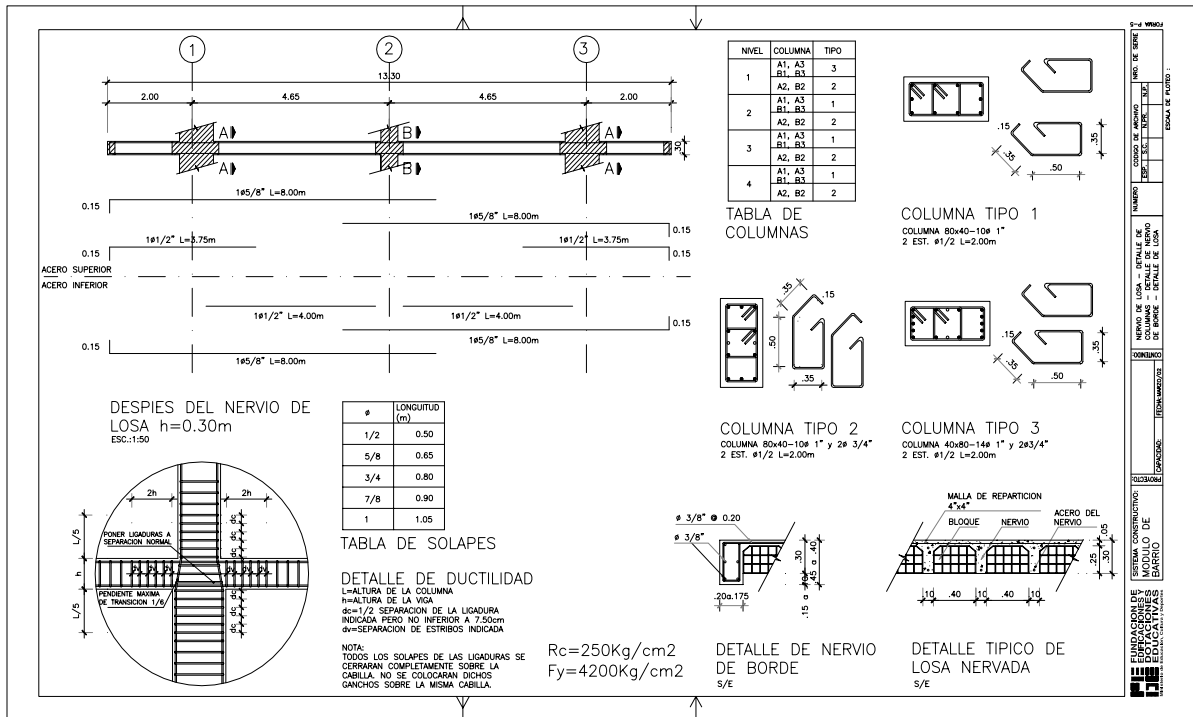


Figura A.1.4.13 Nervio de losa/Detalle de columnas-nervio de borde-losa. Modulo de Barrio.

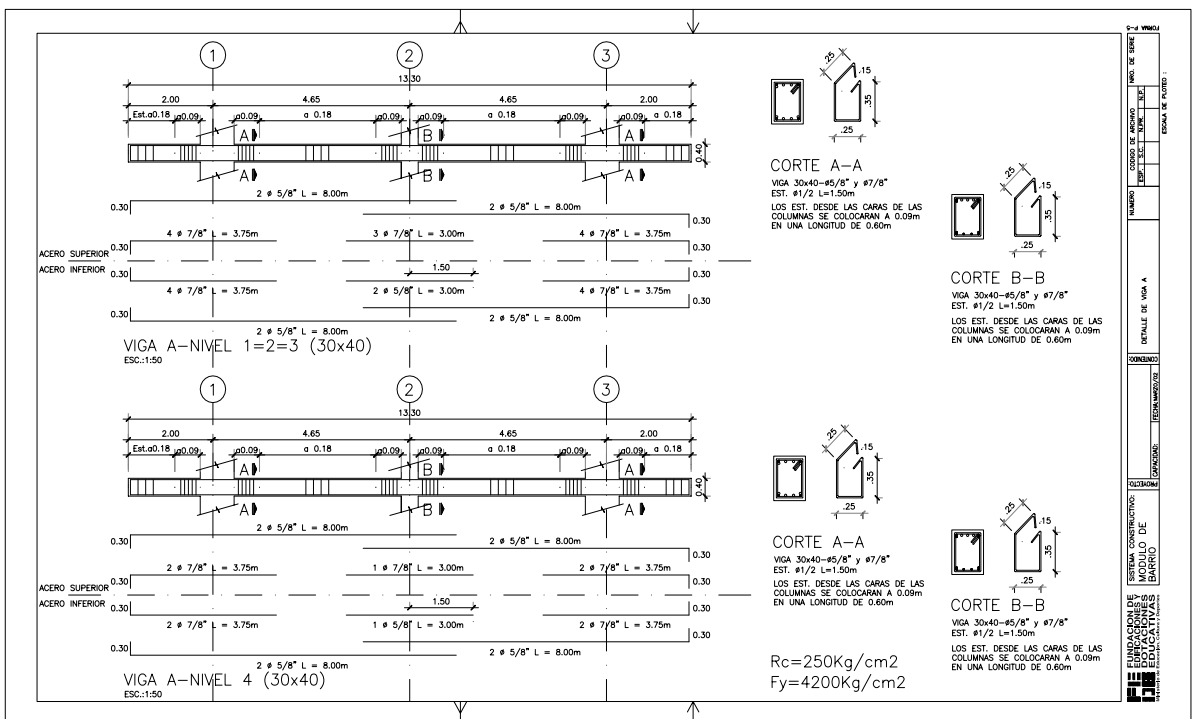


Figura A.1.4.14 Detalle de viga A. Modulo de Barrio.





A 1.4.2- Planos Modulo Base

A 1.4.2.1 Planos Proyecto E.B. Virgen del Valle / Fecha: Mayo 2004

Estos planos fueron suministrados por FEDE en forma digital, sin indicación del año en que se realizaron.

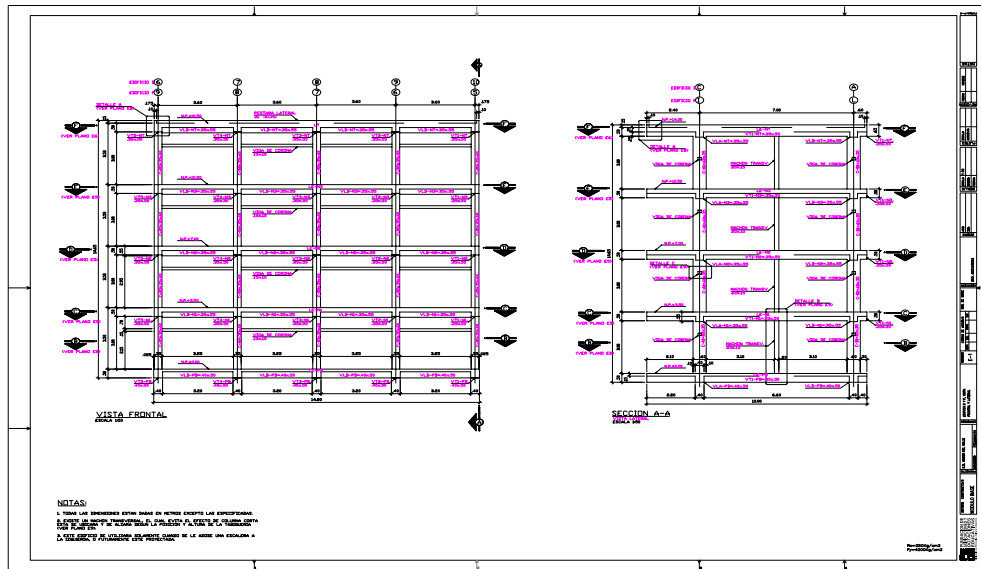


Figura A.1.4.16 Edificio D y F. Vista frontal y lateral. Modulo Base.

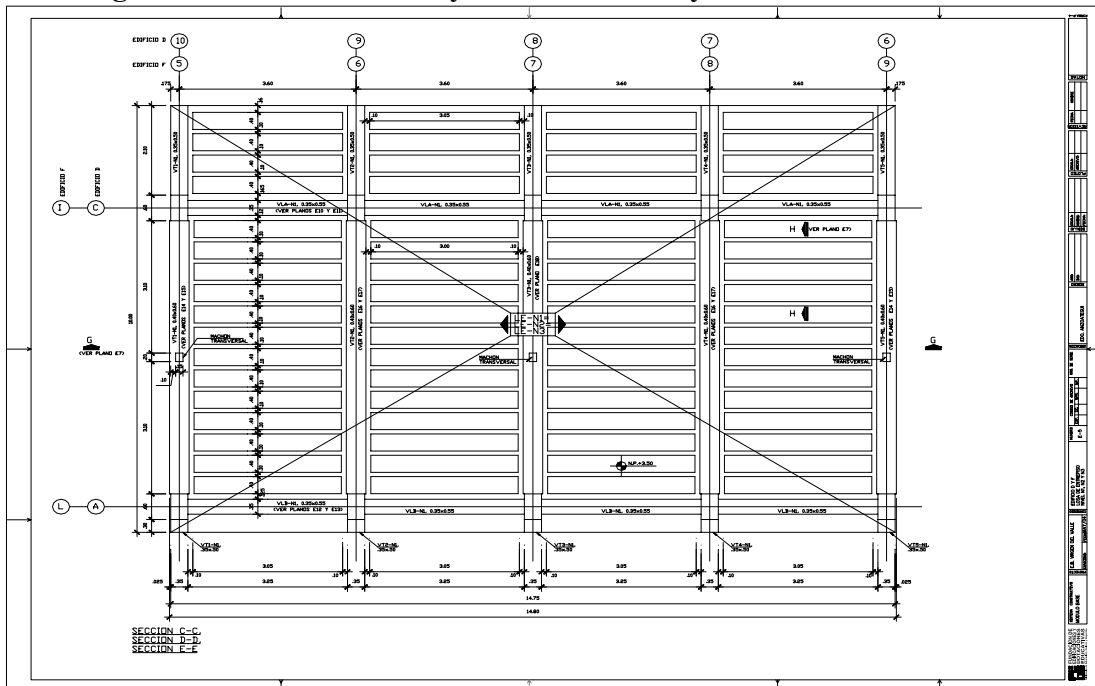


Figura A.1.4.17 Edificio D y F. Losa de entrepiso nivel N1, N2 Y N3. Modulo de Base.

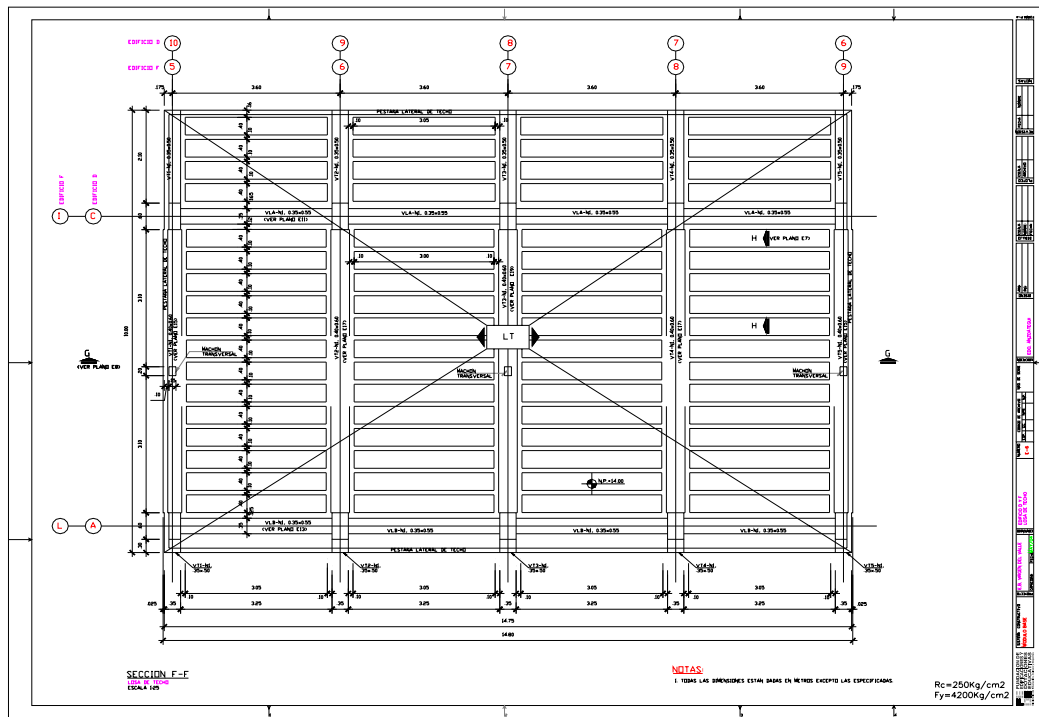


Figura A.1.4.18 Edificio D y F. Losa de techo. Modulo de Base.

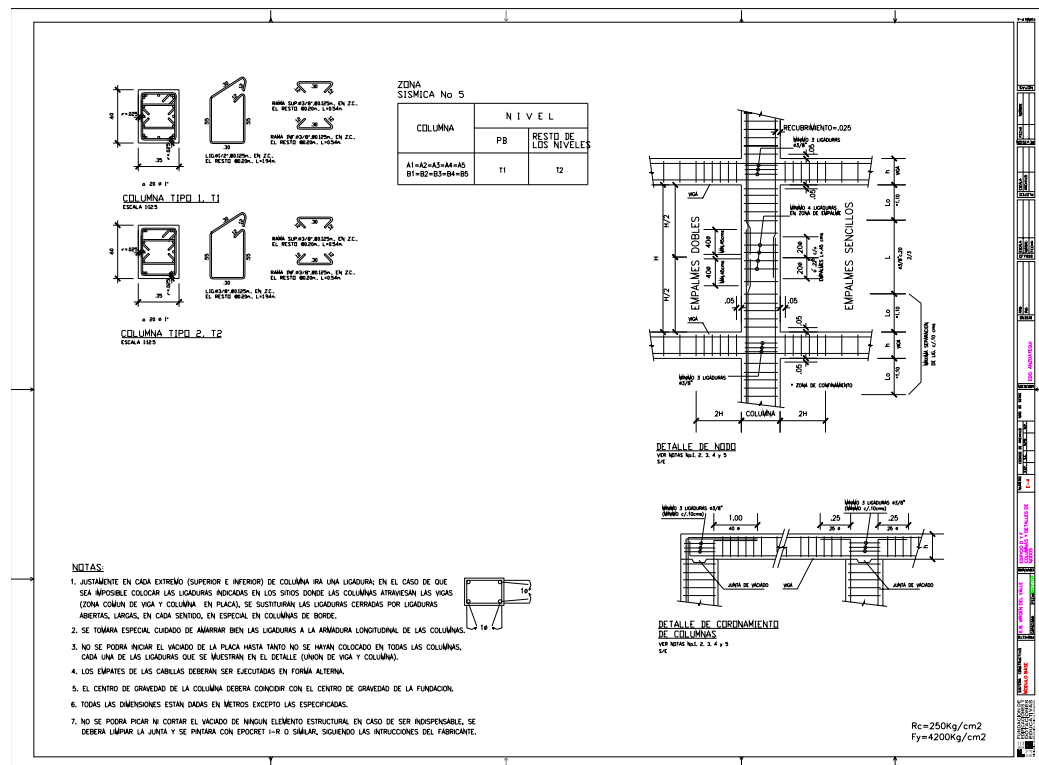


Figura A.1.4.19 Edificio D y F. Columnas y detalles de nodos. Modulo de Base.

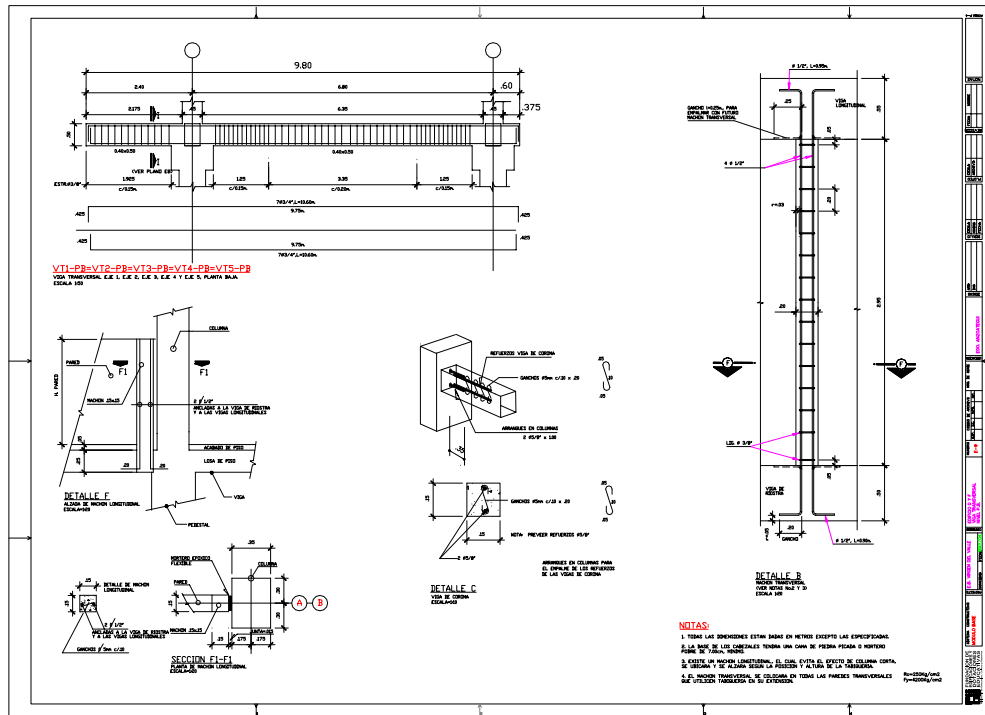


Figura A.1.4.20 Edificio D y F. Viga transversal. Nivel P.B. Modulo de Base.

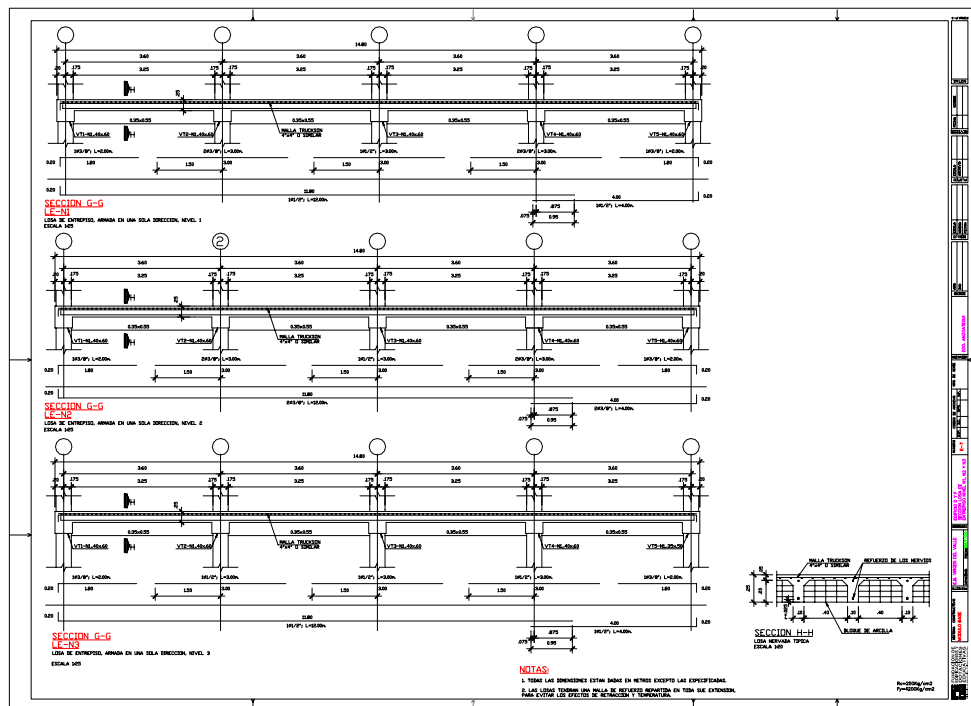


Figura A.1.4.21 Edificio D y F. Sección losa de entrepiso Nivel N1, N2 Y N3. Modulo de Base.

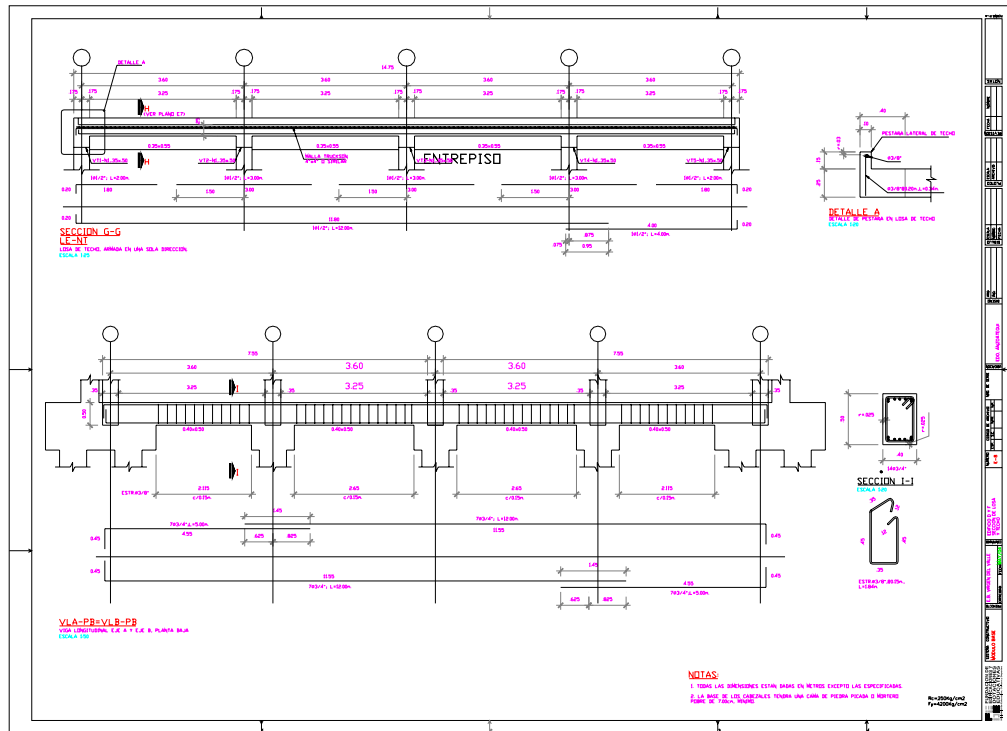


Figura A.1.4.22 Edificio D y F. Sección de losa y techo. Modulo de Base.

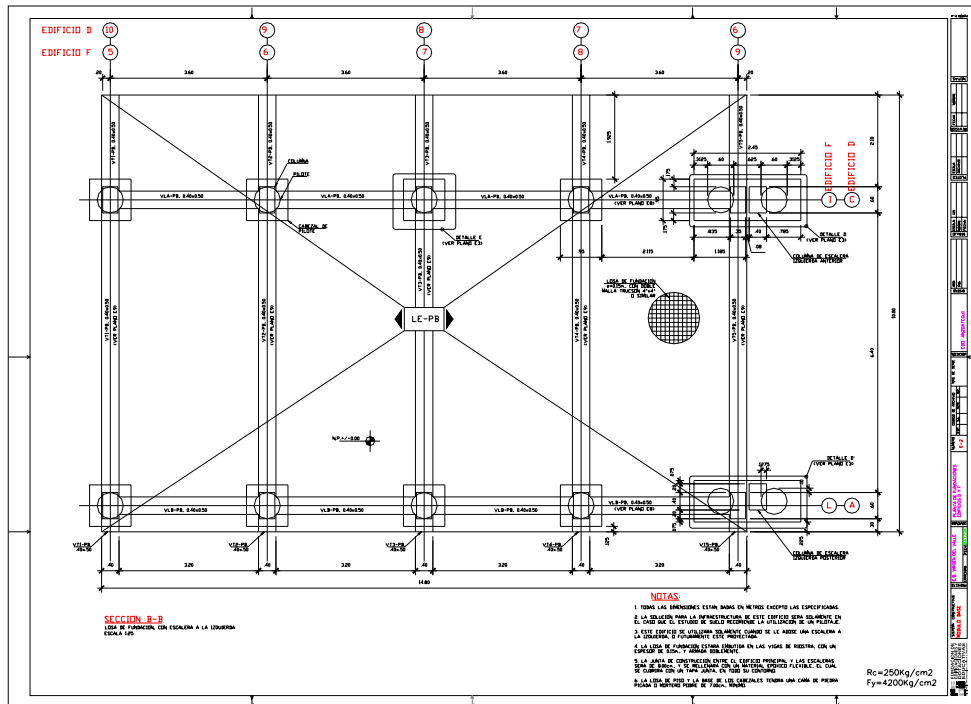


Figura A.1.4.23 Planta de fundaciones. Modulo de Base.

A.1.4.3- Planos Tipo Cajetón

Se presentan a continuación imágenes de planos originales localizados dentro del proyecto, encontrados en la Biblioteca Nacional.

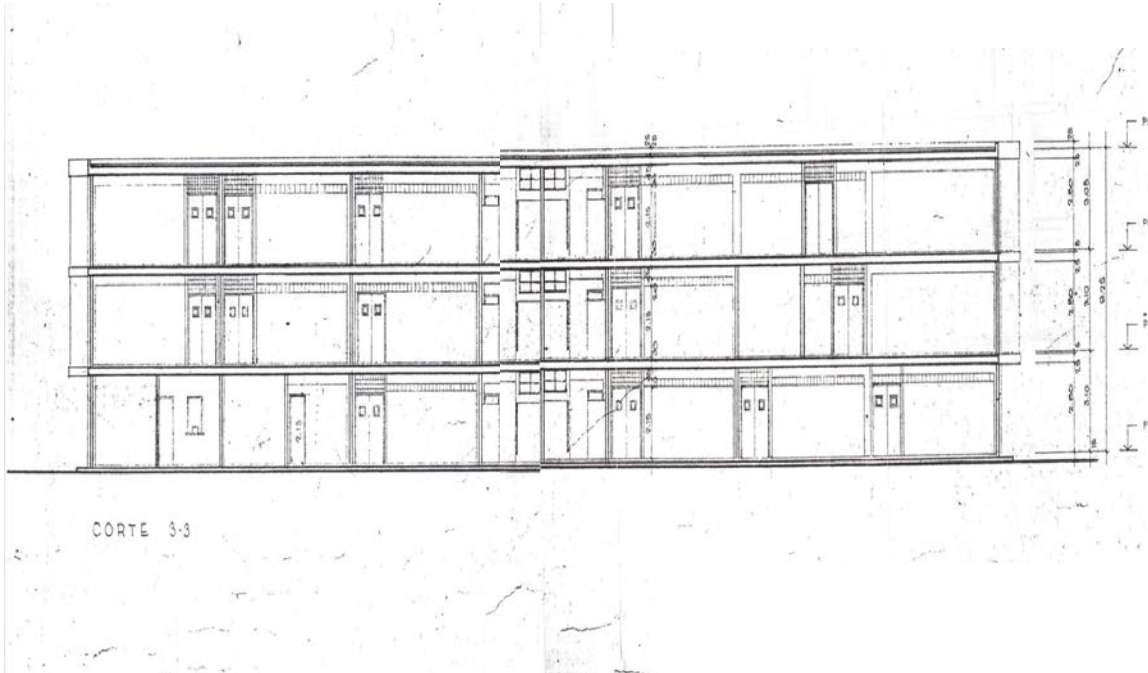


Figura A.1.4.24 Cortes. Tipo Cajetón

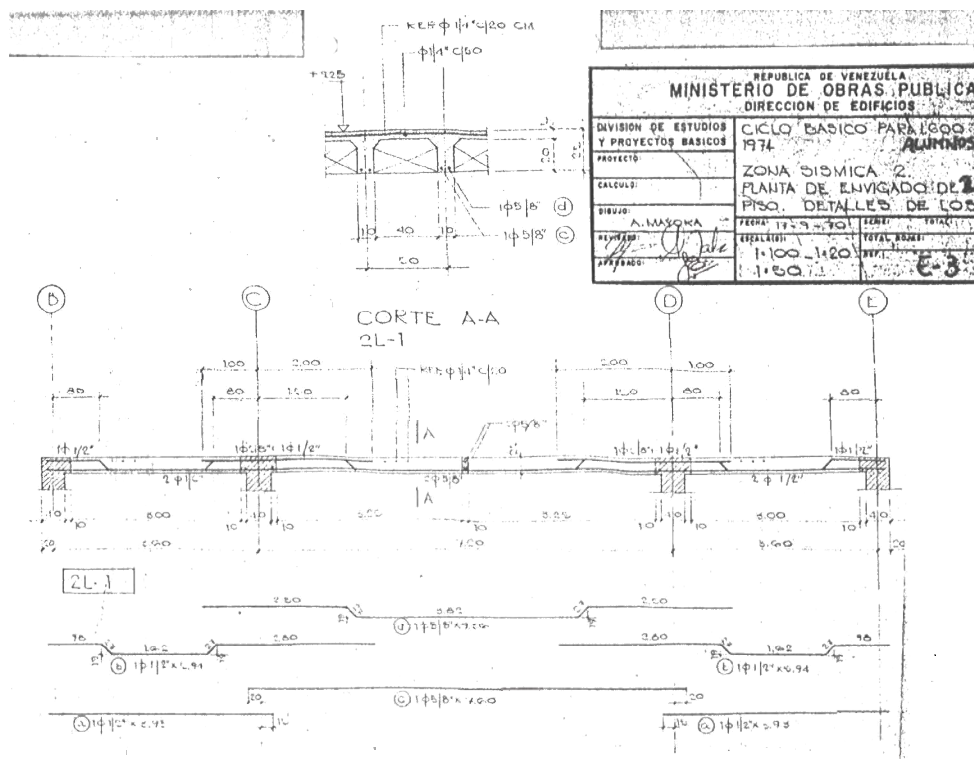


Figura A.1.4.25 Planta de envigado de 2 Pisos. Tipo Cajetón



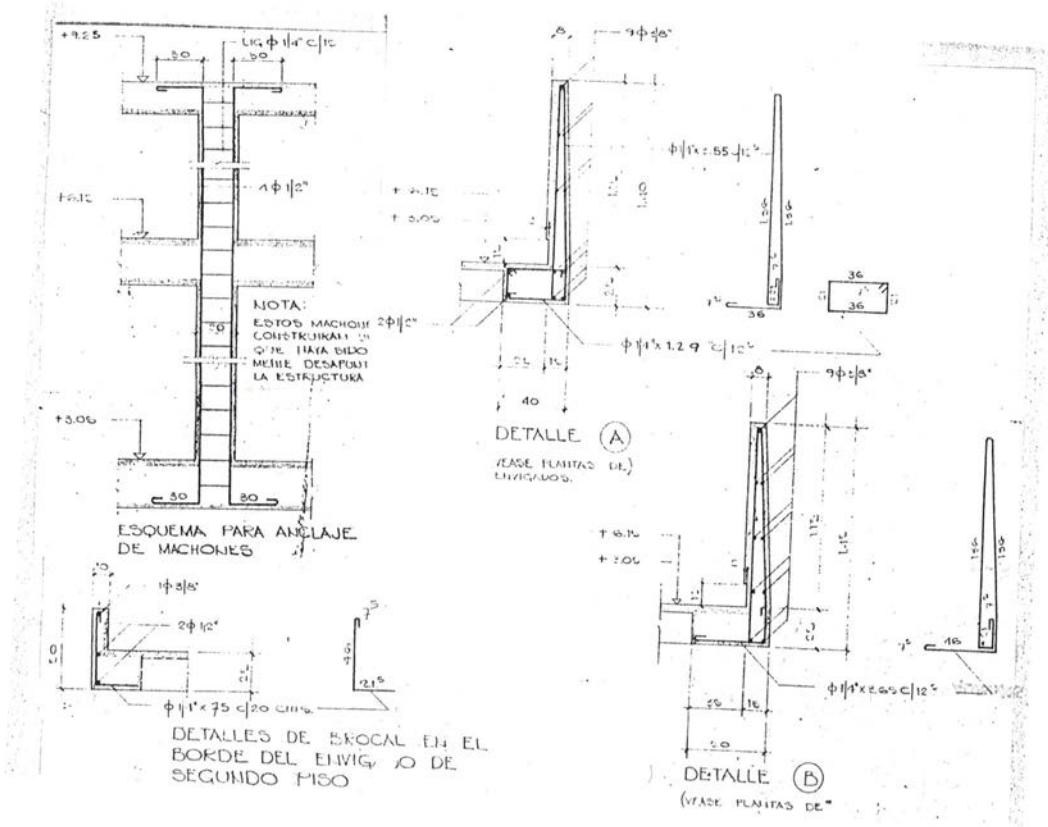


Figura A.1.4.26 Detalles de losa. Tipo Cajetón

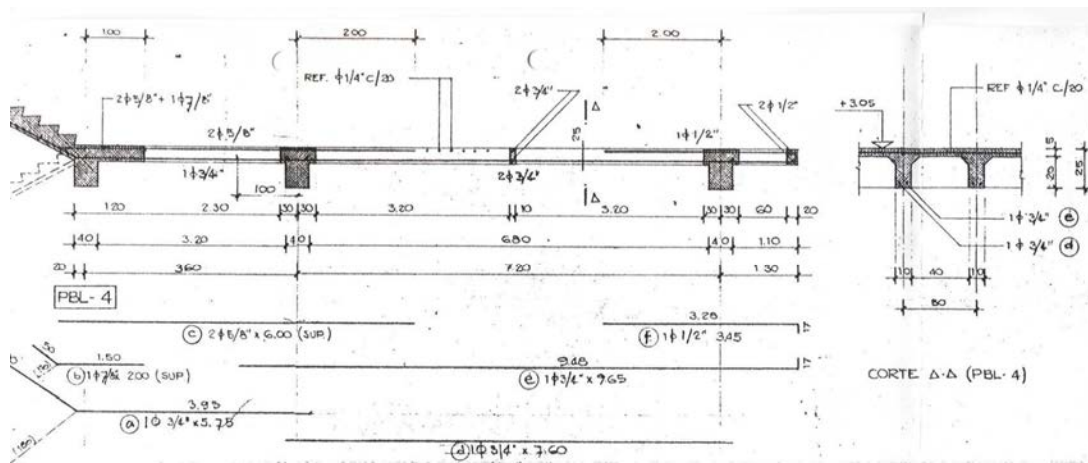
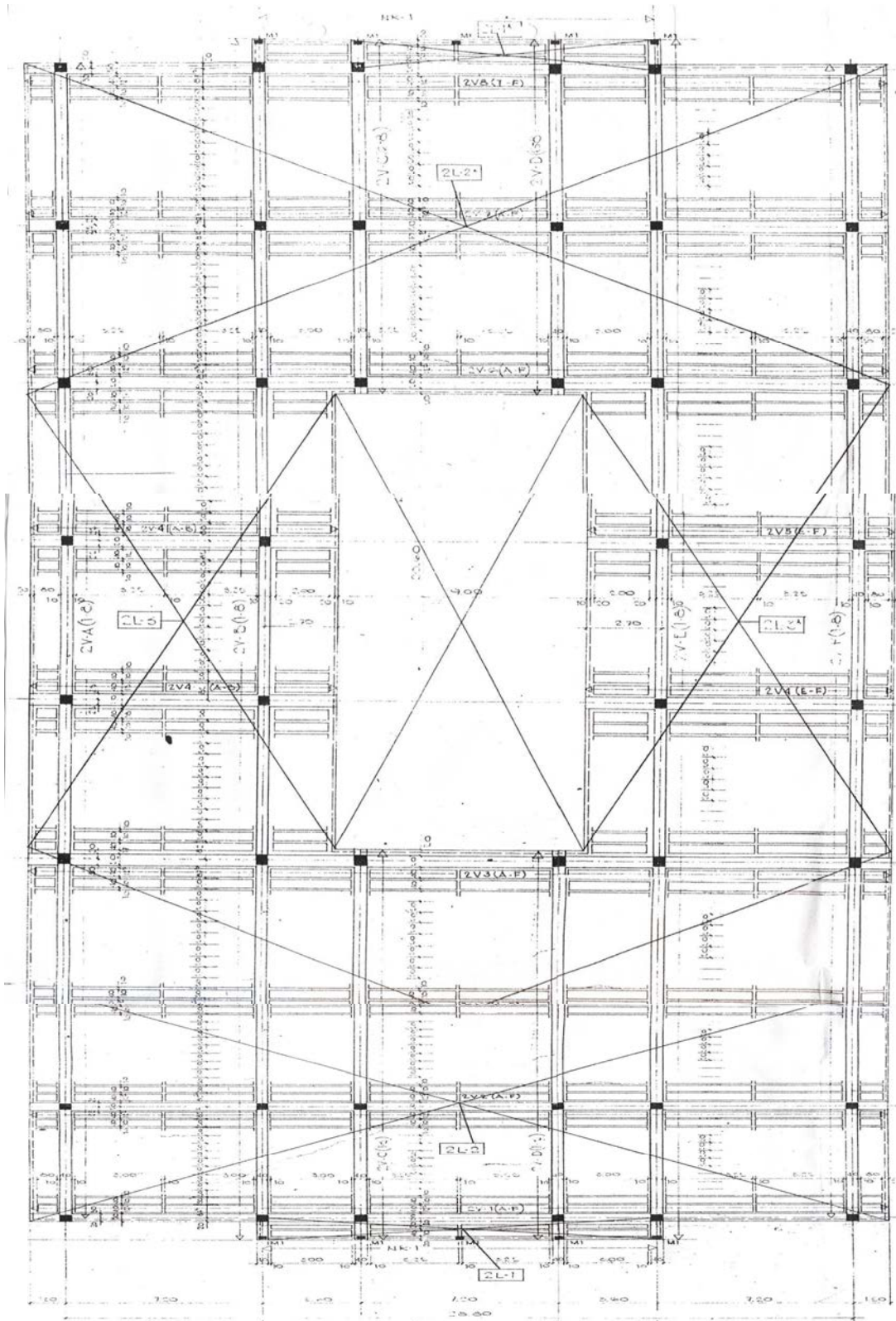


Figura A.1.4.27 Detalles de losas. Tipo Cajetón



**Figura A.1.4.28 Planta de envigado de planta baja. Tipo Cajetón**

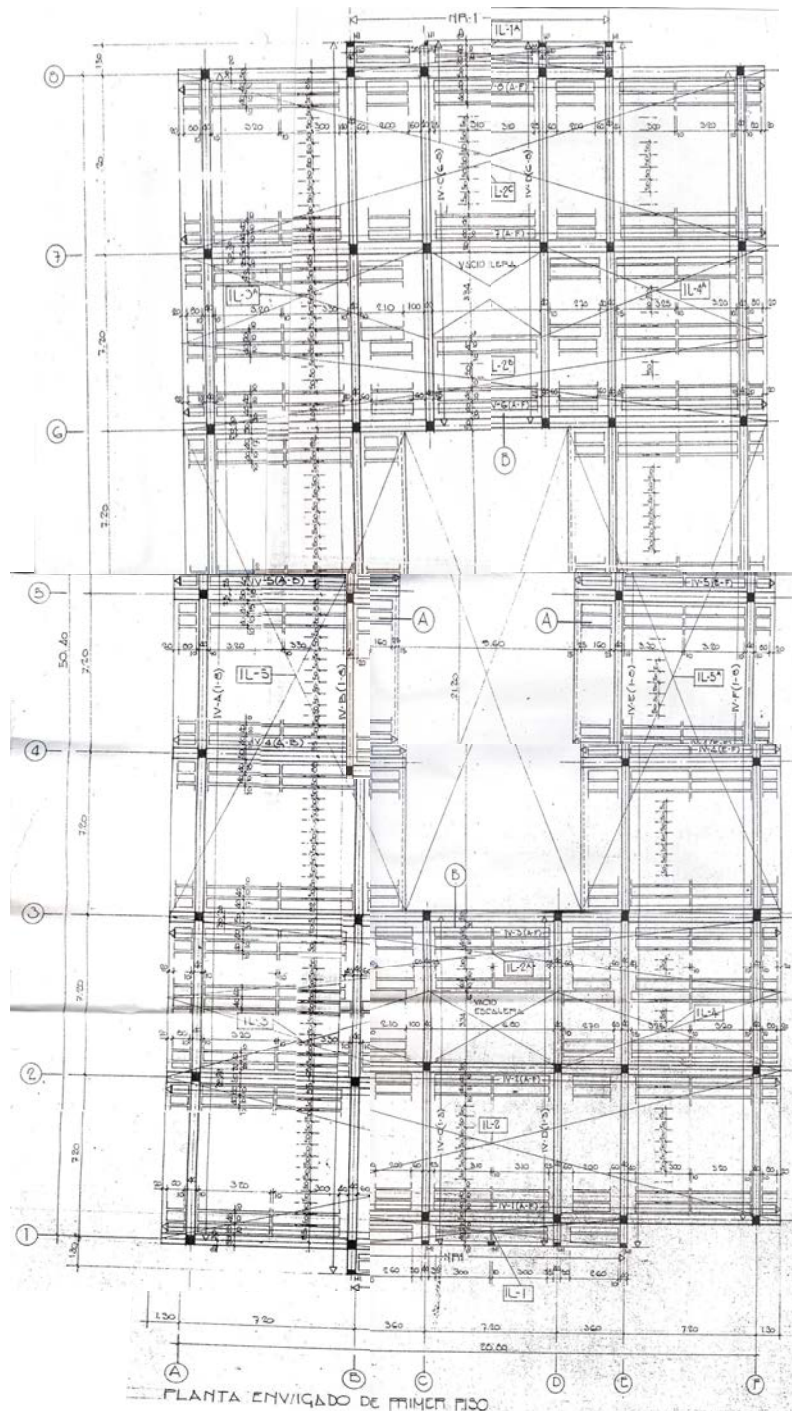
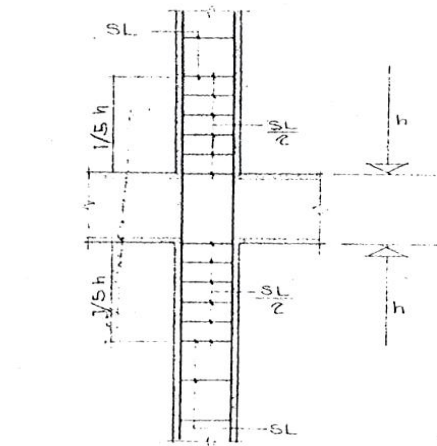


Figura A.1.4.29 Planta de envigado de primer piso. Tipo Cajetón





DETALLE DE LA DISTRIBUCIÓN DE LIGADURAS DE LAS COLUMNAS EN LAS UNIONES CON LAS VIGAS

MODIFICACION  
 DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS BASICOS  
 SECCION DE URBES  
 SE MODIFICÓ EL SISTEMA DEL ACERO 4-12-74

REPUBLICA DE VENEZUELA MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DIRECCION DE EDIFICIOS			
DIVISION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS BASICOS		CICLO BASICO PARA 1600 ALUMNOS 1.974	
PROYECTO		ZONA SISMICA 2	
CALCULO: JAKUBOWICZ		LISTA Y DETALLES DE COLUMNAS	
DIBUJO: P. CARAPALLO		FECHA: 9-8-70	SERIE: TOTAL
REVISADO:		ESCALA(S):	TOTAL HOJAS:
APROBADO:		REF:	HOJA REF: E-7

Figura A.1.4.30 Detalle de la distribución de ligaduras de las columnas. Tipo Cajetón

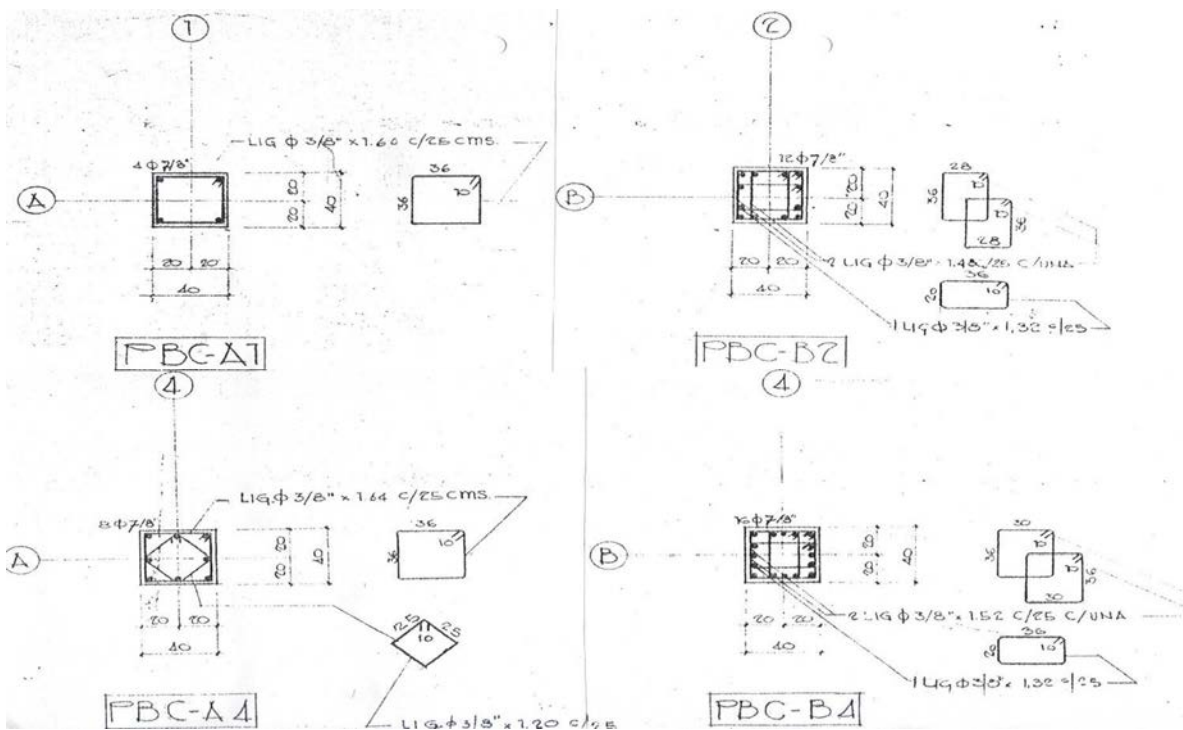


Figura A.1.4.31 Detalles de columnas. Tipo Cajetón







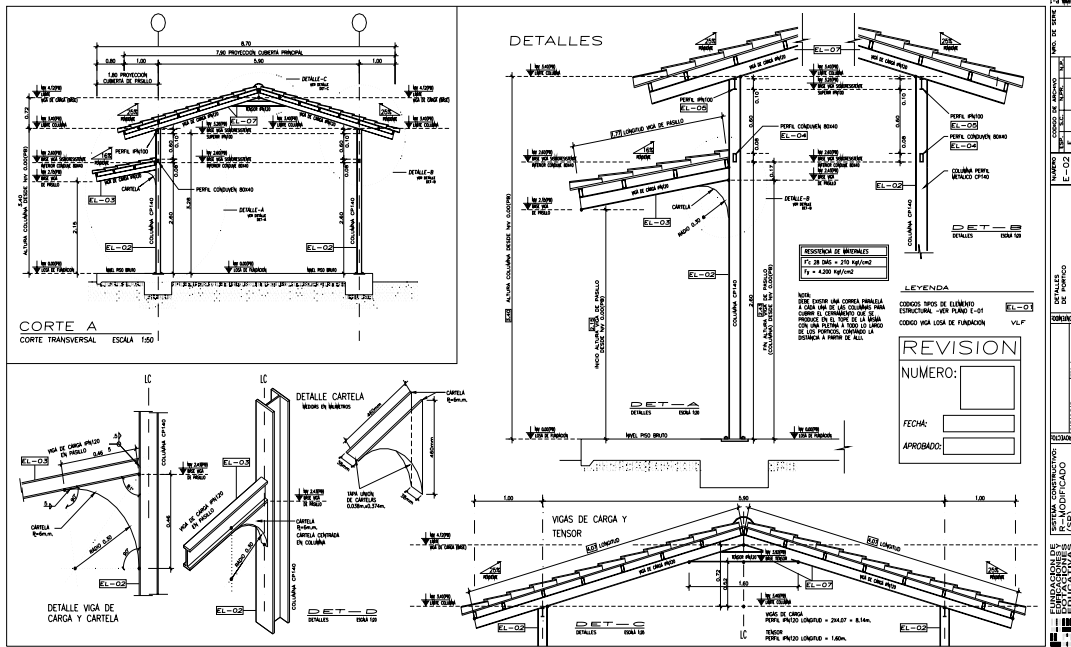


Figura 1.4.36 Detalles de pórticos. Sistema Rural

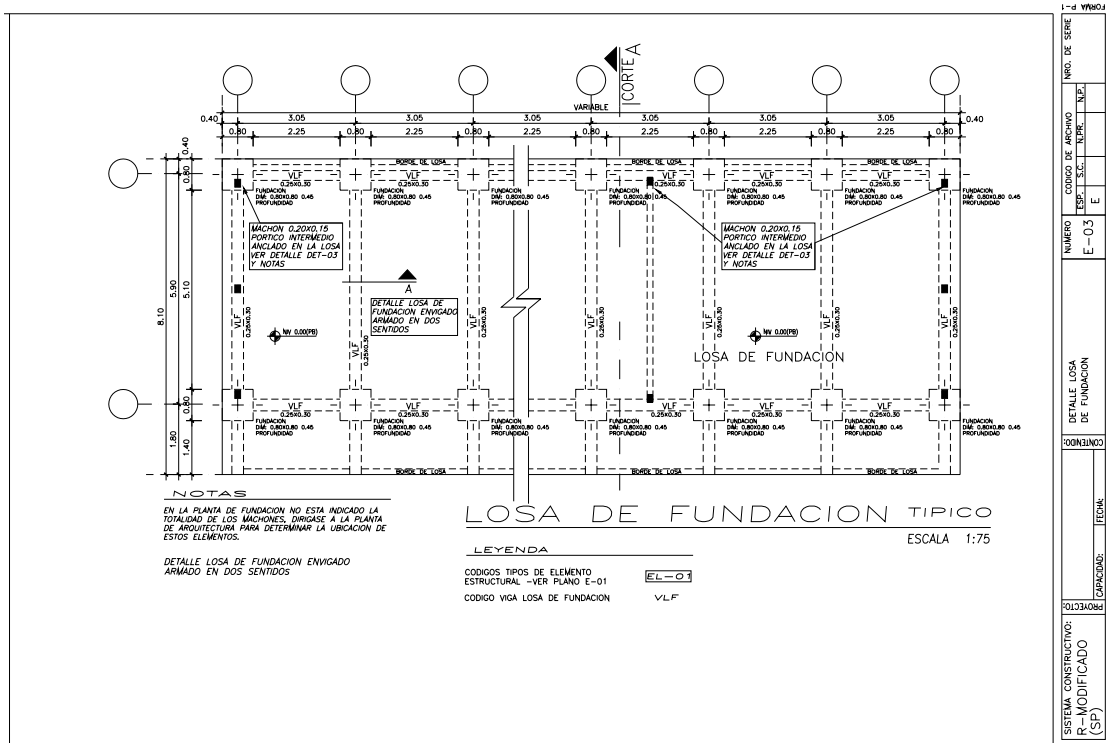


Figura A.1.4.37 Detalles de losa de fundación. Sistema Rural









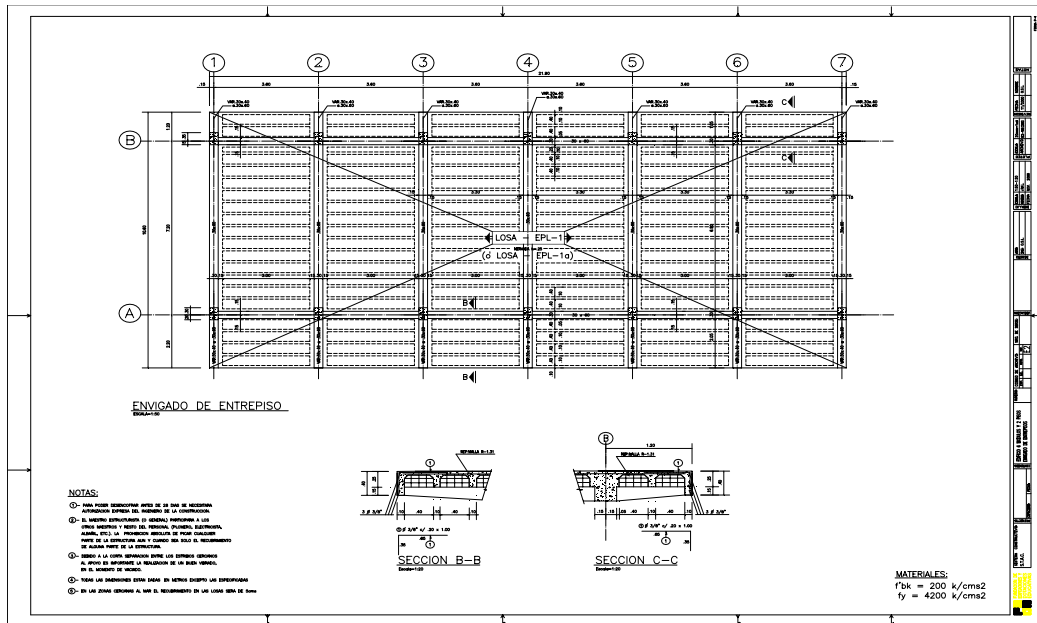


Figura A.1.4.46 Envigado de entrepiso. Tipo STAC

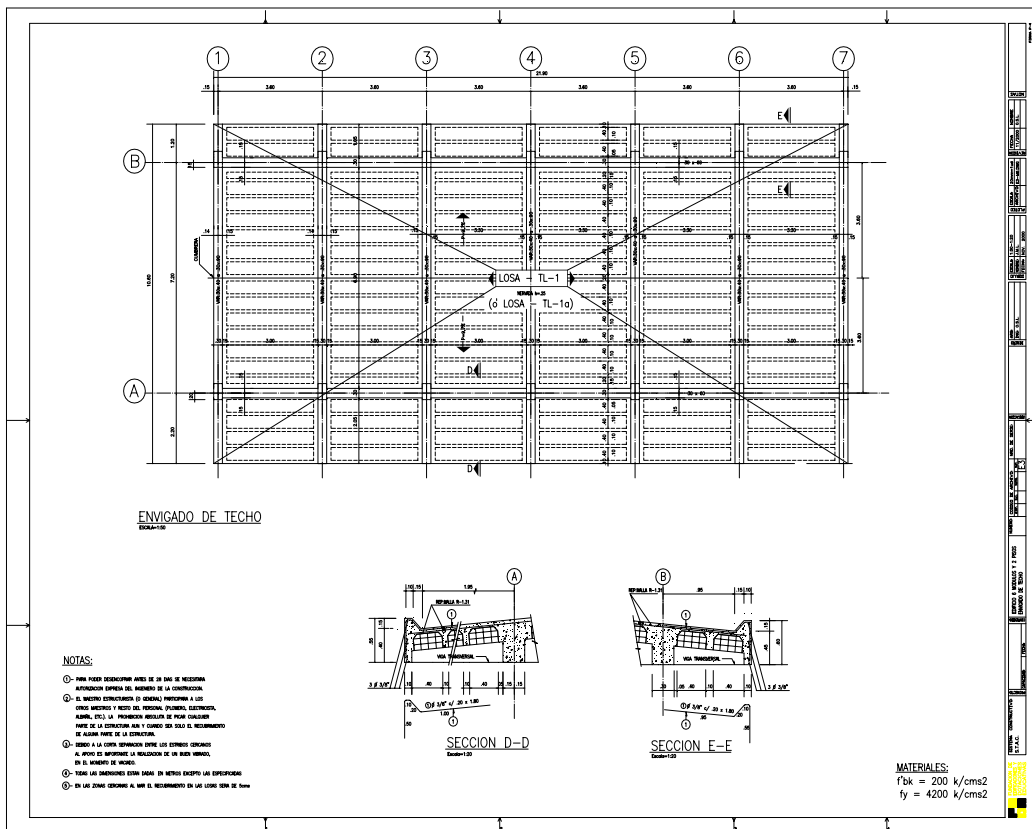


Figura A.1.4.47 Envigado de techo. Tipo STAC



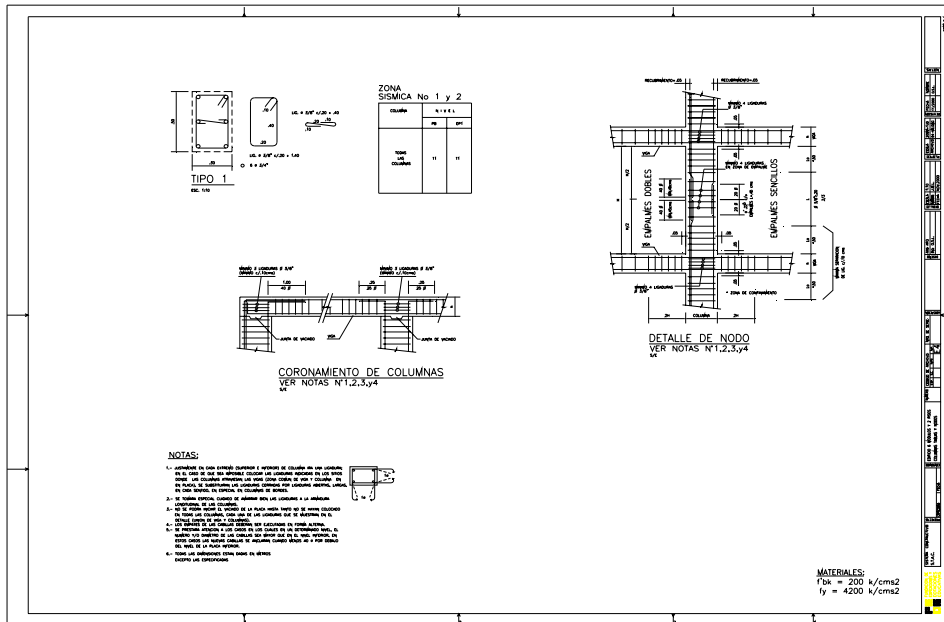


Figura A.1.4.48 Detalle de nodo y columnas. Tipo STAC

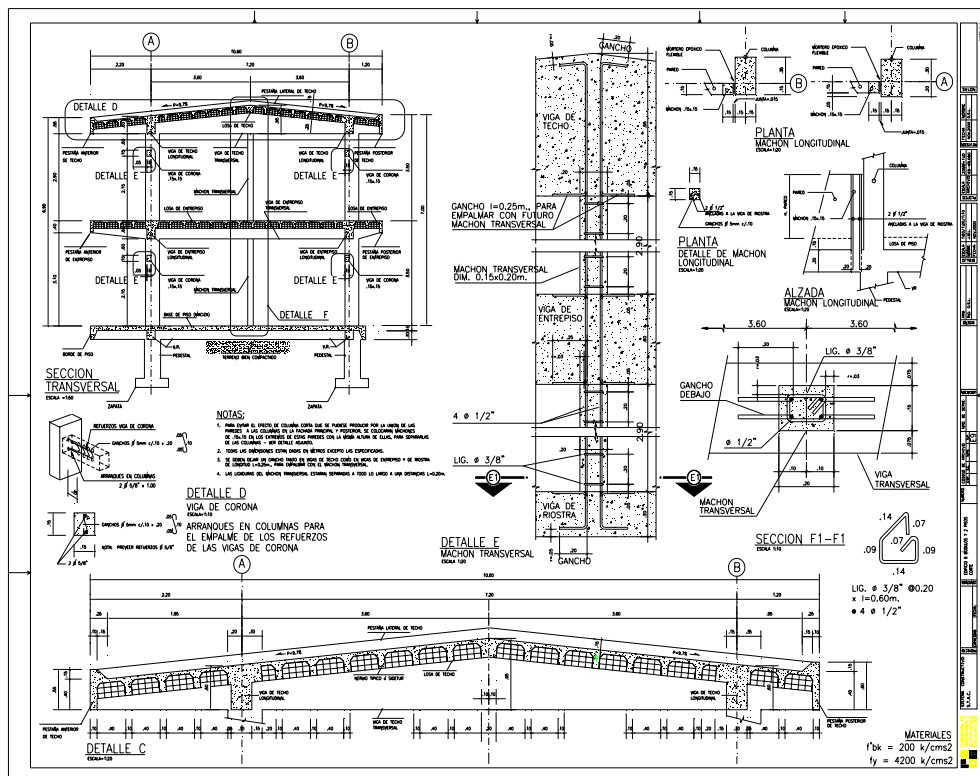


Figura A.1.4.49 Cortes y sección transversal. Tipo STAC

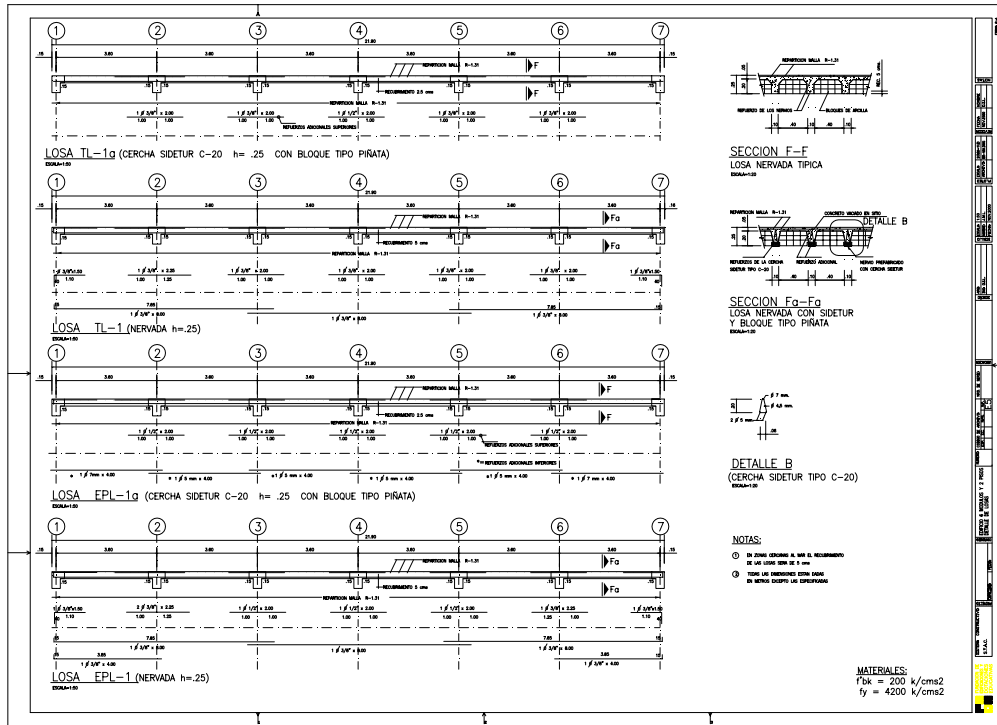


Figura A.1.4.50 Detalles de losas. Tipo STA

A 1.4.5.2 Planos de Estructuras FEDE / Stac 3 Pisos/ 10 Módulos.:



Figura A.1.4.51 Corte longitudinal. Tipo STAC

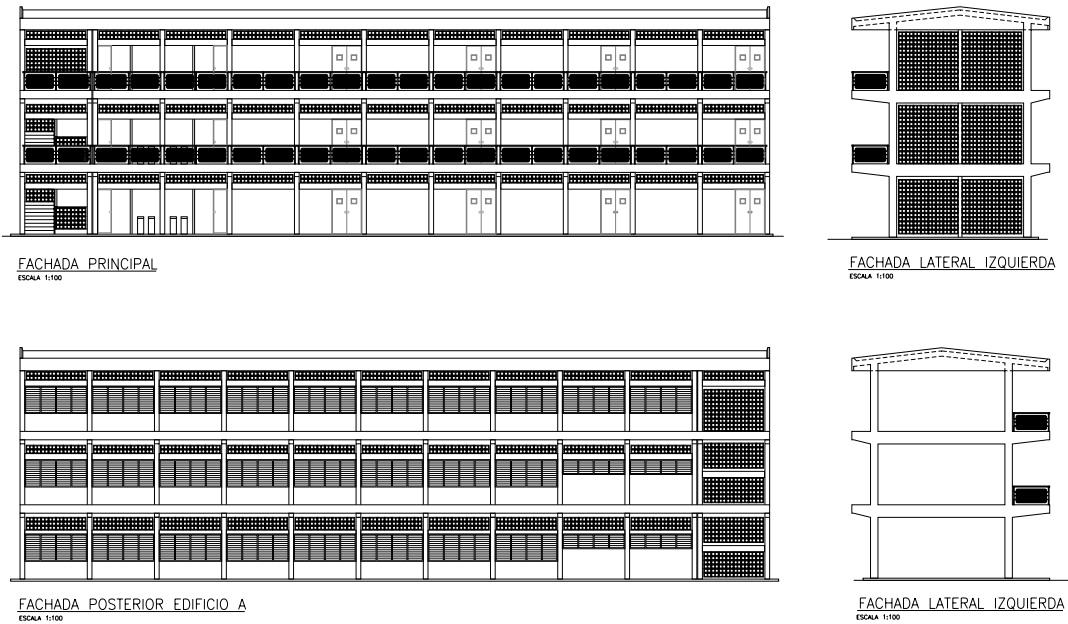


Figura A.1.4.52 Fachadas. Tipo STAC

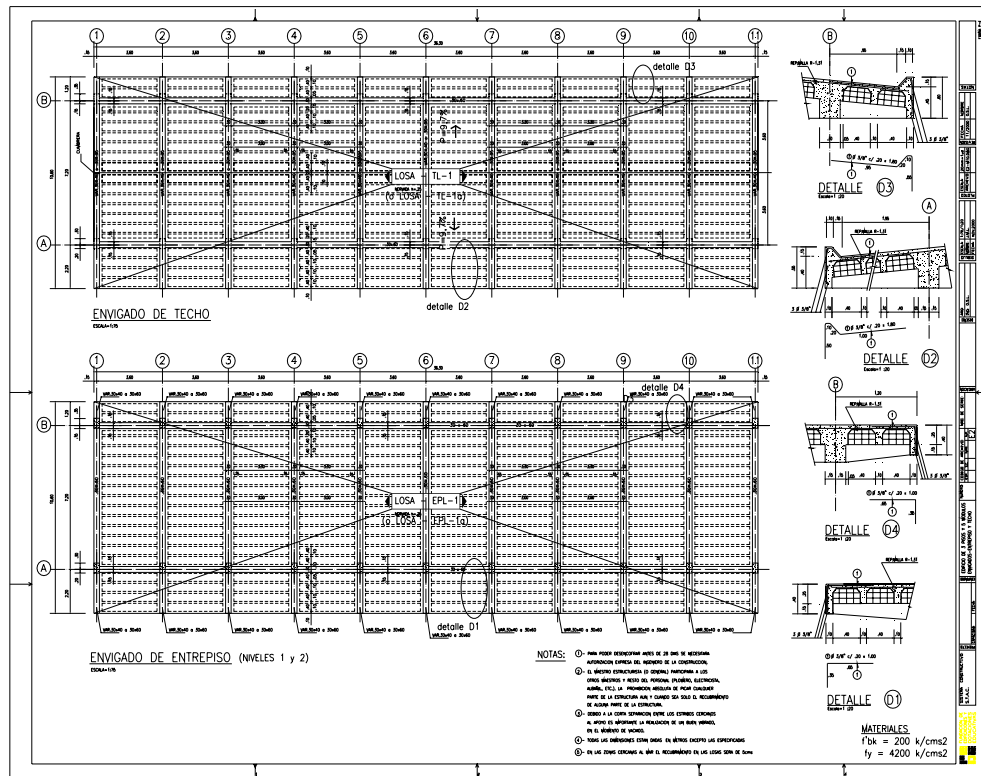


Figura A.1.4.53 Envigado de techo. Tipo STAC

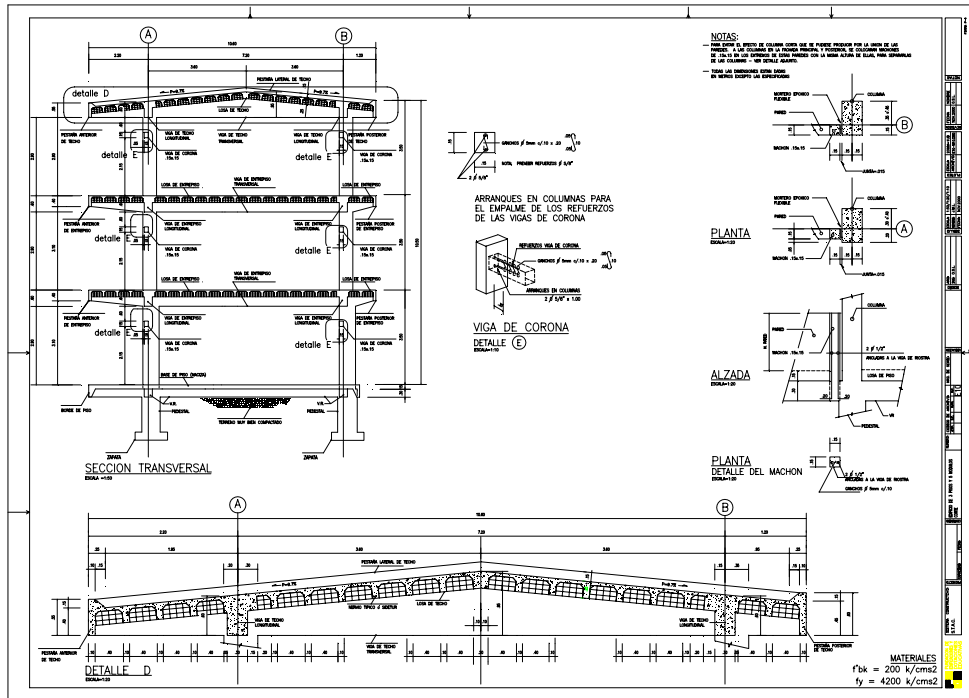


Figura A.1.4.54 Corte y sección transversal. Tipo STAC

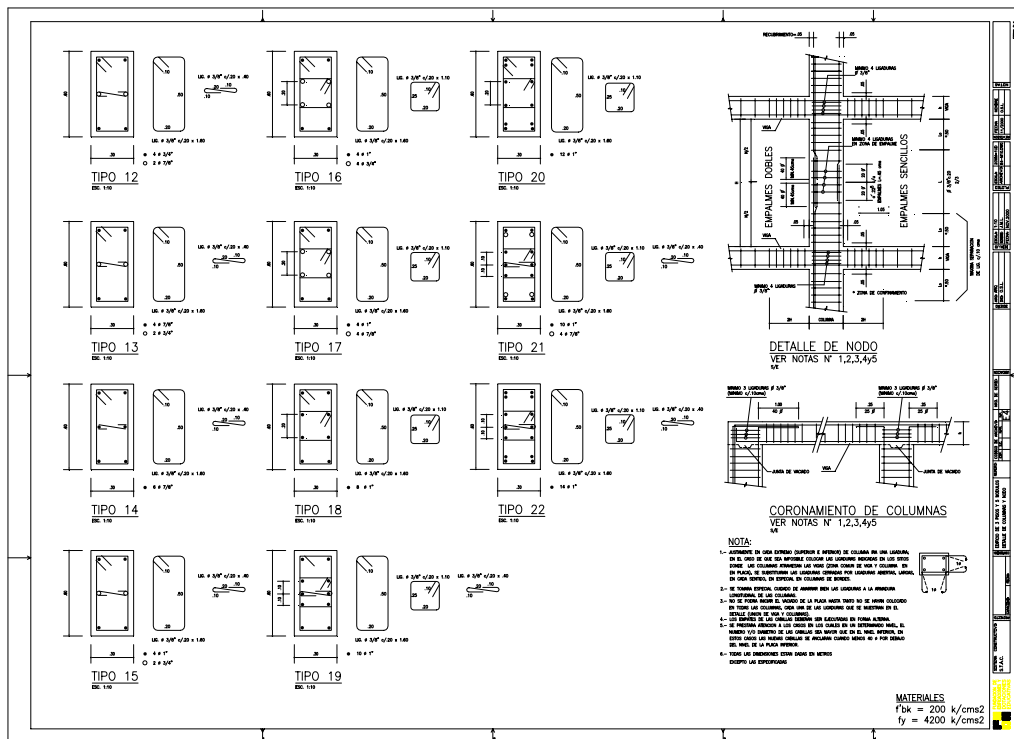


Figura A.1.4.55 Detalles de columnas y nodo. Tipo STAC

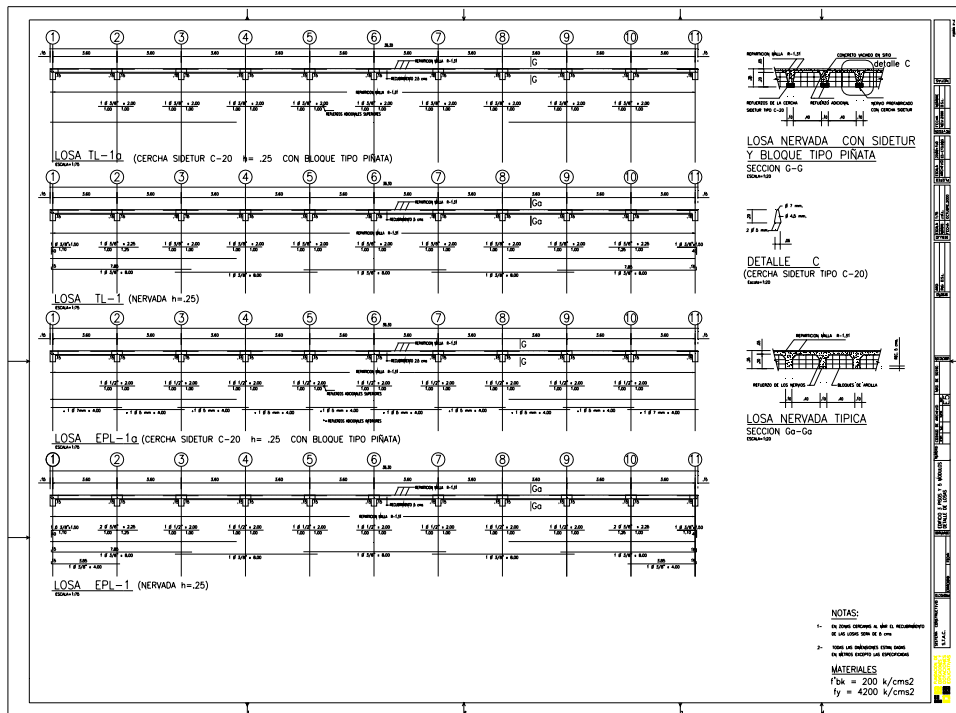


Figura A.1.4.56 Detalles de losas. Tipo STAC

A 1.4.5.3 Planos STAC E.B. Guacara Edificio 2 Pisos/ 5 Módulos.:

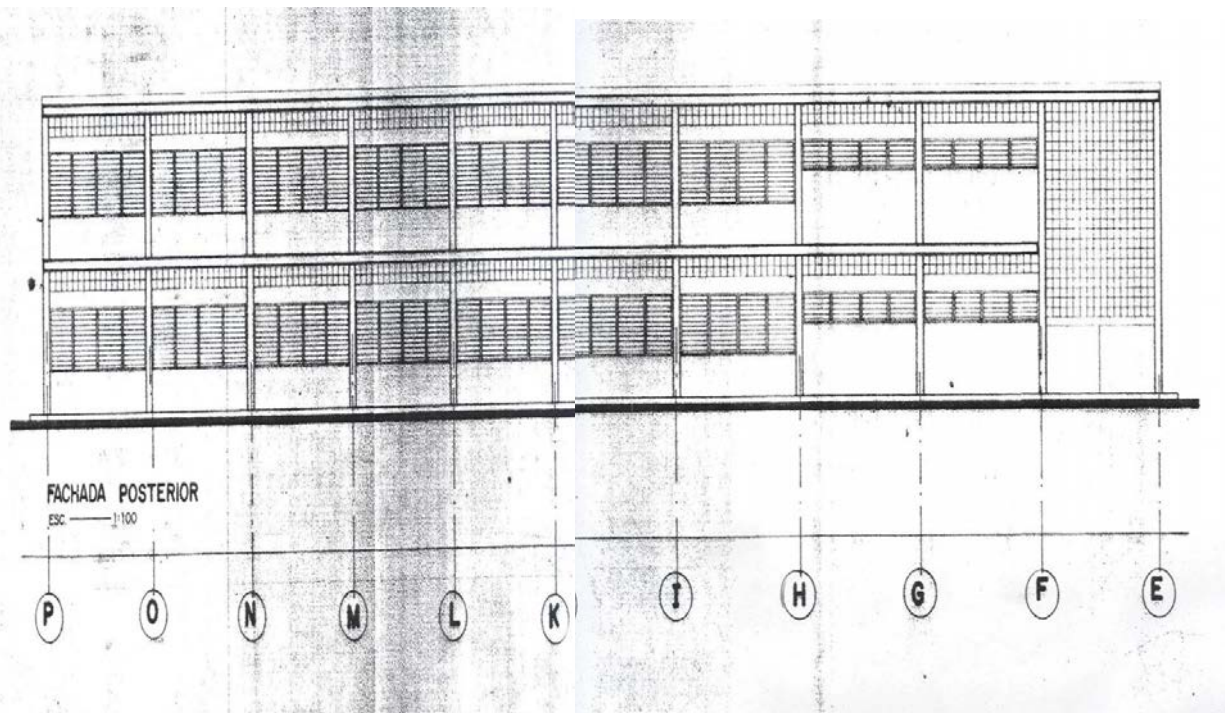
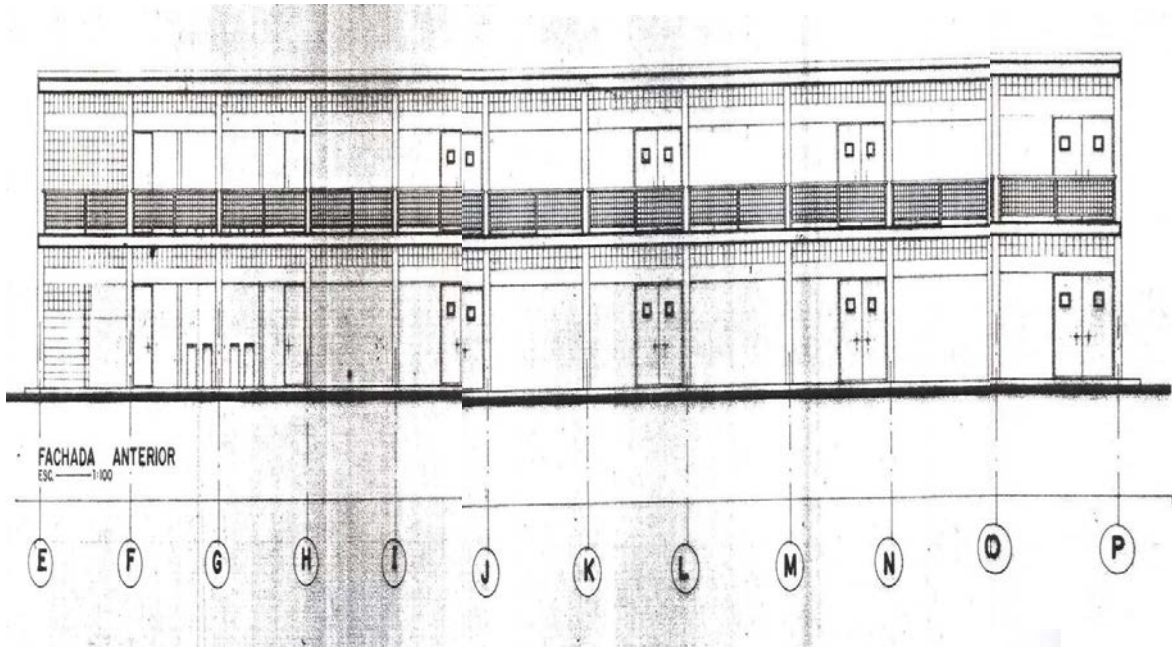
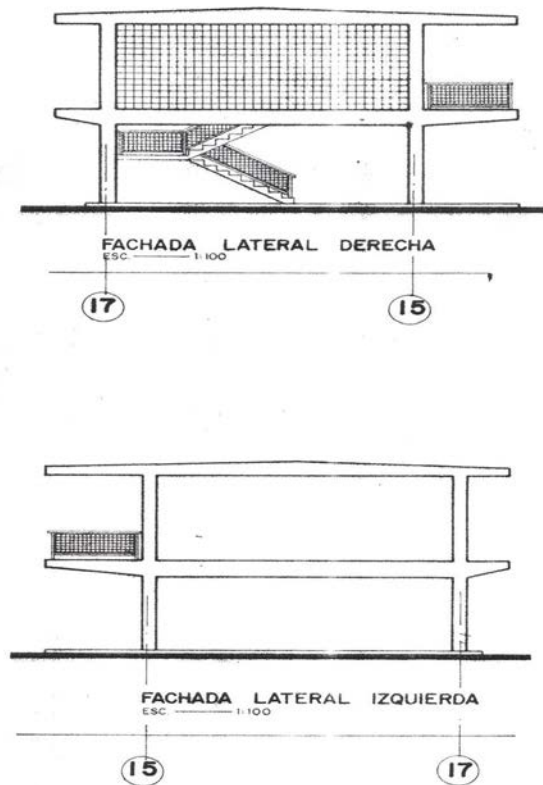


Figura A.1.4.57 Fachada posterior. Tipo STAC





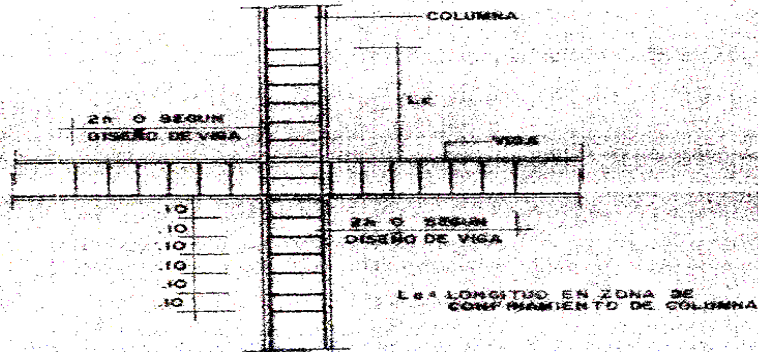
**Figura A.1.4.58 Fachada anterior. Tipo STAC**



**Figura A.1.4.59 Fachada laterales. Tipo STAC**







**DETALLE DE NODO SISMICO**

S/E

EN LAS ZONAS ADYACENTES A LOS NODOS, LOS ESTRIBOS Y LIGADURAS TENDRAN LA MITAD DE LA SEPARACION CALCULADA PARA EL RESTO DEL ELEMENTO CORRESPONDIENTE (1/4 H PARA COLUMNAS Y 2n PARA VIGAS.)

LAS LIGADURAS DE COLUMNA CONTINUARAN EN LA ZONA COMUN ENTRE COLUMNAS Y VIGA.

Figura A.1.4.62 Detalle de nodo. Tipo STAC

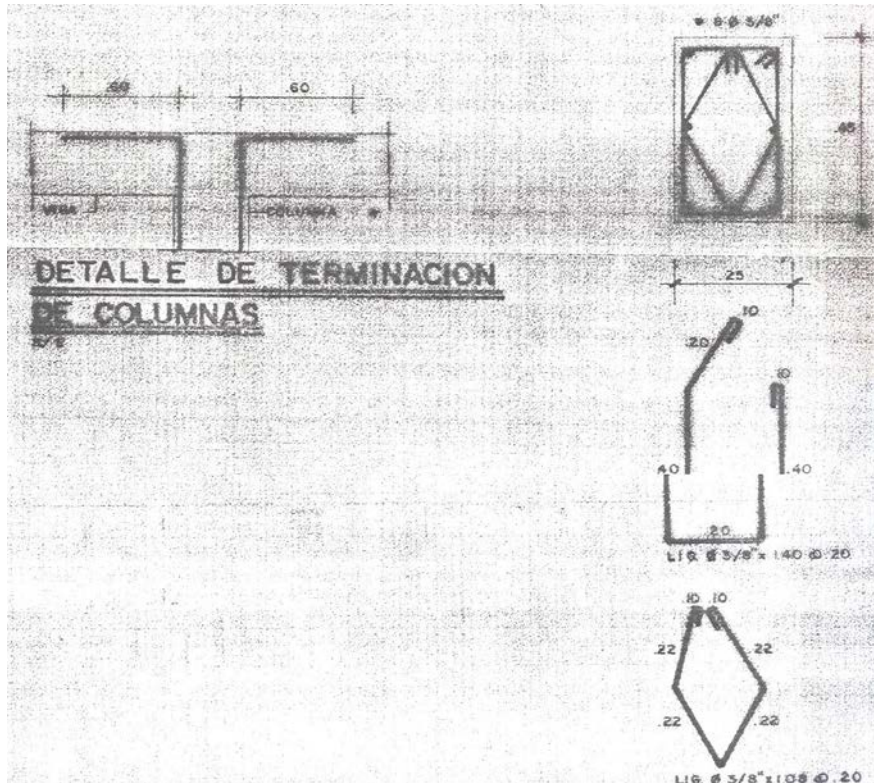


Figura A.1.4.63 Detalles de columnas. Tipo STAC



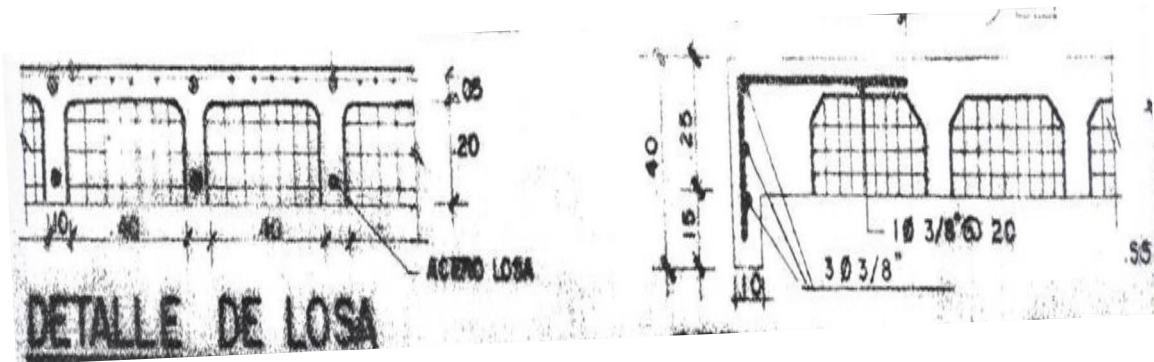


Figura A.1.4.64 Detalle de losa. Tipo STAC

A 1.4.6- Planos Tipo Antiguo II:

Estos planos antiguos originales fueron localizados dentro del proyecto, en la Biblioteca Nacional, en los archivos audiovisuales, corresponden al Grupo Escolar Tipo Valle, planos estructurales del año Mayo 1957 -1958, estos fueron fotografiados con la previa autorización de la Lic. Nefetis Tarache

A 1.4.6.1- Planos Tipo Antiguo II – Grupo Escolar para 600 alumnos Tipo Valle/ 2 Pisos.:

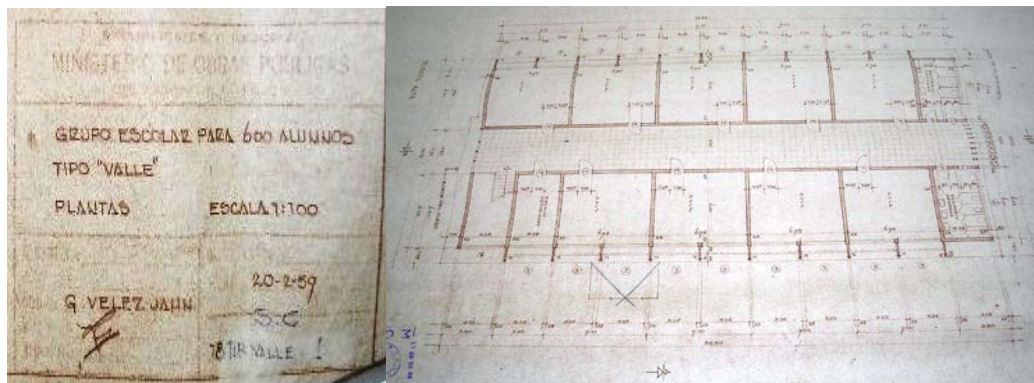


Figura A.1.4.65 Plano de planta. Tipo Antiguo II

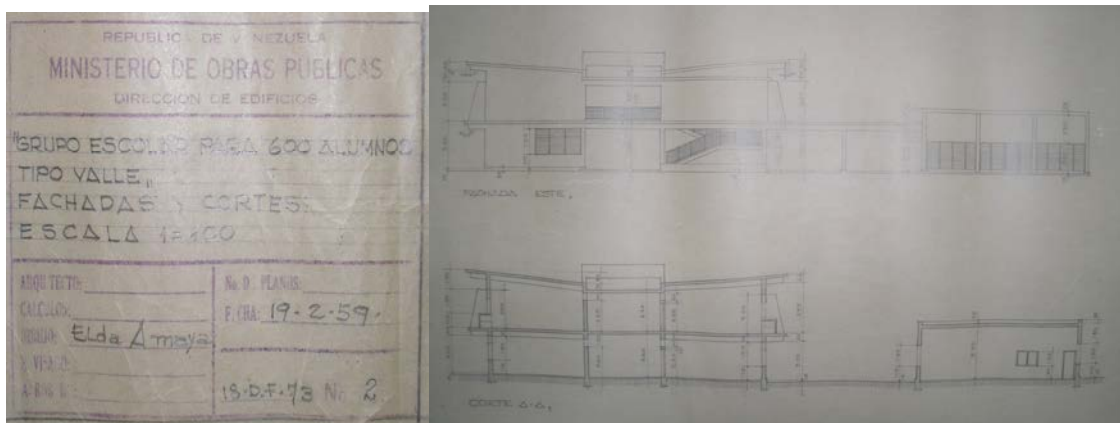
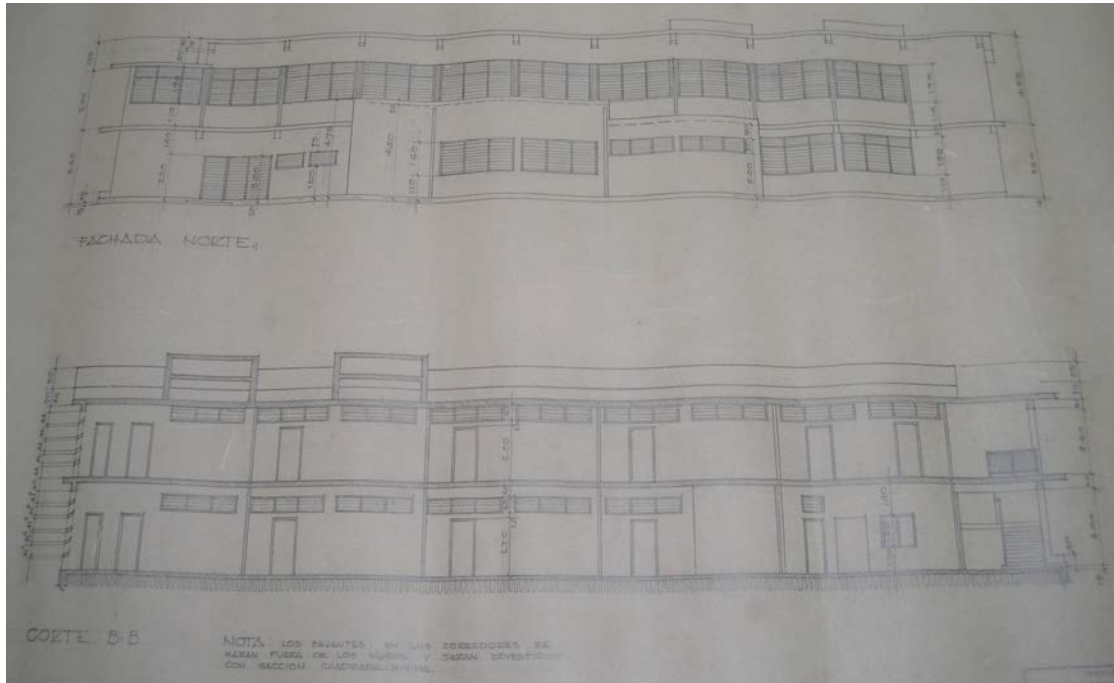
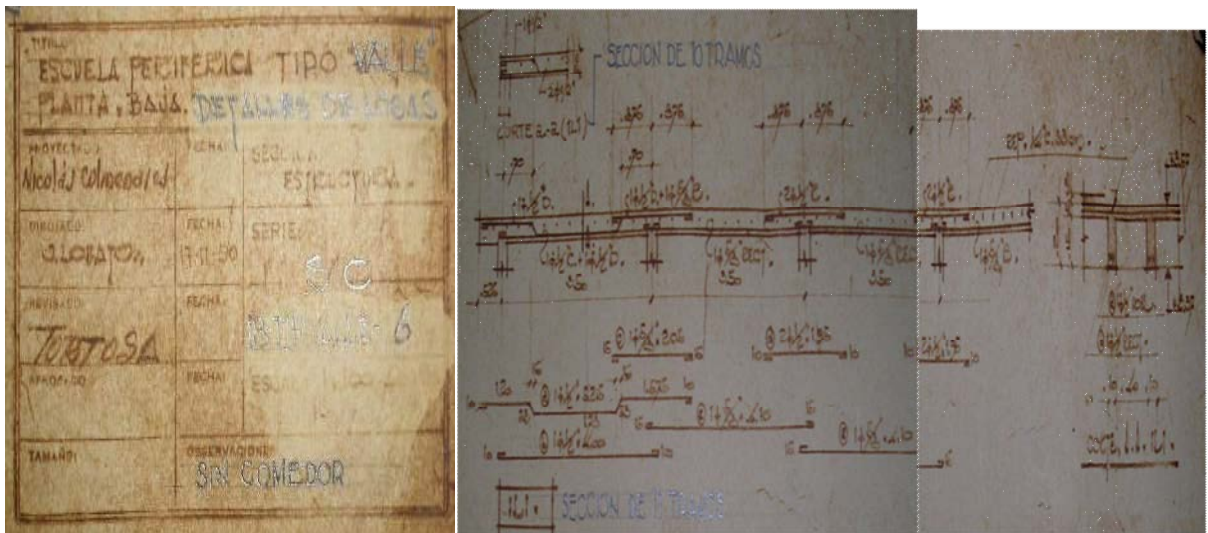


Figura A.1.4.66 Fachadas y cortes. Tipo Antiguo II



**Figura A.1.4.67 Fachadas y cortes. Tipo Antiguo II**



**Figura A.1.4.68 Detalles de Losas, planta baja. Tipo Antiguo II**



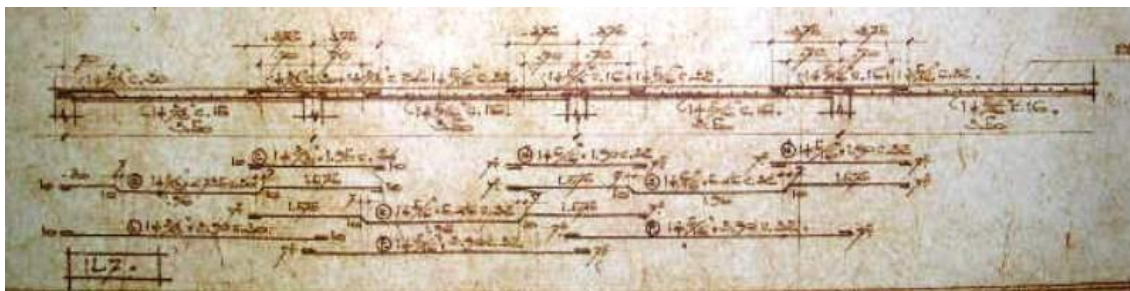
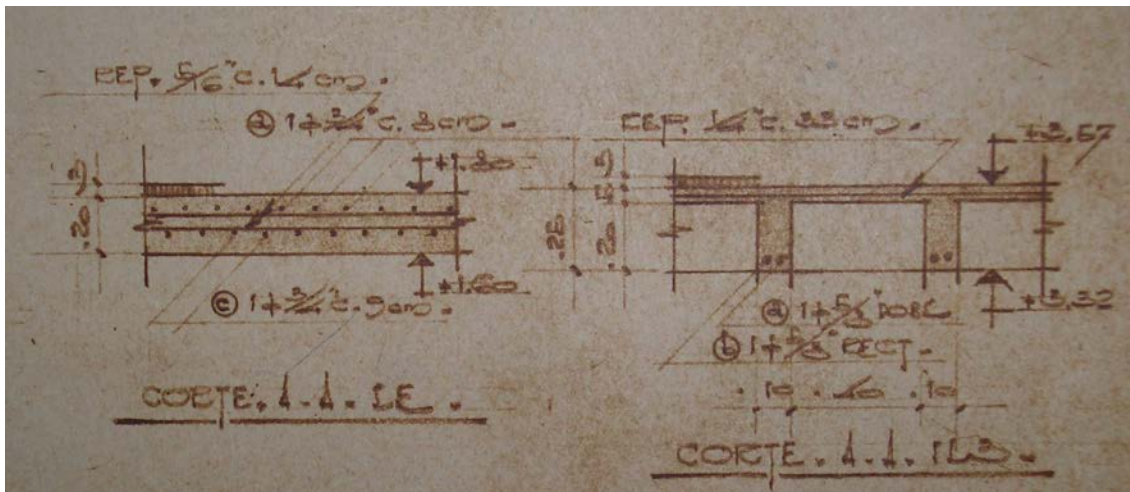
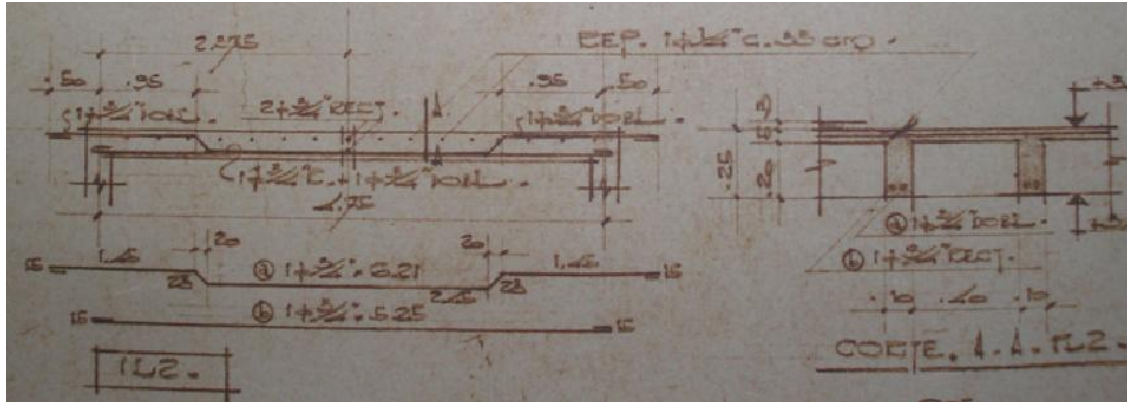
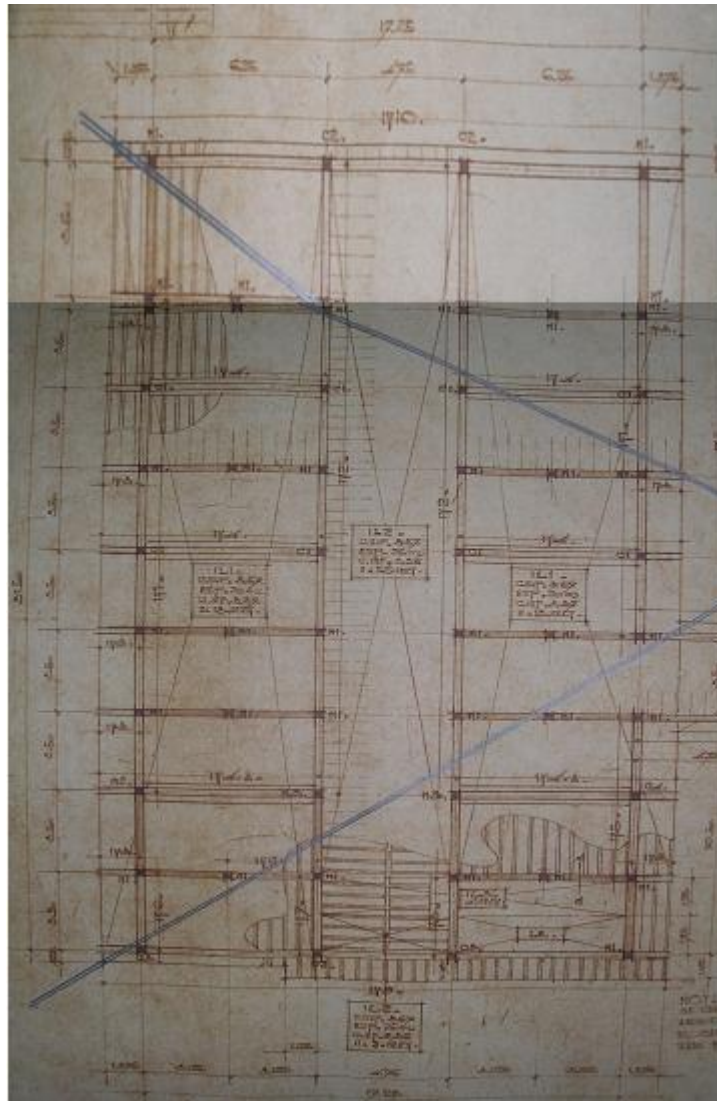


Figura A.1.4.69 Detalles de Losas, planta baja. Tipo Antigo II

GRUPO ESCOLAR PARA 600 ALUMNOS  
 "TIPO VALLE" SIN COMEDOR  
 DETALLES DE LOS ENVIADOS DE LAS  
 VIGAS BASES (V.B.1 - V.B.12)  
 ESCALAS 1/50 Y 1/20

M.B.N.  
 MVILLARROEL D. 7  
 B. WASSER  
 MVILLARROEL - TORTOSA SC  
 ESTIVALVE N° 4



**Figura A.1.4.70 Detalles de los Enviados de las Vigas Bases. Tipo Antigo II**



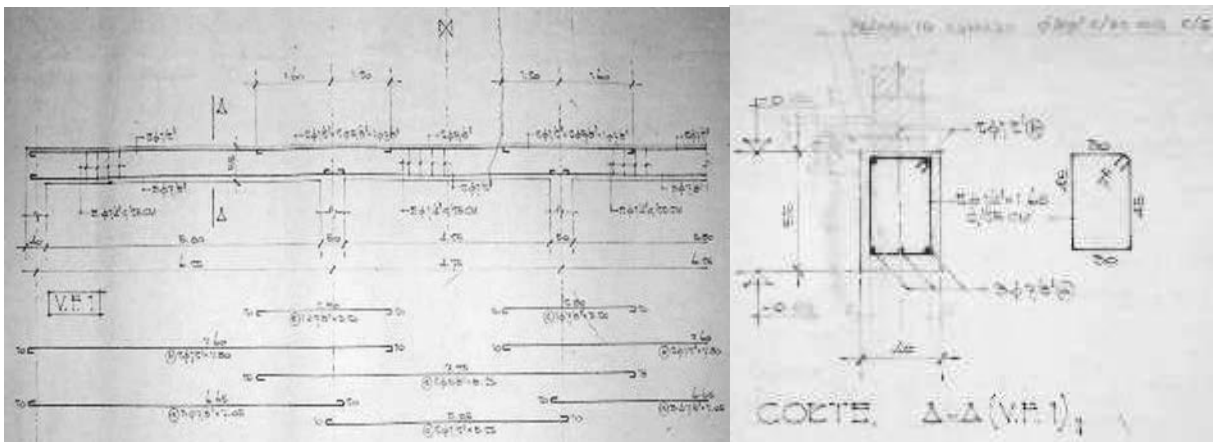


Figura A.1.4.71 Detalles de la Viga V.F.1. Tipo Antiguo II

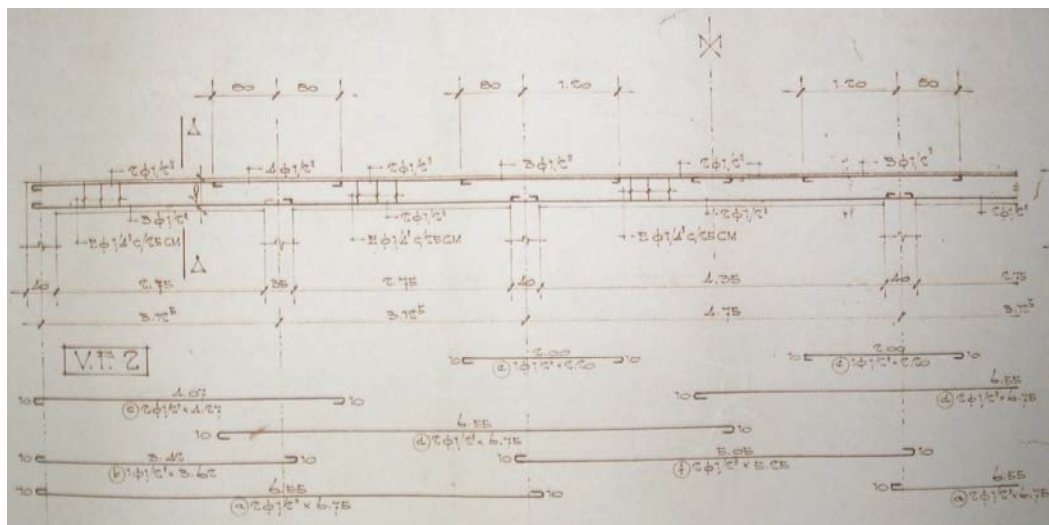


Figura A.1.4.72 Detalles de la Viga V.F.2. Tipo Antiguo II

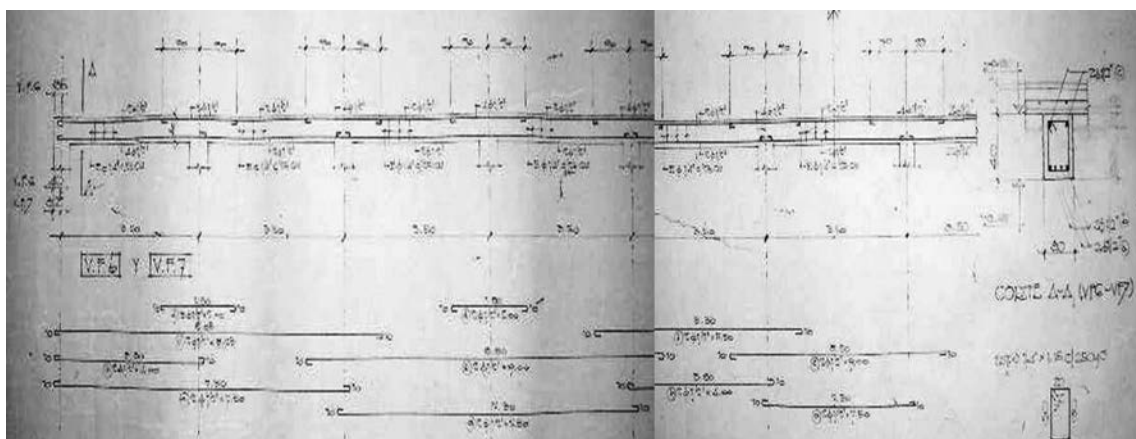


Figura A.1.4.73 Detalles de la Viga V.F.6 y V.F.7. Tipo Antiguo II

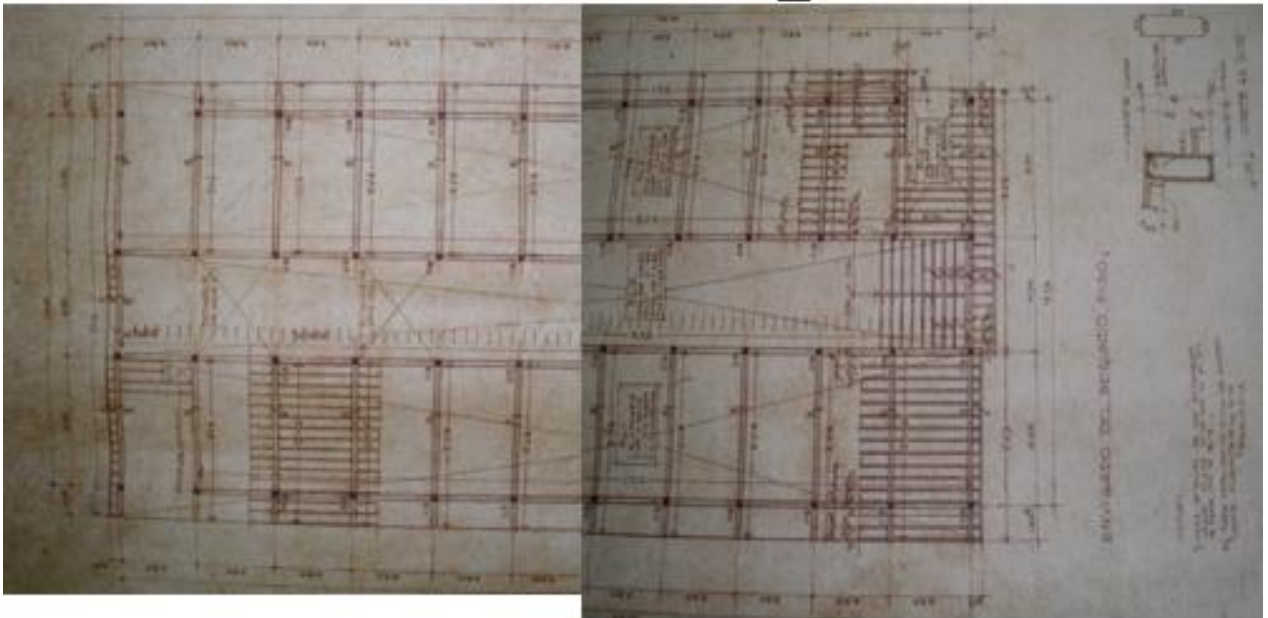


Figura A.1.4.74 Detalles de los Envigados del Segundo Piso. Tipo Antigo II

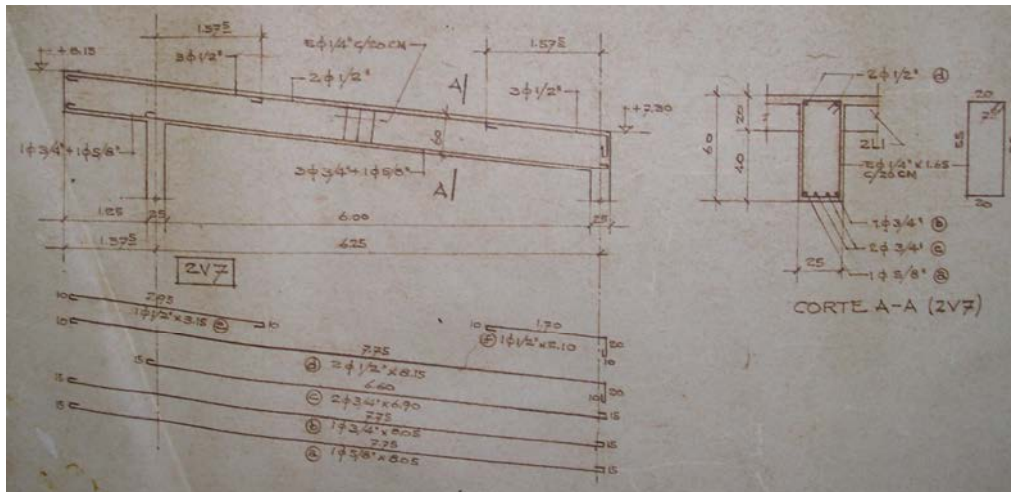


Figura A.1.4.75 Corte y sección transversal del Techo. Tipo Antigo II

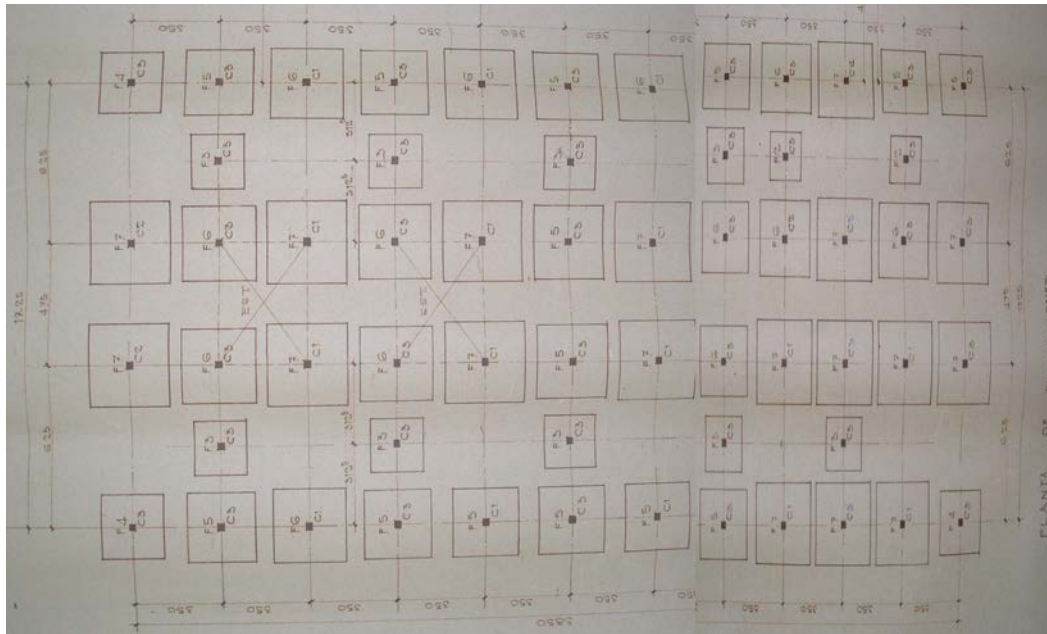


Figura A.1.4.76 Detalles de losa de fundación. Tipo Antiguo II

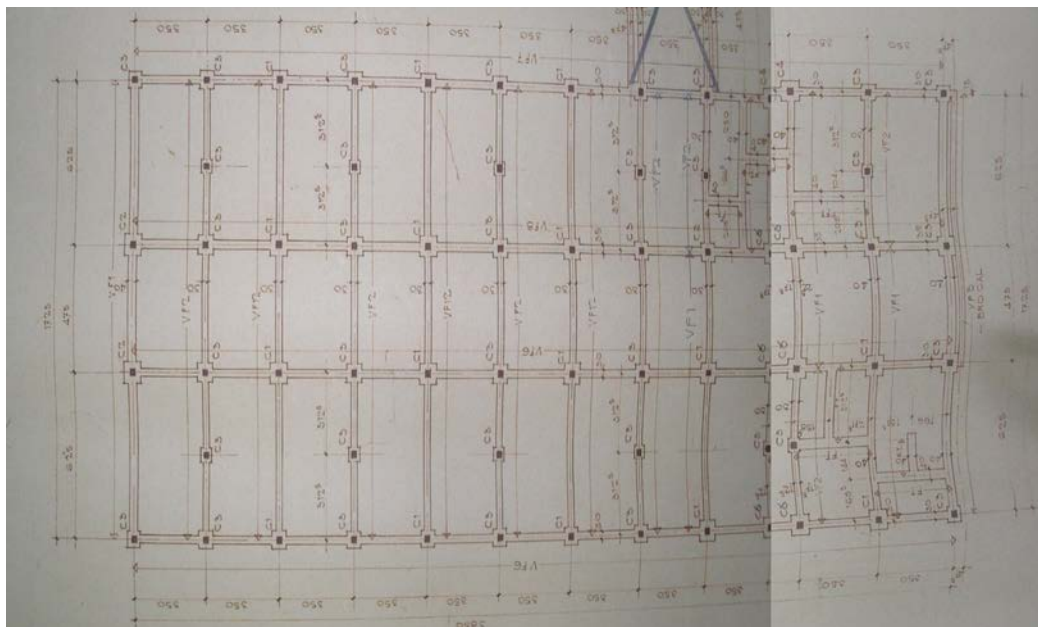


Figura A.1.4.77 Detalles de Vigas bases. Tipo Antiguo II





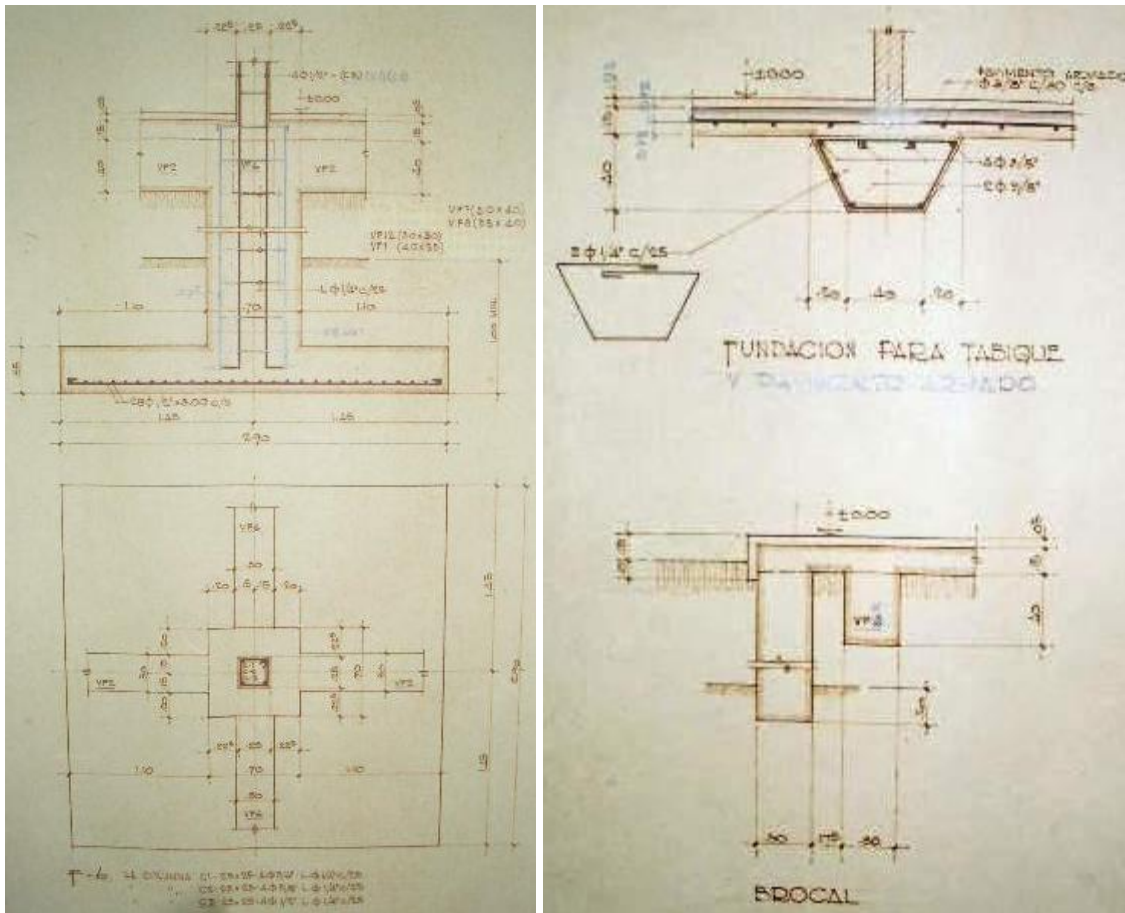


Figura A.1.4.80 Detalles de fundaciones. Tipo Antiguo II

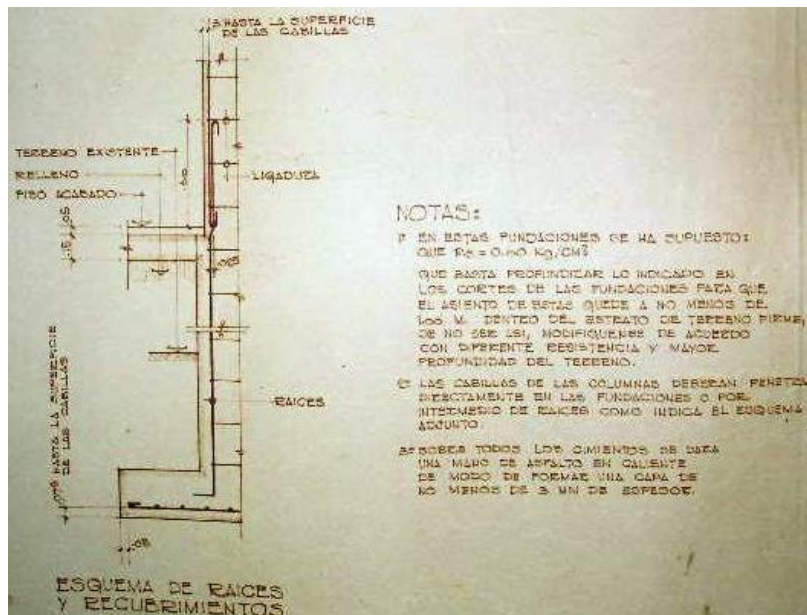
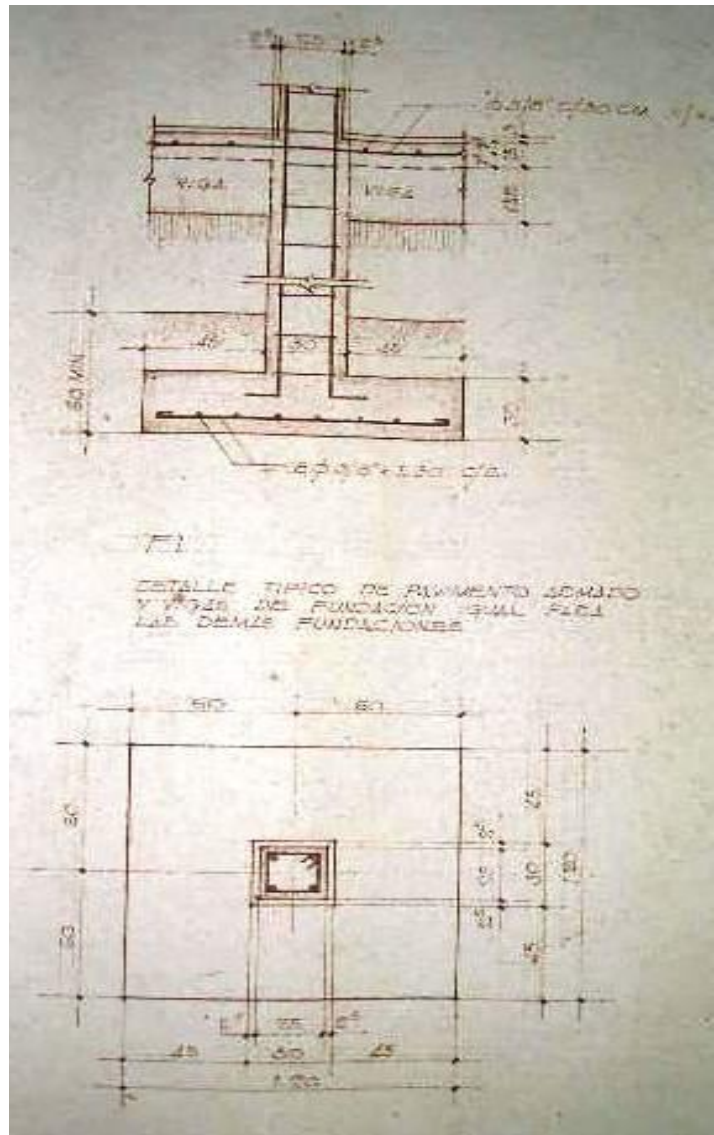
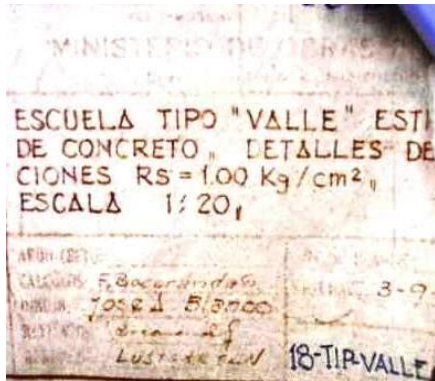


Figura A.1.4.81 Detalles de Recubrimiento. Tipo Antiguo II





COLUMNAS:

COL.	SECCION	DEM.	LIG.	LONG. LIG.
C1	25x25	4φ3/4	φ1/4φ25	1.00
C2	25x25	4φ3/8	"	1.00
C3	25x25	4φ7/8	"	1.00
C4	25x30	8φ5/8	"	1.10
C5	25x50	4φ3/4	"	1.50
C6	25x30	4φ3/4	"	1.10
C7	25x65	6φ1/2	"	1.20 y 1.20

Figura A.1.4.82 Detalles de Fundaciones. Rs = 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>. Tipo Antiguo II

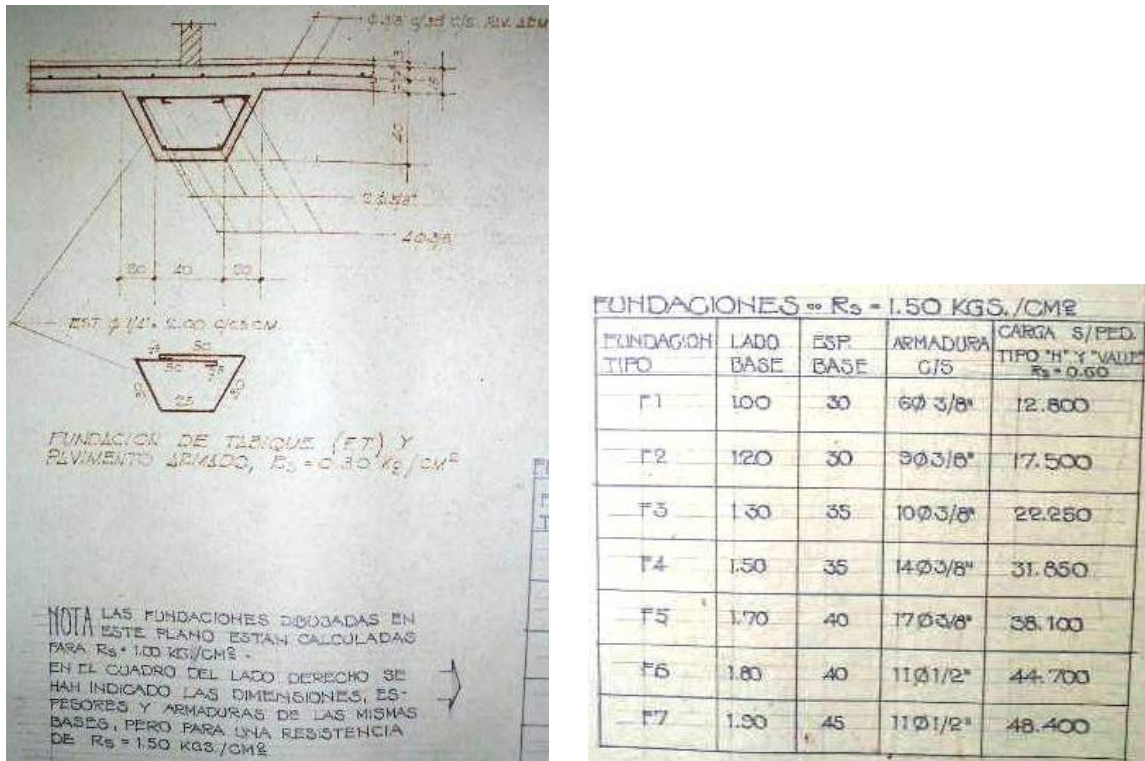


Figura A.1.4.83 Detalles de Fundaciones.  $R_s = 1.50 \text{ Kg/cm}^2$ . Tipo Antigo II

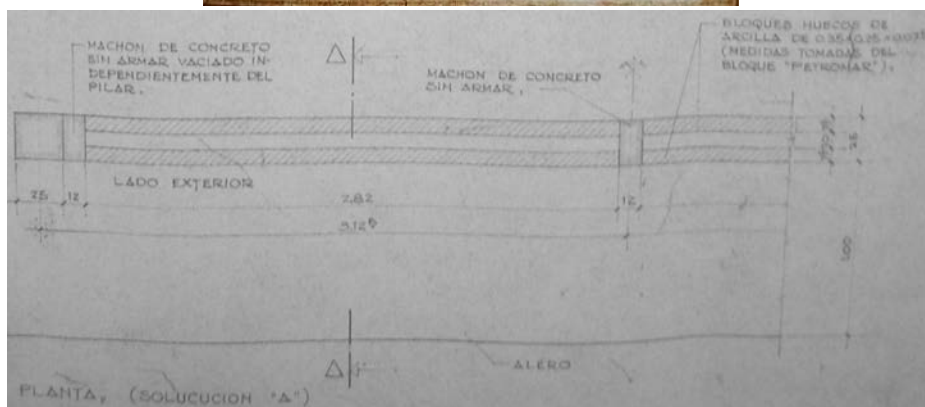
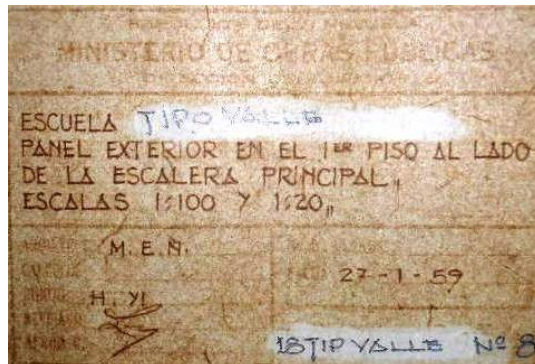
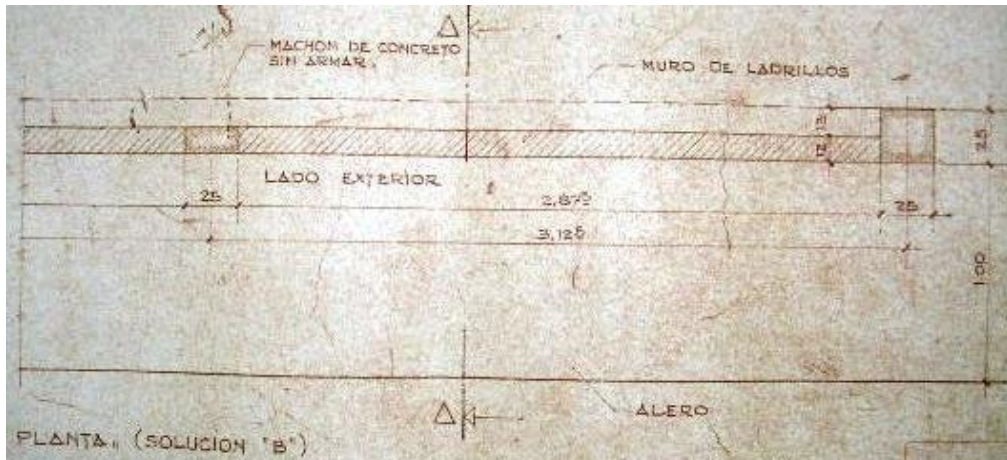
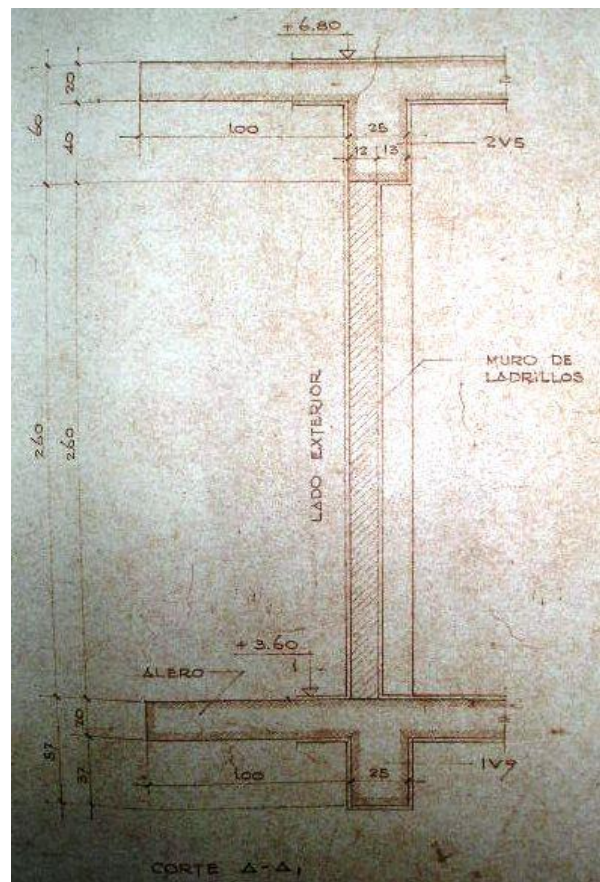
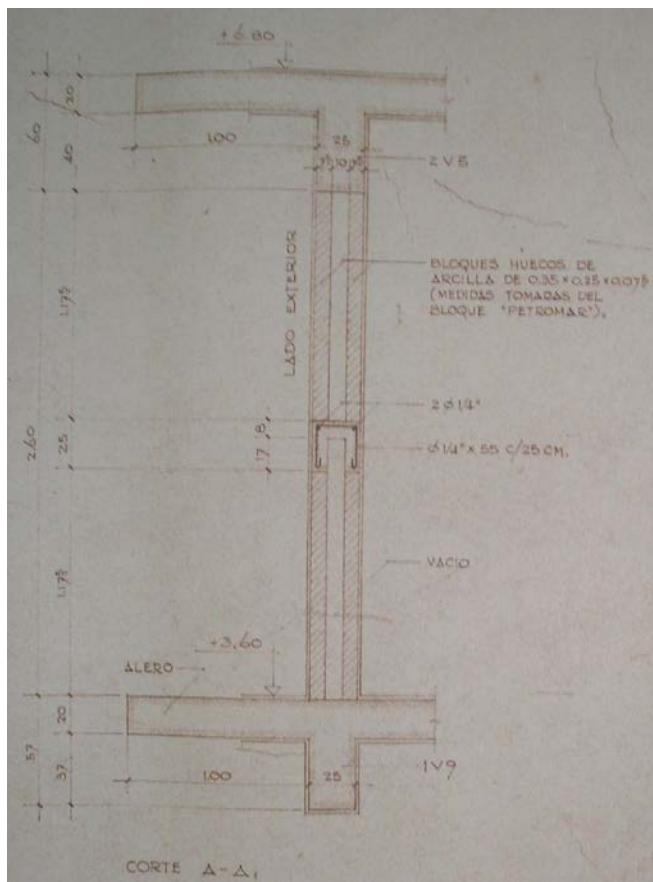


Figura A.1.4.84 Detalles de Panel Exterior en el 1º Piso. Tipo Antigo II





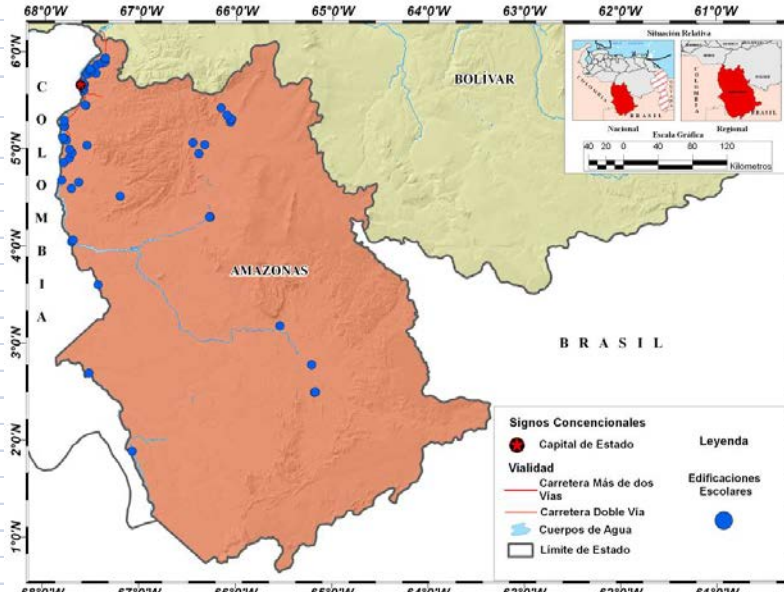
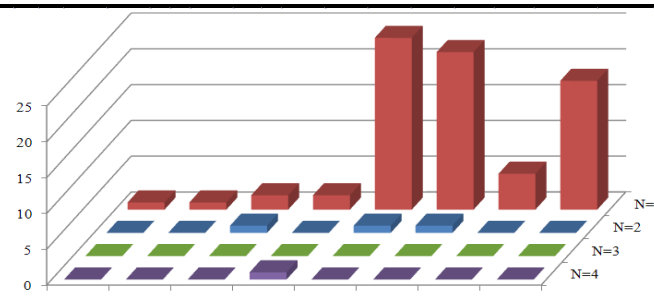



**Figura A.1.4.85 Detalles de Panel Exterior en el 1<sup>er</sup> Piso. Tipo Antigo II**



**Figura A.1.4.86 Detalles de Paredes. Tipo Antigo II**

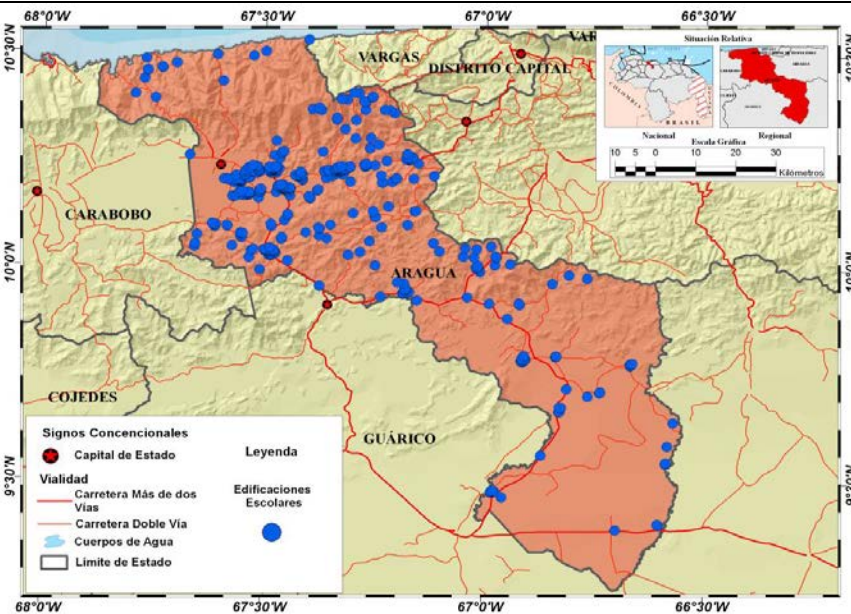
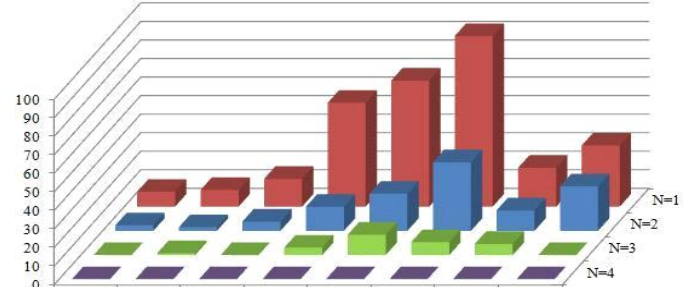



## **Anexo 1.5**

### **Reporte de Escuelas por Estado**

PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																						
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																						
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																						
REPORTE PRELIMINAR								FECHA:	30/06/2011																																																																													
								HOJA:	1	1																																																																												
1.- ESTADO:	AMAZONAS	2.- CAPITAL:	PUERTO AYACUCHO	4.- SUP:	180.145 km <sup>2</sup>																																																																																	
5.-POB 2001 (INE):	119.564 hab.		6.-PROY POB 2010	153.580 hab.																																																																																		
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	364	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	79																																																																																			
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,002 esc/km <sup>2</sup>		10.-ZONAS SÍSMICAS:	0																																																																																		
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 79 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO AMAZONAS</b>																																																																																						
																																																																																						
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>					<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																																	
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																						
<b>14.- REFERENCIAS:</b>					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>24</td> <td>22</td> <td>5</td> <td>18</td> <td>75</td> <td>94,9%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>3,8%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1,3%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>25</td> <td>23</td> <td>5</td> <td>18</td> <td>79</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>1,3%</td> <td>1,3%</td> <td>3,8%</td> <td>3,8%</td> <td>31,6%</td> <td>29,1%</td> <td>6,3%</td> <td>22,8%</td> <td>100,0%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	1	1	2	2	24	22	5	18	75	94,9%	N=2 pisos	0	0	1	0	1	1	0	0	3	3,8%	N=3 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	N=4 pisos	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1,3%	Sub-total	1	1	3	3	25	23	5	18	79	100,0%	%	1,3%	1,3%	3,8%	3,8%	31,6%	29,1%	6,3%	22,8%	100,0%	
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																												
N=1 piso	1	1	2	2	24	22	5	18	75	94,9%																																																																												
N=2 pisos	0	0	1	0	1	1	0	0	3	3,8%																																																																												
N=3 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%																																																																												
N=4 pisos	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1,3%																																																																												
Sub-total	1	1	3	3	25	23	5	18	79	100,0%																																																																												
%	1,3%	1,3%	3,8%	3,8%	31,6%	29,1%	6,3%	22,8%	100,0%																																																																													
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN																																																																																						
<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																																						
 INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV			 FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS- MPPCTL			 FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS- MPEPE			<b>ANEXOS:</b>																																																																													

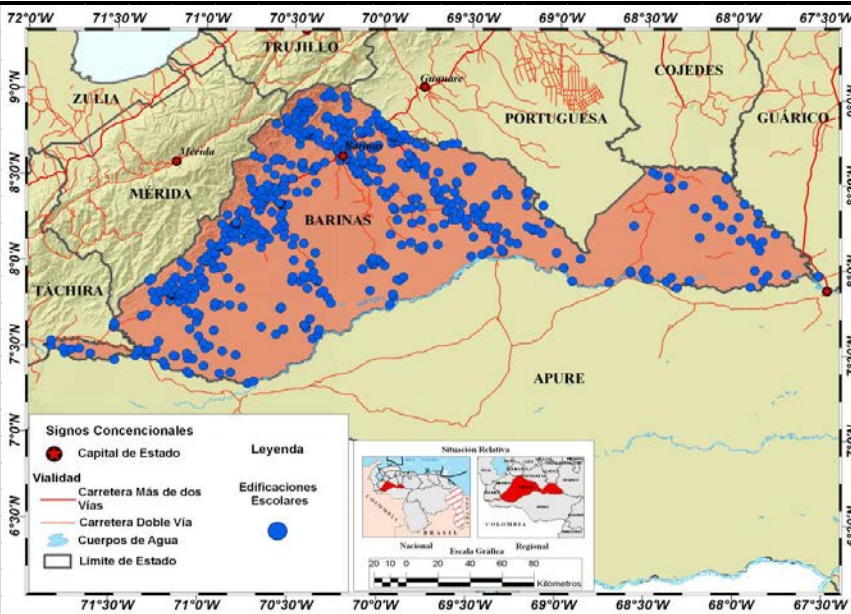
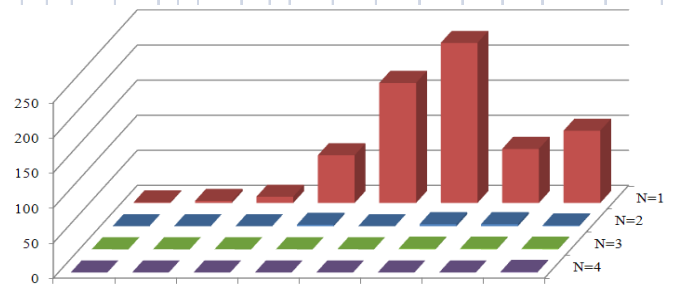





PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ECOLARES DE VENEZUELA																																																																																
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
REPORTE PRELIMINAR			FECHA:																																																																													
			30/06/2011																																																																													
HOJA:		1	1																																																																													
1.- ESTADO:	ANZOÁTEGUI	2.- CAPITAL:	BARCELONA																																																																													
4.- SUP:	43.300 km <sup>2</sup>																																																																															
5.-POB 2001 (INE):	1.323.655 hab.	6.-PROY POB 2010	1.550.581 hab.																																																																													
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	1.406	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	551																																																																													
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,32 esc/km <sup>2</sup>	10.-ZONAS SÍSMICAS:	2,3,4,5 y 6																																																																													
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 551 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO ANZOÁTEGUI</b>																																																																																
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>		<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																														
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																
<b>14.- REFERENCIAS:</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>8</td> <td>13</td> <td>18</td> <td>91</td> <td>153</td> <td>122</td> <td>36</td> <td>60</td> <td>501</td> <td>90.9%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>9</td> <td>3</td> <td>8</td> <td>32</td> <td>5.8%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>8</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>17</td> <td>3.1%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0.2%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>9</td> <td>15</td> <td>23</td> <td>99</td> <td>163</td> <td>133</td> <td>39</td> <td>70</td> <td>551</td> <td>100.0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>1.6%</td> <td>2.7%</td> <td>4.2%</td> <td>18.0%</td> <td>29.6%</td> <td>24.1%</td> <td>7.1%</td> <td>12.7%</td> <td>100.0%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	8	13	18	91	153	122	36	60	501	90.9%	N=2 pisos	1	1	4	5	1	9	3	8	32	5.8%	N=3 pisos	0	1	1	3	8	2	0	2	17	3.1%	N=4 pisos	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.2%	Sub-total	9	15	23	99	163	133	39	70	551	100.0%	%	1.6%	2.7%	4.2%	18.0%	29.6%	24.1%	7.1%	12.7%	100.0%	
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																						
N=1 piso	8	13	18	91	153	122	36	60	501	90.9%																																																																						
N=2 pisos	1	1	4	5	1	9	3	8	32	5.8%																																																																						
N=3 pisos	0	1	1	3	8	2	0	2	17	3.1%																																																																						
N=4 pisos	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.2%																																																																						
Sub-total	9	15	23	99	163	133	39	70	551	100.0%																																																																						
%	1.6%	2.7%	4.2%	18.0%	29.6%	24.1%	7.1%	12.7%	100.0%																																																																							
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN		<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																														
		FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS - MPPPE																																																																														
			<b>ANEXOS:</b>																																																																													

PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
REPORTE PRELIMINAR			FECHA:																																																																													
			30/06/2011																																																																													
		HOJA:	1 1																																																																													
<b>1.- ESTADO:</b>	ARAGUA	<b>2.- CAPITAL:</b>	MARACAY																																																																													
		<b>4.- SUP:</b>	7.014 km <sup>2</sup>																																																																													
<b>5.-POB 2001 (INE):</b>	1.520.060 hab.	<b>6.-PROY POB 2010</b>	1.735.981 hab.																																																																													
<b>7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008</b>	1.563	<b>8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:</b>	446																																																																													
<b>9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:</b>	0,22 esc/km <sup>2</sup>	<b>10.-ZONAS SÍSMICAS:</b>	3, 4 y 5																																																																													
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 446 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO ARAGUA</b>																																																																																
																																																																																
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>		<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																														
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																
<b>14.- REFERENCIAS:</b>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>15</td> <td>56</td> <td>68</td> <td>92</td> <td>21</td> <td>33</td> <td>302</td> <td>67.7%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>13</td> <td>20</td> <td>37</td> <td>11</td> <td>24</td> <td>115</td> <td>25.8%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>11</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>29</td> <td>6.5%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.0%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>20</td> <td>73</td> <td>99</td> <td>136</td> <td>38</td> <td>57</td> <td>446</td> <td>100.0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>2.5%</td> <td>2.7%</td> <td>4.5%</td> <td>16.4%</td> <td>22.2%</td> <td>30.5%</td> <td>8.5%</td> <td>12.8%</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	8	9	15	56	68	92	21	33	302	67.7%	N=2 pisos	3	2	5	13	20	37	11	24	115	25.8%	N=3 pisos	0	1	0	4	11	7	6	0	29	6.5%	N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%	Sub-total	11	12	20	73	99	136	38	57	446	100.0%	%	2.5%	2.7%	4.5%	16.4%	22.2%	30.5%	8.5%	12.8%		
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																						
N=1 piso	8	9	15	56	68	92	21	33	302	67.7%																																																																						
N=2 pisos	3	2	5	13	20	37	11	24	115	25.8%																																																																						
N=3 pisos	0	1	0	4	11	7	6	0	29	6.5%																																																																						
N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%																																																																						
Sub-total	11	12	20	73	99	136	38	57	446	100.0%																																																																						
%	2.5%	2.7%	4.5%	16.4%	22.2%	30.5%	8.5%	12.8%																																																																								
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN																																																																																
<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																																
 INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV	 FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS- MPPCTL	 FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS- MPEPE	<b>ANEXOS:</b>																																																																													

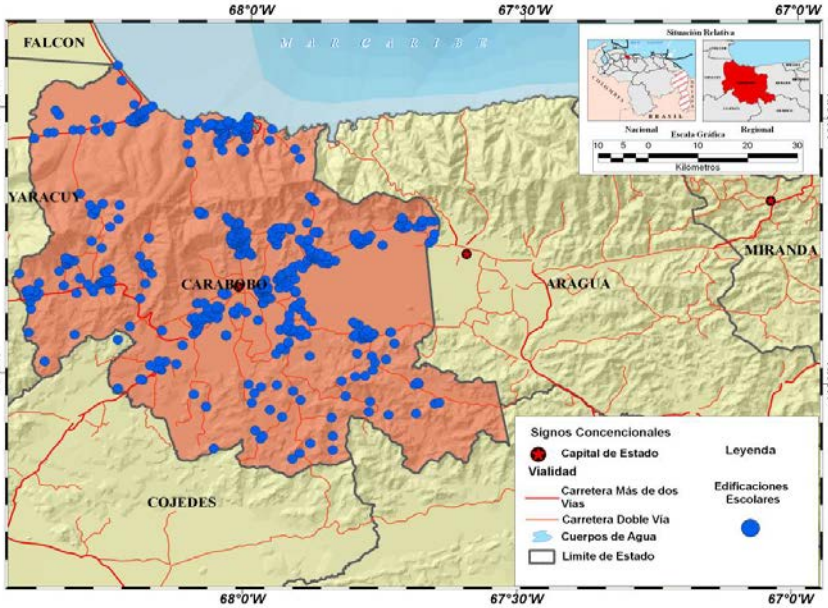
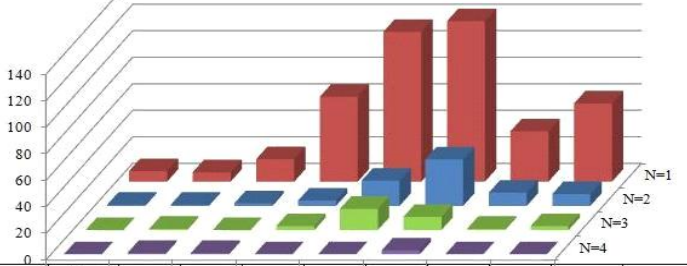



PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ECOLARES DE VENEZUELA																																																																																
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
REPORTES PRELIMINAR			FECHA:																																																																													
			30/06/2011																																																																													
		HOJA:	1 1																																																																													
1.- ESTADO:	APURE	2.- CAPITAL:	SAN FERNANDO																																																																													
3.- SUP:	76.500 km <sup>2</sup>	4.- SUP:	76.500 km <sup>2</sup>																																																																													
5.-POB 2001 (INE):	414.107 hab.	6.-PROY POB 2010	508.783 hab.																																																																													
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	984	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	466																																																																													
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,01 esc/km <sup>2</sup>	10.-ZONAS SÍSMICAS:	1, 2, 3, 4																																																																													
11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 466 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO APURE																																																																																
13.- OBSERVACIONES:		12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS																																																																														
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																
14.- REFERENCIAS:		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>10</td> <td>50</td> <td>98</td> <td>128</td> <td>72</td> <td>99</td> <td>460</td> <td>98,7%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>1,3%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>10</td> <td>50</td> <td>99</td> <td>128</td> <td>73</td> <td>103</td> <td>466</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>0,0%</td> <td>0,6%</td> <td>2,1%</td> <td>10,7%</td> <td>21,2%</td> <td>27,5%</td> <td>15,7%</td> <td>22,1%</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	0	3	10	50	98	128	72	99	460	98,7%	N=2 pisos	0	0	0	0	1	0	1	4	6	1,3%	N=3 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	Sub-total	0	3	10	50	99	128	73	103	466	100,0%	%	0,0%	0,6%	2,1%	10,7%	21,2%	27,5%	15,7%	22,1%		
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																						
N=1 piso	0	3	10	50	98	128	72	99	460	98,7%																																																																						
N=2 pisos	0	0	0	0	1	0	1	4	6	1,3%																																																																						
N=3 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%																																																																						
N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%																																																																						
Sub-total	0	3	10	50	99	128	73	103	466	100,0%																																																																						
%	0,0%	0,6%	2,1%	10,7%	21,2%	27,5%	15,7%	22,1%																																																																								
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN																																																																																
ELABORADO POR: Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																																
INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV		FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS-MPPCTL																																																																														
		FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS- MPPE																																																																														
			ANEXOS:																																																																													



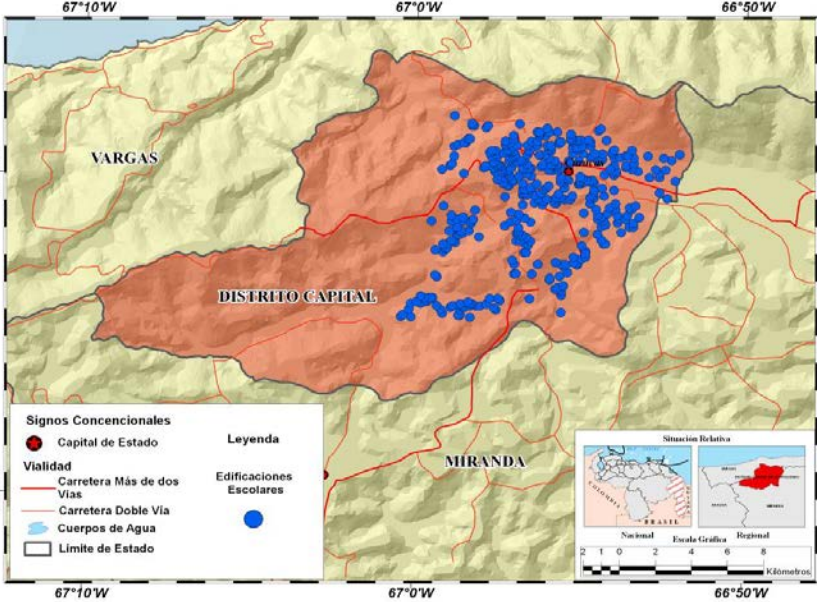
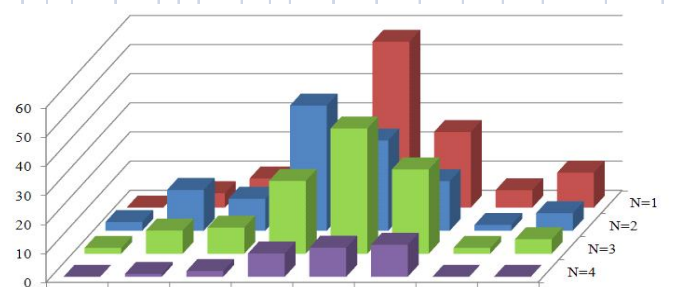



PROYECTO IMME, FUNVIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																							
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																							
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																							
REPORTE PRELIMINAR										FECHA:																																																																													
										30/06/2011																																																																													
										HOJA:																																																																													
										1   1																																																																													
1.- ESTADO:	BARINAS			2.- CAPITAL:	BARINAS		4.- SUP:	35.200 km <sup>2</sup>																																																																															
5.-POB 2001 (INE):	660.007 hab.			6.-PROY POB 2010	805.308 hab.																																																																																		
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	1.735		8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	673																																																																																			
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,05 esc/km <sup>2</sup>		10.-ZONAS SÍSMICAS:	2, 3, 4, 5																																																																																			
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 314 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO BARINAS</b>																																																																																							
																																																																																							
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>					<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																																		
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																							
<b>14.- REFERENCIAS:</b>					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>68</td> <td>171</td> <td>228</td> <td>77</td> <td>103</td> <td>660</td> <td>98,1%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>9</td> <td>1,3%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>0,4%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0,1%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>70</td> <td>171</td> <td>232</td> <td>81</td> <td>106</td> <td>673</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>0,1%</td> <td>0,4%</td> <td>1,3%</td> <td>10,4%</td> <td>25,4%</td> <td>34,5%</td> <td>12,0%</td> <td>15,8%</td> <td>100,0%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	1	3	9	68	171	228	77	103	660	98,1%	N=2 pisos	0	0	0	2	0	3	3	1	9	1,3%	N=3 pisos	0	0	0	0	0	1	1	1	3	0,4%	N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,1%	Sub-total	1	3	9	70	171	232	81	106	673	100,0%	%	0,1%	0,4%	1,3%	10,4%	25,4%	34,5%	12,0%	15,8%	100,0%	
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																													
N=1 piso	1	3	9	68	171	228	77	103	660	98,1%																																																																													
N=2 pisos	0	0	0	2	0	3	3	1	9	1,3%																																																																													
N=3 pisos	0	0	0	0	0	1	1	1	3	0,4%																																																																													
N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,1%																																																																													
Sub-total	1	3	9	70	171	232	81	106	673	100,0%																																																																													
%	0,1%	0,4%	1,3%	10,4%	25,4%	34,5%	12,0%	15,8%	100,0%																																																																														
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN																																																																																							
<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																																							
 INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV			 FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS- MPPCTL			 FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS- M PPE			<b>ANEXOS:</b>																																																																														

PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ECOLARES DE VENEZUELA																																																																																
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
REPORTE PRELIMINAR			FECHA:																																																																													
			30/06/2011																																																																													
HOJA:		1	1																																																																													
1.- ESTADO:	BOLÍVAR	2.-CAPITAL: CIUDAD BOLÍVAR	4.- SUP: 238.000 km <sup>2</sup>																																																																													
5.-POB 2001 (INE):	1.351.520 hab.	6.-PROY POB 2010	1.620.359 hab.																																																																													
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	1.705	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	314																																																																													
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,01 esc/km <sup>2</sup>	10.-ZONAS SÍSMICAS:	1, 2, 3																																																																													
11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 314 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO BOLÍVAR																																																																																
13.- OBSERVACIONES:		12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS																																																																														
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																
14.- REFERENCIAS:		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>13</td> <td>44</td> <td>68</td> <td>86</td> <td>28</td> <td>47</td> <td>291</td> <td>92,7%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>19</td> <td>6,1%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>1,0%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0,3%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>14</td> <td>45</td> <td>75</td> <td>94</td> <td>28</td> <td>52</td> <td>314</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>1,6%</td> <td>0,3%</td> <td>4,5%</td> <td>14,3%</td> <td>23,9%</td> <td>29,9%</td> <td>8,9%</td> <td>16,6%</td> <td>100,0%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	4	1	13	44	68	86	28	47	291	92,7%	N=2 pisos	1	0	1	1	5	7	0	4	19	6,1%	N=3 pisos	0	0	0	0	2	0	0	1	3	1,0%	N=4 pisos	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,3%	Sub-total	5	1	14	45	75	94	28	52	314	100,0%	%	1,6%	0,3%	4,5%	14,3%	23,9%	29,9%	8,9%	16,6%	100,0%	
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																						
N=1 piso	4	1	13	44	68	86	28	47	291	92,7%																																																																						
N=2 pisos	1	0	1	1	5	7	0	4	19	6,1%																																																																						
N=3 pisos	0	0	0	0	2	0	0	1	3	1,0%																																																																						
N=4 pisos	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,3%																																																																						
Sub-total	5	1	14	45	75	94	28	52	314	100,0%																																																																						
%	1,6%	0,3%	4,5%	14,3%	23,9%	29,9%	8,9%	16,6%	100,0%																																																																							
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN		ELABORADO POR: Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																														
		ANEXOS:																																																																														



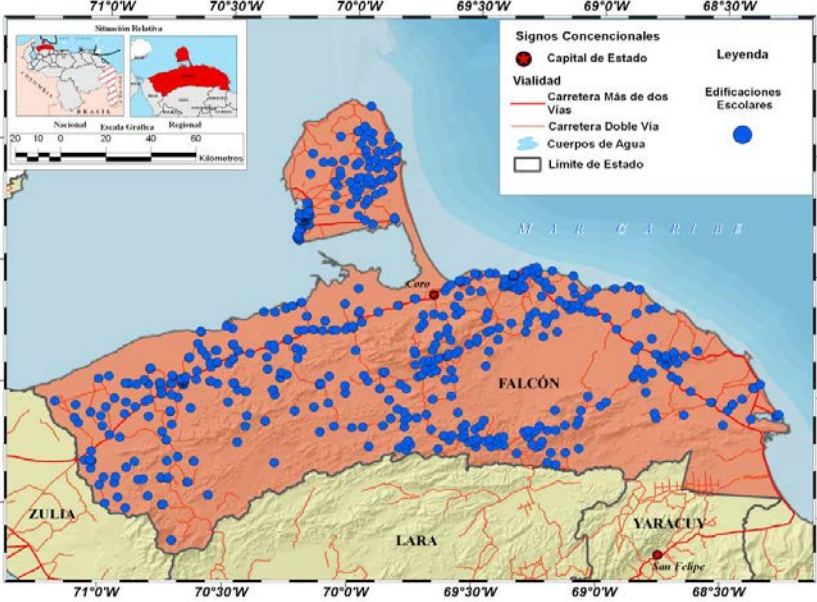
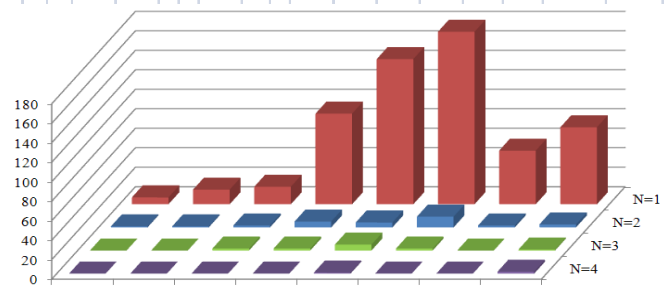



PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																						
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																						
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																						
REPORTE PRELIMINAR								FECHA:	30/06/2011																																																																													
								HOJA:	1	1																																																																												
1.- ESTADO:	CARABOBO	2.- CAPITAL:	VALENCIA	4.- SUP:	4.650 km <sup>2</sup>																																																																																	
5.-POB 2001 (INE):	1.657.314 hab.		6.-PROY POB 2010	1.919.181 hab.																																																																																		
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	1.445		8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	547																																																																																		
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,31 esc/km <sup>2</sup>		10.-ZONAS SÍSMICAS:	4 y 5																																																																																		
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 547 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO CARABOBO</b>																																																																																						
																																																																																						
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>					<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																																	
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																						
<b>14.- REFERENCIAS:</b>					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>17</td> <td>64</td> <td>113</td> <td>121</td> <td>38</td> <td>59</td> <td>427</td> <td>78.1%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>19</td> <td>35</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>81</td> <td>14.8%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>16</td> <td>10</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>34</td> <td>6.2%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>0.9%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>71</td> <td>148</td> <td>169</td> <td>49</td> <td>71</td> <td>547</td> <td>100.0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>1.6%</td> <td>1.8%</td> <td>3.7%</td> <td>13.0%</td> <td>27.1%</td> <td>30.9%</td> <td>9.0%</td> <td>13.0%</td> <td>100.0%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	8	7	17	64	113	121	38	59	427	78.1%	N=2 pisos	1	1	2	4	19	35	10	9	81	14.8%	N=3 pisos	0	1	0	3	16	10	1	3	34	6.2%	N=4 pisos	0	1	1	0	0	3	0	0	5	0.9%	Sub-total	9	10	20	71	148	169	49	71	547	100.0%	%	1.6%	1.8%	3.7%	13.0%	27.1%	30.9%	9.0%	13.0%	100.0%	
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																												
N=1 piso	8	7	17	64	113	121	38	59	427	78.1%																																																																												
N=2 pisos	1	1	2	4	19	35	10	9	81	14.8%																																																																												
N=3 pisos	0	1	0	3	16	10	1	3	34	6.2%																																																																												
N=4 pisos	0	1	1	0	0	3	0	0	5	0.9%																																																																												
Sub-total	9	10	20	71	148	169	49	71	547	100.0%																																																																												
%	1.6%	1.8%	3.7%	13.0%	27.1%	30.9%	9.0%	13.0%	100.0%																																																																													
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN																																																																																						
<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras); Oscar A. López (Coordinador)																																																																																						
 INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV			 FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS- MPPCTL			 FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS- MPPE			<b>ANEXOS:</b>																																																																													

PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ECOLARES DE VENEZUELA																																																																																
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
REPORTES PRELIMINAR			FECHA:																																																																													
			30/06/2011																																																																													
HOJA:		1	1																																																																													
1.- ESTADO:	COJEDES	2.-CAPITAL:	SAN CARLOS																																																																													
4.- SUP:	14.800 km <sup>2</sup>	6.-PROY POB 2010	318.277 hab.																																																																													
5.-POB 2001 (INE):	263.696 hab.	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	257																																																																													
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	580	10.-ZONAS SÍSMICAS:	3, 4, 5																																																																													
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,04 esc/km <sup>2</sup>	11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 257 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO COJEDES																																																																														
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>		<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																														
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																
<b>14.- REFERENCIAS:</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>11</td> <td>24</td> <td>53</td> <td>82</td> <td>22</td> <td>38</td> <td>235</td> <td>91,4%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>16</td> <td>6,2%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>2,3%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>11</td> <td>29</td> <td>59</td> <td>91</td> <td>23</td> <td>39</td> <td>257</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>0,4%</td> <td>1,6%</td> <td>4,3%</td> <td>11,3%</td> <td>23,0%</td> <td>35,4%</td> <td>8,9%</td> <td>15,2%</td> <td>100,0%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	1	4	11	24	53	82	22	38	235	91,4%	N=2 pisos	0	0	0	3	4	8	0	1	16	6,2%	N=3 pisos	0	0	0	2	2	1	1	0	6	2,3%	N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	Sub-total	1	4	11	29	59	91	23	39	257	100,0%	%	0,4%	1,6%	4,3%	11,3%	23,0%	35,4%	8,9%	15,2%	100,0%	
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																						
N=1 piso	1	4	11	24	53	82	22	38	235	91,4%																																																																						
N=2 pisos	0	0	0	3	4	8	0	1	16	6,2%																																																																						
N=3 pisos	0	0	0	2	2	1	1	0	6	2,3%																																																																						
N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%																																																																						
Sub-total	1	4	11	29	59	91	23	39	257	100,0%																																																																						
%	0,4%	1,6%	4,3%	11,3%	23,0%	35,4%	8,9%	15,2%	100,0%																																																																							
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN		<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																														
		<b>ANEXOS:</b>																																																																														

PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
REPORTE PRELIMINAR			FECHA:																																																																													
			30/06/2011																																																																													
		HOJA:	1 1																																																																													
1.- ESTADO:	DTTO. CAPITAL	2.- CAPITAL:	CARACAS																																																																													
4.- SUP:	822,9 km2																																																																															
5.-POB 2001 (INE):	2.051.427 hab.	6.-PROY POB 2010	2.103.404 hab.																																																																													
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	1.437	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	424																																																																													
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	1,75 esc/km <sup>2</sup>	10.-ZONAS SÍSMICAS:	5																																																																													
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 424 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL Distrito Capital</b>																																																																																
																																																																																
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>		<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																														
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																
<b>14.- REFERENCIAS:</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>26</td> <td>57</td> <td>26</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>142</td> <td>33,5%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>3</td> <td>14</td> <td>11</td> <td>43</td> <td>31</td> <td>17</td> <td>2</td> <td>6</td> <td>127</td> <td>30,0%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>25</td> <td>43</td> <td>29</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>123</td> <td>29,0%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>32</td> <td>7,5%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>5</td> <td>28</td> <td>32</td> <td>102</td> <td>141</td> <td>83</td> <td>10</td> <td>23</td> <td>424</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>1,2%</td> <td>6,6%</td> <td>7,5%</td> <td>24,1%</td> <td>33,3%</td> <td>19,6%</td> <td>2,4%</td> <td>5,4%</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	0	5	10	26	57	26	6	12	142	33,5%	N=2 pisos	3	14	11	43	31	17	2	6	127	30,0%	N=3 pisos	2	8	9	25	43	29	2	5	123	29,0%	N=4 pisos	0	1	2	8	10	11	0	0	32	7,5%	Sub-total	5	28	32	102	141	83	10	23	424	100,0%	%	1,2%	6,6%	7,5%	24,1%	33,3%	19,6%	2,4%	5,4%		
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																						
N=1 piso	0	5	10	26	57	26	6	12	142	33,5%																																																																						
N=2 pisos	3	14	11	43	31	17	2	6	127	30,0%																																																																						
N=3 pisos	2	8	9	25	43	29	2	5	123	29,0%																																																																						
N=4 pisos	0	1	2	8	10	11	0	0	32	7,5%																																																																						
Sub-total	5	28	32	102	141	83	10	23	424	100,0%																																																																						
%	1,2%	6,6%	7,5%	24,1%	33,3%	19,6%	2,4%	5,4%																																																																								
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN		<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																														
 INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV	 FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS- MPPCTL	 FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS- MPE	<b>ANEXOS:</b>																																																																													

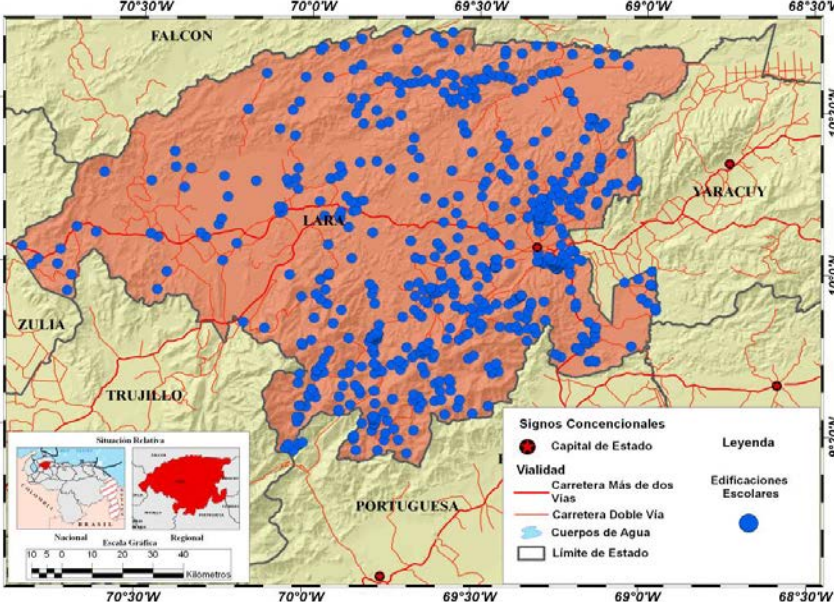
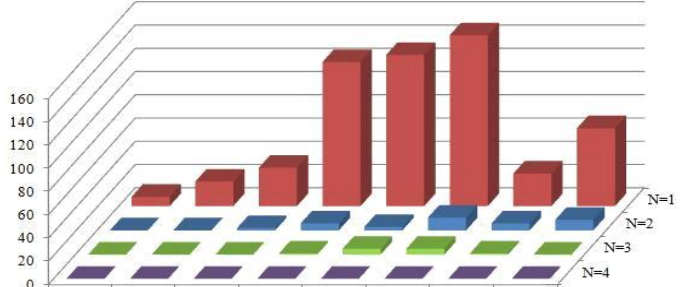





<b>PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188</b> <b>REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ECOLARES DE VENEZUELA</b> <b>INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA</b> <b>REPORTE PRELIMINAR</b>				FECHA:	30/06/2011																																																																														
				HOJA:	1	1																																																																													
<b>1.- ESTADO:</b>	DELTA AMACURO	<b>2.-CAPITAL:</b>	TUCUPITA	<b>4.- SUP:</b>	40.200 km <sup>2</sup>																																																																														
<b>5.-POB 2001 (INE):</b>	131.557 hab.	<b>6.-PROY POB 2010</b>	163.360 hab.																																																																																
<b>7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008</b>	280	<b>8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:</b>	43																																																																																
<b>9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:</b>	0,01 esc/km <sup>2</sup>	<b>10.-ZONAS SÍSMICAS:</b>	4 , 5																																																																																
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 43 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO DELTA AMACURO</b>																																																																																			
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>				<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																															
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																			
<b>14.- REFERENCIAS:</b>				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>14</td> <td>14</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>43</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>14</td> <td>14</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>43</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>0,0%</td> <td>0,0%</td> <td>7,0%</td> <td>14,0%</td> <td>32,6%</td> <td>32,6%</td> <td>7,0%</td> <td>7,0%</td> <td>100,0%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	0	0	3	6	14	14	3	3	43	100,0%	N=2 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	N=3 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	Sub-total	0	0	3	6	14	14	3	3	43	100,0%	%	0,0%	0,0%	7,0%	14,0%	32,6%	32,6%	7,0%	7,0%	100,0%	
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																									
N=1 piso	0	0	3	6	14	14	3	3	43	100,0%																																																																									
N=2 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%																																																																									
N=3 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%																																																																									
N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%																																																																									
Sub-total	0	0	3	6	14	14	3	3	43	100,0%																																																																									
%	0,0%	0,0%	7,0%	14,0%	32,6%	32,6%	7,0%	7,0%	100,0%																																																																										
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN				ELABORADO POR: Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																															
INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV		FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS- MPPCTL		FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS Ministerio del Poder Popular para la Educación		<b>ANEXOS:</b>																																																																													

PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
REPORTE PRELIMINAR			FECHA:																																																																													
			30/06/2011																																																																													
			HOJA:																																																																													
			1 1																																																																													
1.- ESTADO:	FALCÓN	2.-CAPITAL:	CORO																																																																													
4.- SUP:	24.800 km <sup>2</sup>																																																																															
5.-POB 2001 (INE):	805.743 hab.	6.-PROY POB 2010	950.057 hab.																																																																													
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	1.293	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	640																																																																													
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,05 esc/km <sup>2</sup>	10.-ZONAS SÍSMICAS:	2, 3, 4																																																																													
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 640 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO FALCÓN</b>																																																																																
																																																																																
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>		<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																														
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																
<b>14.- REFERENCIAS:</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>P.e 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>7</td> <td>15</td> <td>18</td> <td>93</td> <td>149</td> <td>177</td> <td>55</td> <td>79</td> <td>593</td> <td>92,7%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>11</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>31</td> <td>4,8%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>6</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>13</td> <td>2,0%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>0,5%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>8</td> <td>16</td> <td>22</td> <td>101</td> <td>161</td> <td>190</td> <td>57</td> <td>85</td> <td>640</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>1,3%</td> <td>2,5%</td> <td>3,4%</td> <td>15,8%</td> <td>25,2%</td> <td>29,7%</td> <td>8,9%</td> <td>13,3%</td> <td>100,0%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Norma	P.e 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	7	15	18	93	149	177	55	79	593	92,7%	N=2 pisos	1	1	2	6	5	11	2	3	31	4,8%	N=3 pisos	0	0	2	2	6	2	0	1	13	2,0%	N=4 pisos	0	0	0	0	1	0	0	2	3	0,5%	Sub-total	8	16	22	101	161	190	57	85	640	100,0%	%	1,3%	2,5%	3,4%	15,8%	25,2%	29,7%	8,9%	13,3%	100,0%	
Norma	P.e 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																						
N=1 piso	7	15	18	93	149	177	55	79	593	92,7%																																																																						
N=2 pisos	1	1	2	6	5	11	2	3	31	4,8%																																																																						
N=3 pisos	0	0	2	2	6	2	0	1	13	2,0%																																																																						
N=4 pisos	0	0	0	0	1	0	0	2	3	0,5%																																																																						
Sub-total	8	16	22	101	161	190	57	85	640	100,0%																																																																						
%	1,3%	2,5%	3,4%	15,8%	25,2%	29,7%	8,9%	13,3%	100,0%																																																																							
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN																																																																																
<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																																
 INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES- UCV	 FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS- MPPCTL	 FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS Ministerio del Poder Popular para la Educación	<b>ANEXOS:</b>																																																																													

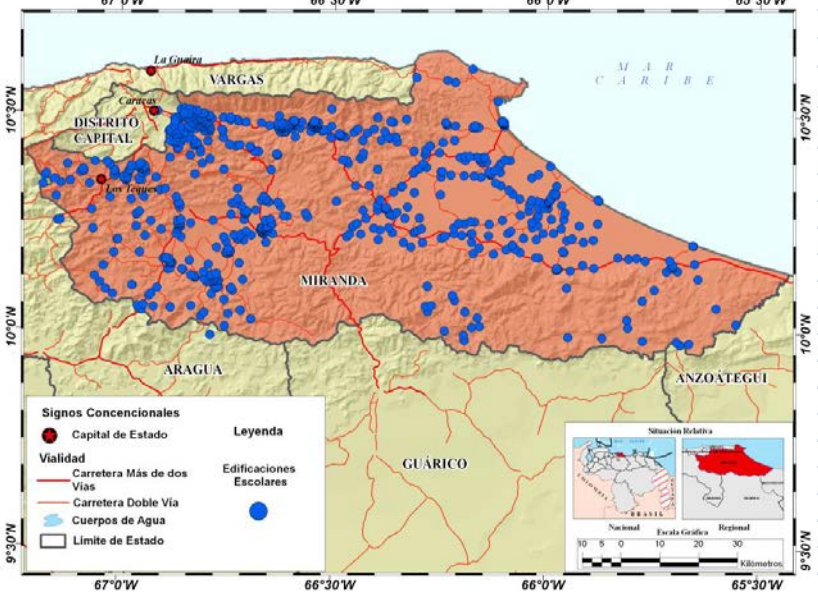
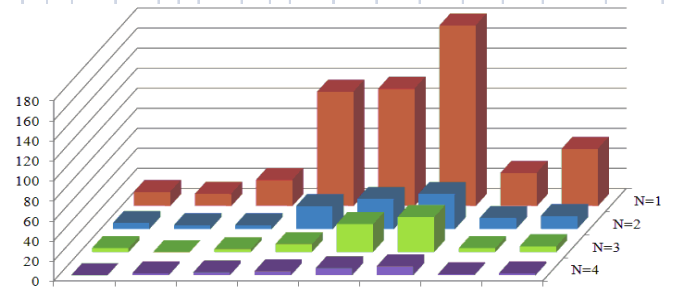





<b>PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188</b> <b>REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ECOLARES DE VENEZUELA</b> <b>INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA</b> <b>REPORTE PRELIMINAR</b>																																																																																	
			FECHA:	30/06/2011																																																																													
			HOJA:	1 1																																																																													
1.- ESTADO:	GUÁRICO	2.-CAPITAL: S. JUÁN DE LOS MORROS	4.- SUP:	66.400 km <sup>2</sup>																																																																													
5.-POB 2001 (INE):	662.714 hab.	6.-PROY POB 2010	788.264 hab.																																																																														
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	972	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	470																																																																														
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,01 esc/km <sup>2</sup>	10.-ZONAS SÍSMICAS:	2, 3, 4																																																																														
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 470 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO GUÁRICO</b>																																																																																	
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>		<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																															
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																	
<b>14.- REFERENCIAS:</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>22</td> <td>95</td> <td>119</td> <td>112</td> <td>22</td> <td>60</td> <td>442</td> <td>94,0%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>15</td> <td>3,2%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>9</td> <td>1,9%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0,9%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>4</td> <td>10</td> <td>23</td> <td>101</td> <td>124</td> <td>116</td> <td>22</td> <td>70</td> <td>470</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>0,9%</td> <td>2,1%</td> <td>4,9%</td> <td>21,5%</td> <td>26,4%</td> <td>24,7%</td> <td>4,7%</td> <td>14,9%</td> <td>100,0%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	4	8	22	95	119	112	22	60	442	94,0%	N=2 pisos	0	1	1	4	1	2	0	6	15	3,2%	N=3 pisos	0	0	0	2	2	1	0	4	9	1,9%	N=4 pisos	0	1	0	0	2	1	0	0	4	0,9%	Sub-total	4	10	23	101	124	116	22	70	470	100,0%	%	0,9%	2,1%	4,9%	21,5%	26,4%	24,7%	4,7%	14,9%	100,0%	
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																							
N=1 piso	4	8	22	95	119	112	22	60	442	94,0%																																																																							
N=2 pisos	0	1	1	4	1	2	0	6	15	3,2%																																																																							
N=3 pisos	0	0	0	2	2	1	0	4	9	1,9%																																																																							
N=4 pisos	0	1	0	0	2	1	0	0	4	0,9%																																																																							
Sub-total	4	10	23	101	124	116	22	70	470	100,0%																																																																							
%	0,9%	2,1%	4,9%	21,5%	26,4%	24,7%	4,7%	14,9%	100,0%																																																																								
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN		<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																															
INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV		FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS-MPPCTL		FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS-MPPE																																																																													
				<b>ANEXOS:</b>																																																																													

PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																						
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																						
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																						
REPORTE PRELIMINAR								FECHA:	30/06/2011																																																																													
								HOJA:	1   1																																																																													
1.- ESTADO:	LARA	2.- CAPITAL:	BARQUISIMETO	4.- SUP:	19.800 km2																																																																																	
5.-POB 2001 (INE):	1.620.962 hab.	6.-PROY POB 2010	1.881.595 hab.																																																																																			
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	1.979	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	607																																																																																			
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,01 esc/Km <sup>2</sup>	10.-ZONAS SÍSMICAS:	4 y 5																																																																																			
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 607 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO LARA</b>																																																																																						
																																																																																						
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>					<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																																	
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																						
<b>14.- REFERENCIAS:</b>					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>8</td> <td>21</td> <td>33</td> <td>124</td> <td>130</td> <td>147</td> <td>28</td> <td>67</td> <td>558</td> <td>91.9%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>11</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>37</td> <td>6.1%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>12</td> <td>2.0%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.0%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>8</td> <td>21</td> <td>35</td> <td>131</td> <td>138</td> <td>163</td> <td>35</td> <td>76</td> <td>607</td> <td>100.0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>1.3%</td> <td>3.5%</td> <td>5.8%</td> <td>21.6%</td> <td>22.7%</td> <td>26.9%</td> <td>5.8%</td> <td>12.5%</td> <td>100.0%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	8	21	33	124	130	147	28	67	558	91.9%	N=2 pisos	0	0	2	6	3	11	6	9	37	6.1%	N=3 pisos	0	0	0	1	5	5	1	0	12	2.0%	N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%	Sub-total	8	21	35	131	138	163	35	76	607	100.0%	%	1.3%	3.5%	5.8%	21.6%	22.7%	26.9%	5.8%	12.5%	100.0%	
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																												
N=1 piso	8	21	33	124	130	147	28	67	558	91.9%																																																																												
N=2 pisos	0	0	2	6	3	11	6	9	37	6.1%																																																																												
N=3 pisos	0	0	0	1	5	5	1	0	12	2.0%																																																																												
N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%																																																																												
Sub-total	8	21	35	131	138	163	35	76	607	100.0%																																																																												
%	1.3%	3.5%	5.8%	21.6%	22.7%	26.9%	5.8%	12.5%	100.0%																																																																													
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN																																																																																						
<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																																						
 INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV			 FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS- MPPCTL			 FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS- MPE			<b>ANEXOS:</b>																																																																													

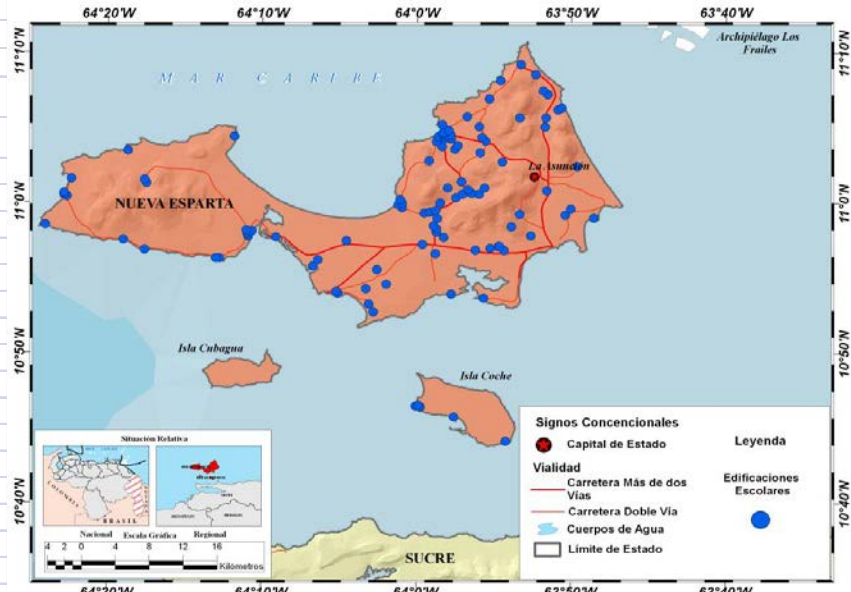
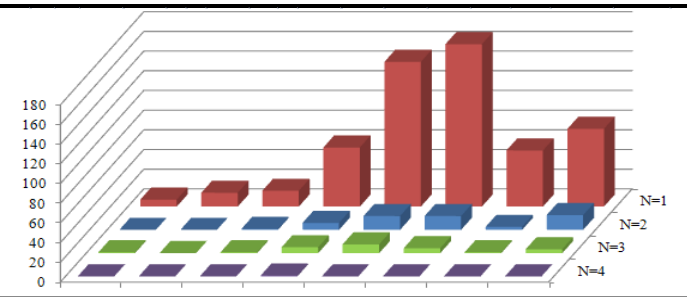



PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																		
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ECOLARES DE VENEZUELA																																																																																		
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																		
REPORTE PRELIMINAR				FECHA:	30/06/2011																																																																													
				HOJA:	1 5																																																																													
1.- ESTADO:	MÉRIDA	2.- CAPITAL:	MÉRIDA	4.- SUP:	11.300 km <sup>2</sup>																																																																													
5.-POB 2001 (INE):	748.786 hab.	6.-PROY POB 2010	892.031 hab.																																																																															
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	1.333	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	627																																																																															
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,12 esc/km <sup>2</sup>	10.-ZONAS SÍSMICAS:	4 y 5																																																																															
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 627 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO MÉRIDA</b>																																																																																		
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>			<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																															
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																		
<b>14.- REFERENCIAS:</b>			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>7</td> <td>14</td> <td>16</td> <td>60</td> <td>147</td> <td>165</td> <td>57</td> <td>79</td> <td>545</td> <td>86.9%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>7</td> <td>14</td> <td>14</td> <td>3</td> <td>15</td> <td>54</td> <td>8.6%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>27</td> <td>4.3%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0.2%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>8</td> <td>14</td> <td>18</td> <td>74</td> <td>170</td> <td>184</td> <td>61</td> <td>98</td> <td>627</td> <td>100.0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>1.3%</td> <td>2.2%</td> <td>2.9%</td> <td>11.8%</td> <td>27.1%</td> <td>29.3%</td> <td>9.7%</td> <td>15.6%</td> <td>100.0%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	7	14	16	60	147	165	57	79	545	86.9%	N=2 pisos	0	0	1	7	14	14	3	15	54	8.6%	N=3 pisos	1	0	1	6	9	5	1	4	27	4.3%	N=4 pisos	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.2%	Sub-total	8	14	18	74	170	184	61	98	627	100.0%	%	1.3%	2.2%	2.9%	11.8%	27.1%	29.3%	9.7%	15.6%	100.0%	
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																								
N=1 piso	7	14	16	60	147	165	57	79	545	86.9%																																																																								
N=2 pisos	0	0	1	7	14	14	3	15	54	8.6%																																																																								
N=3 pisos	1	0	1	6	9	5	1	4	27	4.3%																																																																								
N=4 pisos	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.2%																																																																								
Sub-total	8	14	18	74	170	184	61	98	627	100.0%																																																																								
%	1.3%	2.2%	2.9%	11.8%	27.1%	29.3%	9.7%	15.6%	100.0%																																																																									
<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																																		
				<b>ANEXOS:</b>																																																																														



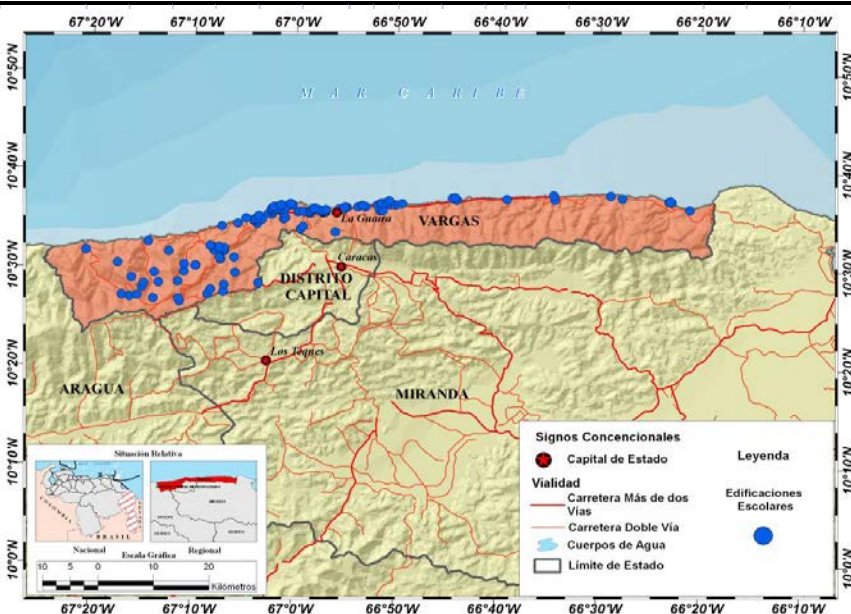
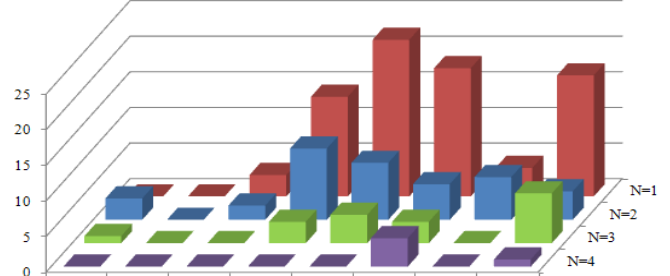



PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
REPORTE PRELIMINAR			FECHA:																																																																													
			30/06/2011																																																																													
			HOJA:																																																																													
			1 1																																																																													
1.- ESTADO:	MIRANDA	2.- CAPITAL:	LOS TEQUES																																																																													
4.- SUP:	7.950 km <sup>2</sup>	5.-POB 2001 (INE):	2.519.557 hab.																																																																													
6.-PROY POB 2010	2.987.968 hab.	7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	2.013																																																																													
8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	795	9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,25 esc/km <sup>2</sup>																																																																													
10.-ZONAS SÍSMICAS:	6 y 7	11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 795 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO MIRANDA																																																																														
																																																																																
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>		<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																														
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																
<b>14.- REFERENCIAS:</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>14</td> <td>12</td> <td>26</td> <td>114</td> <td>117</td> <td>180</td> <td>33</td> <td>57</td> <td>553</td> <td>69,6%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>23</td> <td>30</td> <td>35</td> <td>11</td> <td>13</td> <td>126</td> <td>15,8%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>8</td> <td>28</td> <td>35</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>88</td> <td>11,1%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>7</td> <td>9</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>28</td> <td>3,5%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>24</td> <td>18</td> <td>36</td> <td>149</td> <td>182</td> <td>259</td> <td>49</td> <td>78</td> <td>795</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>3,0%</td> <td>2,3%</td> <td>4,5%</td> <td>18,7%</td> <td>22,9%</td> <td>32,6%</td> <td>6,2%</td> <td>9,8%</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	14	12	26	114	117	180	33	57	553	69,6%	N=2 pisos	6	4	4	23	30	35	11	13	126	15,8%	N=3 pisos	4	0	3	8	28	35	4	6	88	11,1%	N=4 pisos	0	2	3	4	7	9	1	2	28	3,5%	Sub-total	24	18	36	149	182	259	49	78	795	100,0%	%	3,0%	2,3%	4,5%	18,7%	22,9%	32,6%	6,2%	9,8%		
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																						
N=1 piso	14	12	26	114	117	180	33	57	553	69,6%																																																																						
N=2 pisos	6	4	4	23	30	35	11	13	126	15,8%																																																																						
N=3 pisos	4	0	3	8	28	35	4	6	88	11,1%																																																																						
N=4 pisos	0	2	3	4	7	9	1	2	28	3,5%																																																																						
Sub-total	24	18	36	149	182	259	49	78	795	100,0%																																																																						
%	3,0%	2,3%	4,5%	18,7%	22,9%	32,6%	6,2%	9,8%																																																																								
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN		<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																														
 <p>INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV</p>		 <p>FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS- MPPCTL</p>																																																																														
 <p>FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS- MPEPE</p>		<b>ANEXOS:</b>																																																																														

PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ECOLARES DE VENEZUELA																																																																																
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
REPORTE PRELIMINAR			FECHA:																																																																													
			30/06/2011																																																																													
HOJA:		1	1																																																																													
1.- ESTADO:	MONAGAS	2.-CAPITAL:	MATURIN																																																																													
4.- SUP:	28.900 km <sup>2</sup>																																																																															
5.-POB 2001 (INE):	744.615 hab.	6.-PROY POB 2010	908.626 hab.																																																																													
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	865	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	386																																																																													
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,03 esc/km <sup>2</sup>	10.-ZONAS SÍSMICAS:	4, 5, 6																																																																													
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 386 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO MONAGAS</b>																																																																																
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>		<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																														
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																
<b>14.- REFERENCIAS:</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>16</td> <td>86</td> <td>84</td> <td>78</td> <td>17</td> <td>58</td> <td>352</td> <td>91,2%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>16</td> <td>4,1%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>16</td> <td>4,1%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0,5%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>20</td> <td>94</td> <td>91</td> <td>85</td> <td>19</td> <td>63</td> <td>386</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>2,1%</td> <td>1,6%</td> <td>5,2%</td> <td>24,4%</td> <td>23,6%</td> <td>22,0%</td> <td>4,9%</td> <td>16,3%</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	7	6	16	86	84	78	17	58	352	91,2%	N=2 pisos	1	0	2	5	2	2	1	3	16	4,1%	N=3 pisos	0	0	1	3	4	5	1	2	16	4,1%	N=4 pisos	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0,5%	Sub-total	8	6	20	94	91	85	19	63	386	100,0%	%	2,1%	1,6%	5,2%	24,4%	23,6%	22,0%	4,9%	16,3%		
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																						
N=1 piso	7	6	16	86	84	78	17	58	352	91,2%																																																																						
N=2 pisos	1	0	2	5	2	2	1	3	16	4,1%																																																																						
N=3 pisos	0	0	1	3	4	5	1	2	16	4,1%																																																																						
N=4 pisos	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0,5%																																																																						
Sub-total	8	6	20	94	91	85	19	63	386	100,0%																																																																						
%	2,1%	1,6%	5,2%	24,4%	23,6%	22,0%	4,9%	16,3%																																																																								
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN																																																																																
<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																																
INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV		FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS- MPPCTL																																																																														
		FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS- MPPE																																																																														
		<b>ANEXOS:</b>																																																																														



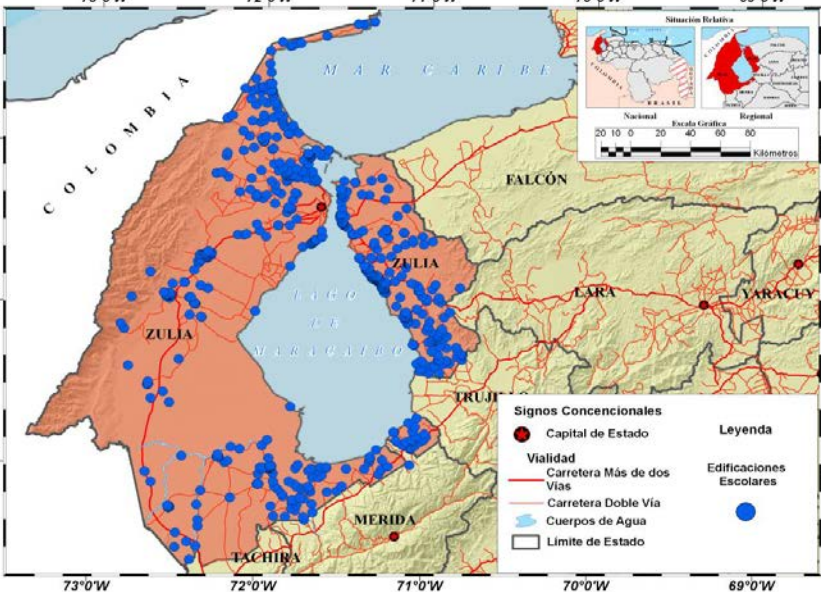
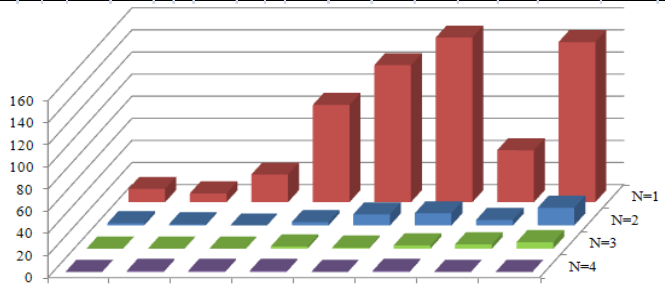



PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
REPORTE PRELIMINAR			FECHA:																																																																													
			30/06/2011																																																																													
			HOJA:																																																																													
			1 1																																																																													
1.- ESTADO:	NUEVA ESPARTA	2.-CAPITAL:	LA ASUNCIÓN 4.- SUP: 1.150 km <sup>2</sup>																																																																													
5.-POB 2001 (INE):	391.106 hab.	6.-PROY POB 2010	456.454 hab.																																																																													
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	338	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	104																																																																													
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,3 esc/km <sup>2</sup>	10.-ZONAS SÍSMICAS:	5																																																																													
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 104 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO NUEVA ESPARTA</b>																																																																																
																																																																																
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>		<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																														
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																
<b>14.- REFERENCIAS:</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>13</td> <td>13</td> <td>18</td> <td>8</td> <td>23</td> <td>76</td> <td>73,1%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>21</td> <td>20,2%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>7</td> <td>6,7%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>15</td> <td>18</td> <td>24</td> <td>14</td> <td>32</td> <td>104</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>0,0%</td> <td>1,0%</td> <td>0,0%</td> <td>14,4%</td> <td>17,3%</td> <td>23,1%</td> <td>13,5%</td> <td>30,8%</td> <td>100,0%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	0	1	0	13	13	18	8	23	76	73,1%	N=2 pisos	0	0	0	2	1	4	6	8	21	20,2%	N=3 pisos	0	0	0	0	4	2	0	1	7	6,7%	N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	Sub-total	0	1	0	15	18	24	14	32	104	100,0%	%	0,0%	1,0%	0,0%	14,4%	17,3%	23,1%	13,5%	30,8%	100,0%	
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																						
N=1 piso	0	1	0	13	13	18	8	23	76	73,1%																																																																						
N=2 pisos	0	0	0	2	1	4	6	8	21	20,2%																																																																						
N=3 pisos	0	0	0	0	4	2	0	1	7	6,7%																																																																						
N=4 pisos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%																																																																						
Sub-total	0	1	0	15	18	24	14	32	104	100,0%																																																																						
%	0,0%	1,0%	0,0%	14,4%	17,3%	23,1%	13,5%	30,8%	100,0%																																																																							
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN																																																																																
<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																																
 INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV		 FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS- MPPCTL																																																																														
		 FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS- MPEE																																																																														
			<b>ANEXOS:</b>																																																																													

PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ECOLARES DE VENEZUELA																																																																																
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
REPORTE PRELIMINAR			FECHA:																																																																													
			30/06/2011																																																																													
HOJA:																																																																																
1		1																																																																														
1.- ESTADO:	PORTUGUESA	2.-CAPITAL:	GUANARE																																																																													
4.- SUP:	15.200 km <sup>2</sup>	6.-PROY POB 2010	925.144 hab.																																																																													
5.-POB 2001 (INE):	776.090 hab.	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	693																																																																													
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	1.148	10.-ZONAS SÍSMICAS:	3, 4, 5																																																																													
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,08 esc/km <sup>2</sup>																																																																															
11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 693 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO PORTUGUESA																																																																																
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>		<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																														
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																
<b>14.- REFERENCIAS:</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>6</td> <td>10</td> <td>29</td> <td>127</td> <td>169</td> <td>203</td> <td>36</td> <td>84</td> <td>664</td> <td>95,8%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>15</td> <td>2,2%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>11</td> <td>1,6%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>0,4%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>6</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>129</td> <td>177</td> <td>216</td> <td>36</td> <td>89</td> <td>693</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>0,9%</td> <td>1,4%</td> <td>4,3%</td> <td>18,6%</td> <td>25,5%</td> <td>31,2%</td> <td>5,2%</td> <td>12,8%</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	6	10	29	127	169	203	36	84	664	95,8%	N=2 pisos	0	0	1	0	3	7	0	4	15	2,2%	N=3 pisos	0	0	0	1	4	6	0	0	11	1,6%	N=4 pisos	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0,4%	Sub-total	6	10	30	129	177	216	36	89	693	100,0%	%	0,9%	1,4%	4,3%	18,6%	25,5%	31,2%	5,2%	12,8%		
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																						
N=1 piso	6	10	29	127	169	203	36	84	664	95,8%																																																																						
N=2 pisos	0	0	1	0	3	7	0	4	15	2,2%																																																																						
N=3 pisos	0	0	0	1	4	6	0	0	11	1,6%																																																																						
N=4 pisos	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0,4%																																																																						
Sub-total	6	10	30	129	177	216	36	89	693	100,0%																																																																						
%	0,9%	1,4%	4,3%	18,6%	25,5%	31,2%	5,2%	12,8%																																																																								
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN		ELABORADO POR: Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																														
		ANEXOS:																																																																														

PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																								
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																								
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																								
REPORTE PRELIMINAR										FECHA:																																																																														
										30/06/2011																																																																														
										HOJA:																																																																														
										1	1																																																																													
1.- ESTADO:	VARGAS			2.-CAPITAL:	LA GUAIRA			4.- SUP:	1.496 km <sup>2</sup>																																																																															
5.-POB 2001 (INE):	319.904 hab.			6.-PROY POB 2010	342.845 hab.																																																																																			
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	309			8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	139																																																																																			
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,21 esc/km <sup>2</sup>			10.-ZONAS SÍSMICAS:	5																																																																																			
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 139 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO VARGAS</b>																																																																																								
																																																																																								
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>						<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																																		
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																								
<b>14.- REFERENCIAS:</b>						<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>14</td> <td>22</td> <td>18</td> <td>4</td> <td>17</td> <td>78</td> <td>56,1%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>10</td> <td>8</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>38</td> <td>27,3%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>18</td> <td>12,9%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>3,6%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>27</td> <td>34</td> <td>30</td> <td>10</td> <td>29</td> <td>139</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>2,9%</td> <td>0,0%</td> <td>3,6%</td> <td>19,4%</td> <td>24,5%</td> <td>21,6%</td> <td>7,2%</td> <td>20,9%</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	0	0	3	14	22	18	4	17	78	56,1%	N=2 pisos	3	0	2	10	8	5	6	4	38	27,3%	N=3 pisos	1	0	0	3	4	3	0	7	18	12,9%	N=4 pisos	0	0	0	0	0	4	0	1	5	3,6%	Sub-total	4	0	5	27	34	30	10	29	139	100,0%	%	2,9%	0,0%	3,6%	19,4%	24,5%	21,6%	7,2%	20,9%		
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																														
N=1 piso	0	0	3	14	22	18	4	17	78	56,1%																																																																														
N=2 pisos	3	0	2	10	8	5	6	4	38	27,3%																																																																														
N=3 pisos	1	0	0	3	4	3	0	7	18	12,9%																																																																														
N=4 pisos	0	0	0	0	0	4	0	1	5	3,6%																																																																														
Sub-total	4	0	5	27	34	30	10	29	139	100,0%																																																																														
%	2,9%	0,0%	3,6%	19,4%	24,5%	21,6%	7,2%	20,9%																																																																																
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN																																																																																								
<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																																								
 INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV			 FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS- MPPCTL			 FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS- MPE			<b>ANEXOS:</b>																																																																															



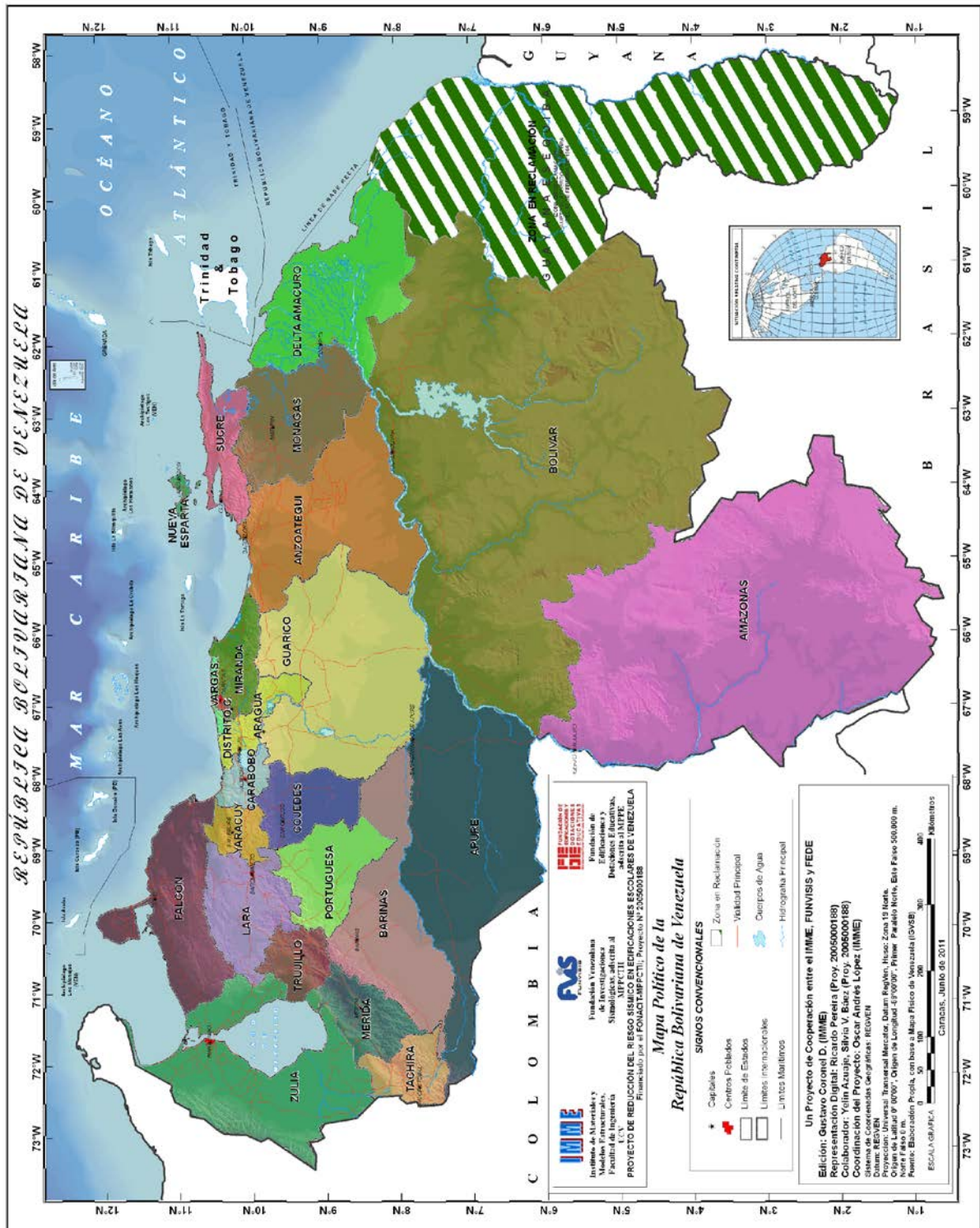
PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ECOLARES DE VENEZUELA																																																																																
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
REPORTE PRELIMINAR			FECHA:																																																																													
			30/06/2011																																																																													
HOJA:		1	1																																																																													
1.- ESTADO:	YARACUY	2.-CAPITAL:	SAN FELIPE																																																																													
4.- SUP:	7.100 km <sup>2</sup>	5.-POB 2001 (INE):	527.183 hab.																																																																													
6.-PROY POB 2010	634.337 hab.	7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	711																																																																													
8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	344	9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,1 esc/km <sup>2</sup>																																																																													
10.-ZONAS SÍSMICAS:	4, 5	11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 344 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO YARACUY																																																																														
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>		<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																														
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																
<b>14.- REFERENCIAS:</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>3</td> <td>7</td> <td>15</td> <td>62</td> <td>89</td> <td>74</td> <td>28</td> <td>44</td> <td>322</td> <td>93,6%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>7</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>17</td> <td>4,9%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>1,2%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0,3%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>4</td> <td>7</td> <td>16</td> <td>66</td> <td>91</td> <td>84</td> <td>30</td> <td>46</td> <td>344</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>1,2%</td> <td>2,0%</td> <td>4,7%</td> <td>19,2%</td> <td>26,5%</td> <td>24,4%</td> <td>8,7%</td> <td>13,4%</td> <td>100,0%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	3	7	15	62	89	74	28	44	322	93,6%	N=2 pisos	0	0	1	4	1	7	2	2	17	4,9%	N=3 pisos	1	0	0	0	1	2	0	0	4	1,2%	N=4 pisos	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,3%	Sub-total	4	7	16	66	91	84	30	46	344	100,0%	%	1,2%	2,0%	4,7%	19,2%	26,5%	24,4%	8,7%	13,4%	100,0%	
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																						
N=1 piso	3	7	15	62	89	74	28	44	322	93,6%																																																																						
N=2 pisos	0	0	1	4	1	7	2	2	17	4,9%																																																																						
N=3 pisos	1	0	0	0	1	2	0	0	4	1,2%																																																																						
N=4 pisos	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,3%																																																																						
Sub-total	4	7	16	66	91	84	30	46	344	100,0%																																																																						
%	1,2%	2,0%	4,7%	19,2%	26,5%	24,4%	8,7%	13,4%	100,0%																																																																							
FEDE, base de datos de ubicaciones geográficas. Registro Escolar Nacional (REN) 2008- Base cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar./ Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum REGVEN		<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																														
		<b>ANEXOS:</b>																																																																														

PROYECTO IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188																																																																																
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
INVENTARIO DE EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA																																																																																
REPORTE PRELIMINAR			FECHA:																																																																													
			30/06/2011																																																																													
HOJA:		1	1																																																																													
1.- ESTADO:	ZULIA	2.- CAPITAL:	MARACAIBO																																																																													
4.- SUP:	63.100 km2																																																																															
5.-POB 2001 (INE):	3.224.204 hab.	6.-PROY POB 2010	3.821.068 hab.																																																																													
7.-TOTAL DE PLANTELES REN 2008	2.718	8.-TOTAL DE EDIFICIOS INVENTARIADOS:	666																																																																													
9.- DENSIDAD DE ESCUELAS:	0,04 esc/km <sup>2</sup>	10.-ZONAS SÍSMICAS:	2,3 y 4																																																																													
<b>11.- DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE UNA MUESTRA DE 666 EDIFICIOS ESCOLARES EN EL ESTADO ZULIA</b>																																																																																
																																																																																
<b>13.- OBSERVACIONES:</b>		<b>12.- NÚMERO DE EDIFICIOS INVENTARIADOS</b>																																																																														
Descripción de tipologías con prioridad de evaluación sismorresistente:  T7 = Antiguo I T10 = Cajeton T11= Antiguo II																																																																																
<b>14.- REFERENCIAS:</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Norma</th> <th>Pre 1939</th> <th>1939</th> <th>1947</th> <th>1955</th> <th>1967</th> <th>1982</th> <th>1998</th> <th>2001</th> <th>Sub total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N=1 piso</td> <td>12</td> <td>8</td> <td>25</td> <td>88</td> <td>124</td> <td>149</td> <td>47</td> <td>145</td> <td>598</td> <td>89,8%</td> </tr> <tr> <td>N=2 pisos</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>5</td> <td>16</td> <td>48</td> <td>7,2%</td> </tr> <tr> <td>N=3 pisos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>16</td> <td>2,4%</td> </tr> <tr> <td>N=4 pisos</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0,6%</td> </tr> <tr> <td>Sub-total</td> <td>14</td> <td>10</td> <td>26</td> <td>94</td> <td>135</td> <td>164</td> <td>56</td> <td>167</td> <td>666</td> <td>100,0%</td> </tr> <tr> <td>%</td> <td>2,1%</td> <td>1,5%</td> <td>3,9%</td> <td>14,1%</td> <td>20,3%</td> <td>24,6%</td> <td>8,4%</td> <td>25,1%</td> <td></td> <td>100,0%</td> </tr> </tbody> </table>		Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%	N=1 piso	12	8	25	88	124	149	47	145	598	89,8%	N=2 pisos	2	1	0	3	10	11	5	16	48	7,2%	N=3 pisos	0	0	0	2	1	3	4	6	16	2,4%	N=4 pisos	0	1	1	1	0	1	0	0	4	0,6%	Sub-total	14	10	26	94	135	164	56	167	666	100,0%	%	2,1%	1,5%	3,9%	14,1%	20,3%	24,6%	8,4%	25,1%		100,0%
Norma	Pre 1939	1939	1947	1955	1967	1982	1998	2001	Sub total	%																																																																						
N=1 piso	12	8	25	88	124	149	47	145	598	89,8%																																																																						
N=2 pisos	2	1	0	3	10	11	5	16	48	7,2%																																																																						
N=3 pisos	0	0	0	2	1	3	4	6	16	2,4%																																																																						
N=4 pisos	0	1	1	1	0	1	0	0	4	0,6%																																																																						
Sub-total	14	10	26	94	135	164	56	167	666	100,0%																																																																						
%	2,1%	1,5%	3,9%	14,1%	20,3%	24,6%	8,4%	25,1%		100,0%																																																																						
<b>ELABORADO POR:</b> Gustavo Coronel D. (Edición); Ricardo Pereira, (Representación digital); Yeslin Azuaje; Silvia Vanessa Báez (Colaboradoras) Oscar A. López (Coordinador)																																																																																
 INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES-UCV		 FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS- MPPCTL																																																																														
		 FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS- MPPE																																																																														
			<b>ANEXOS:</b>																																																																													



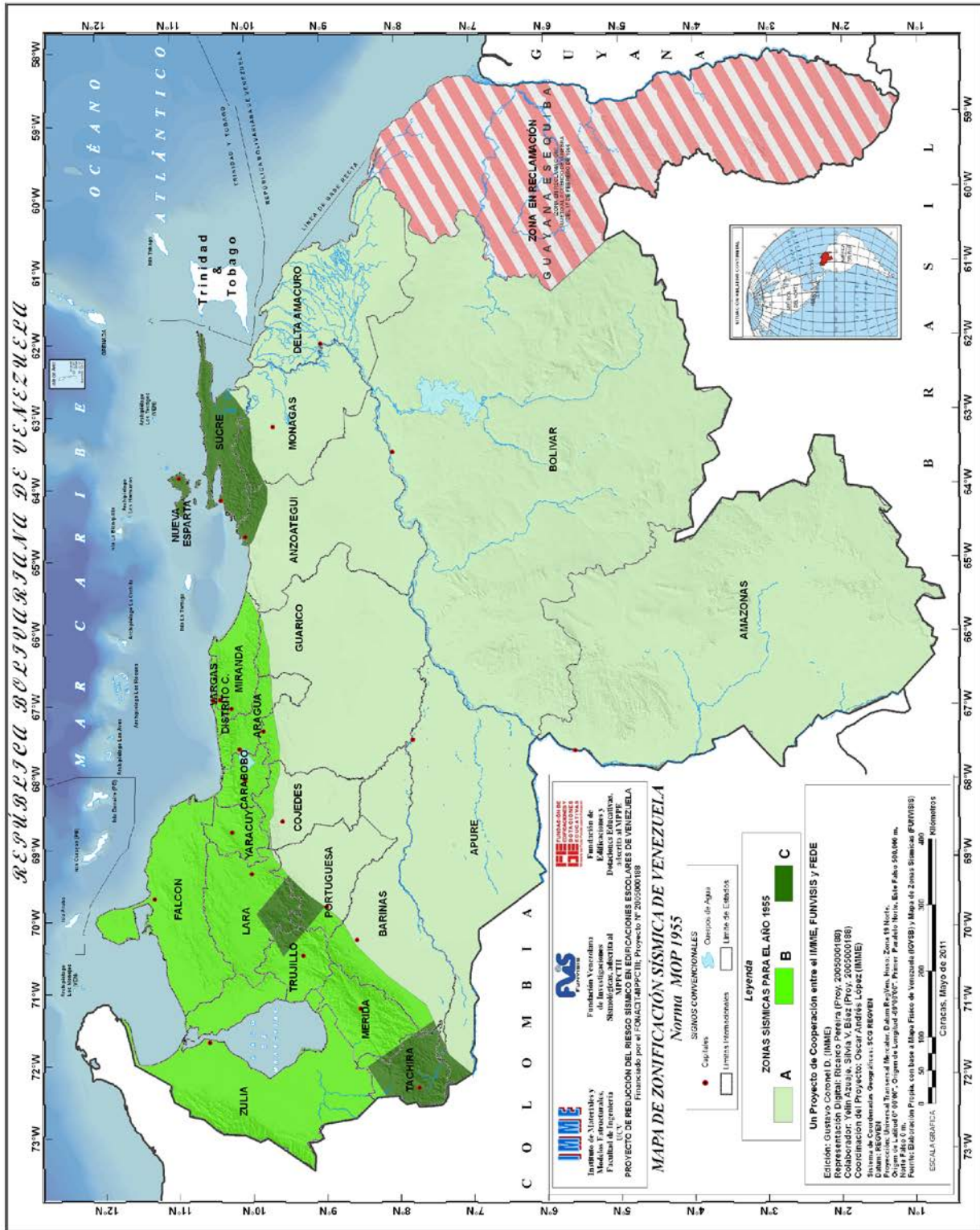
## **Anexo 1.6**

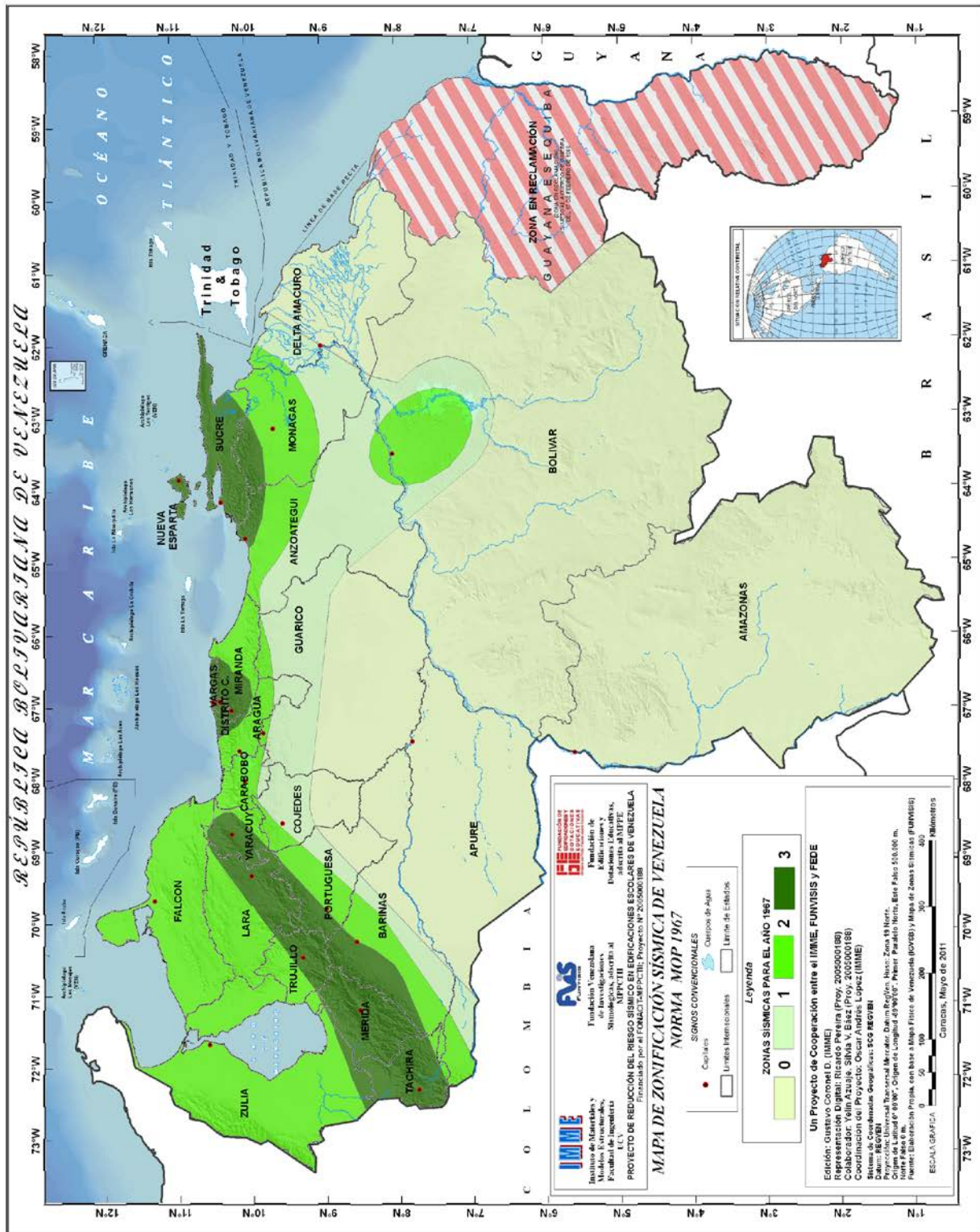
### Mapas Temáticos



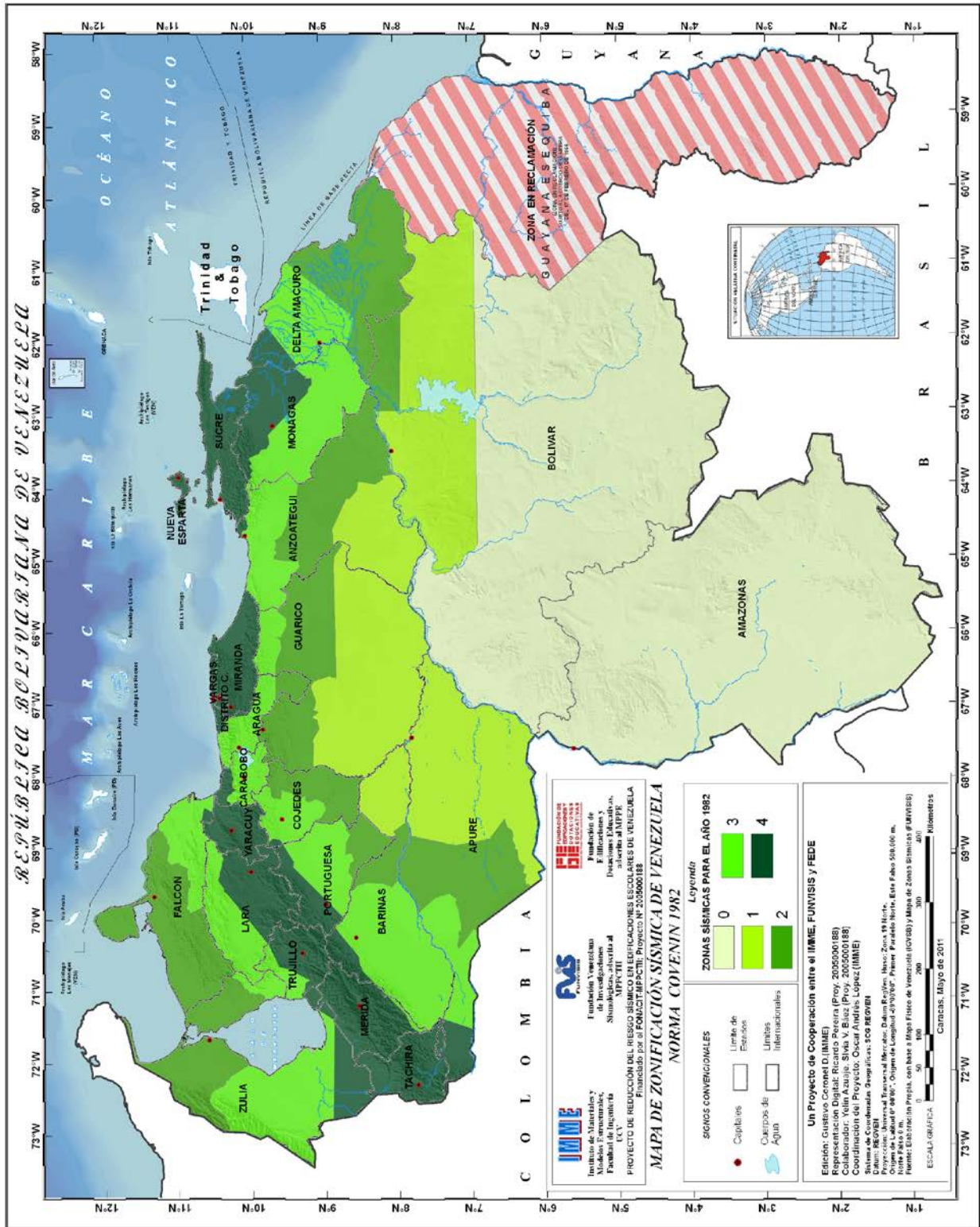


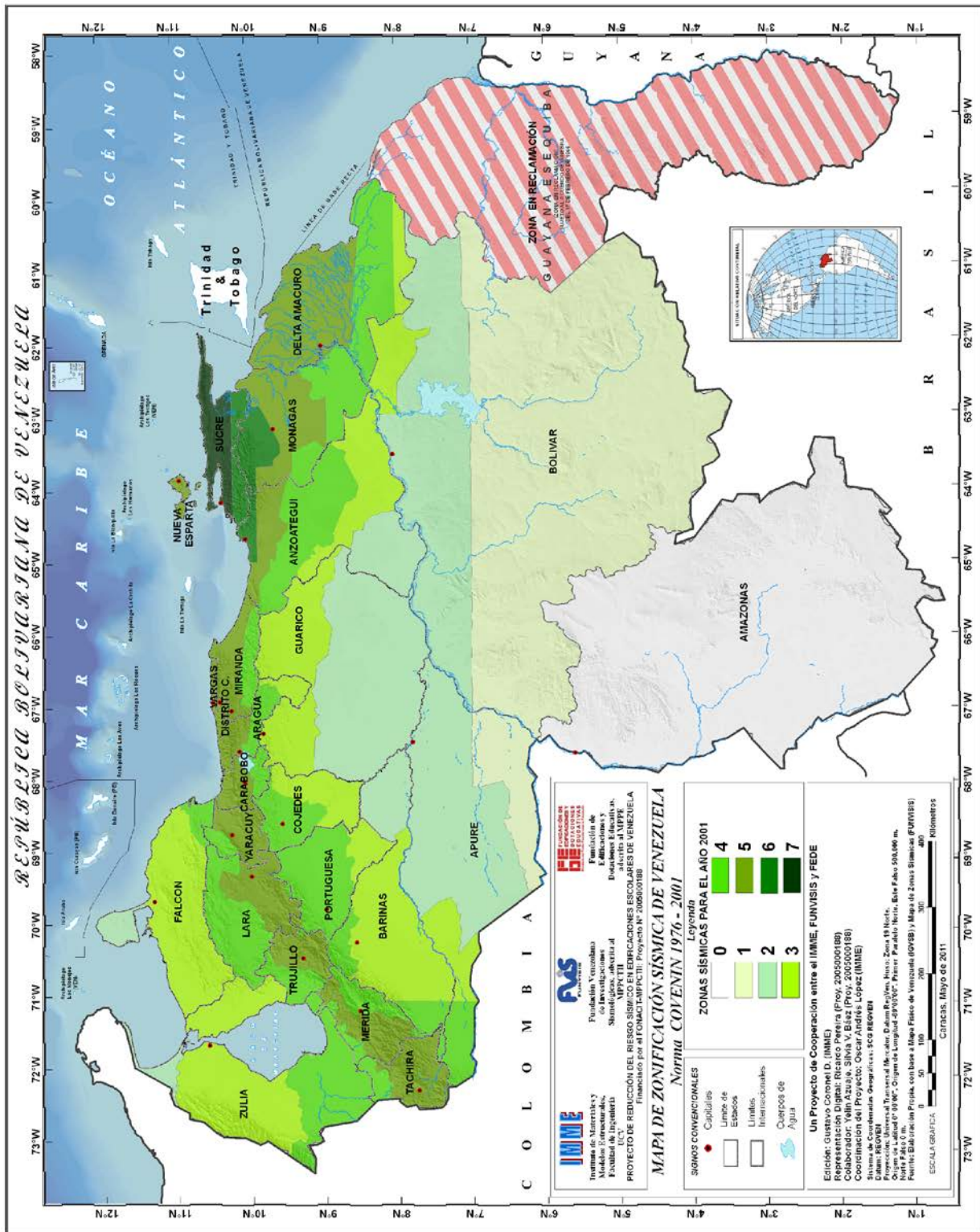




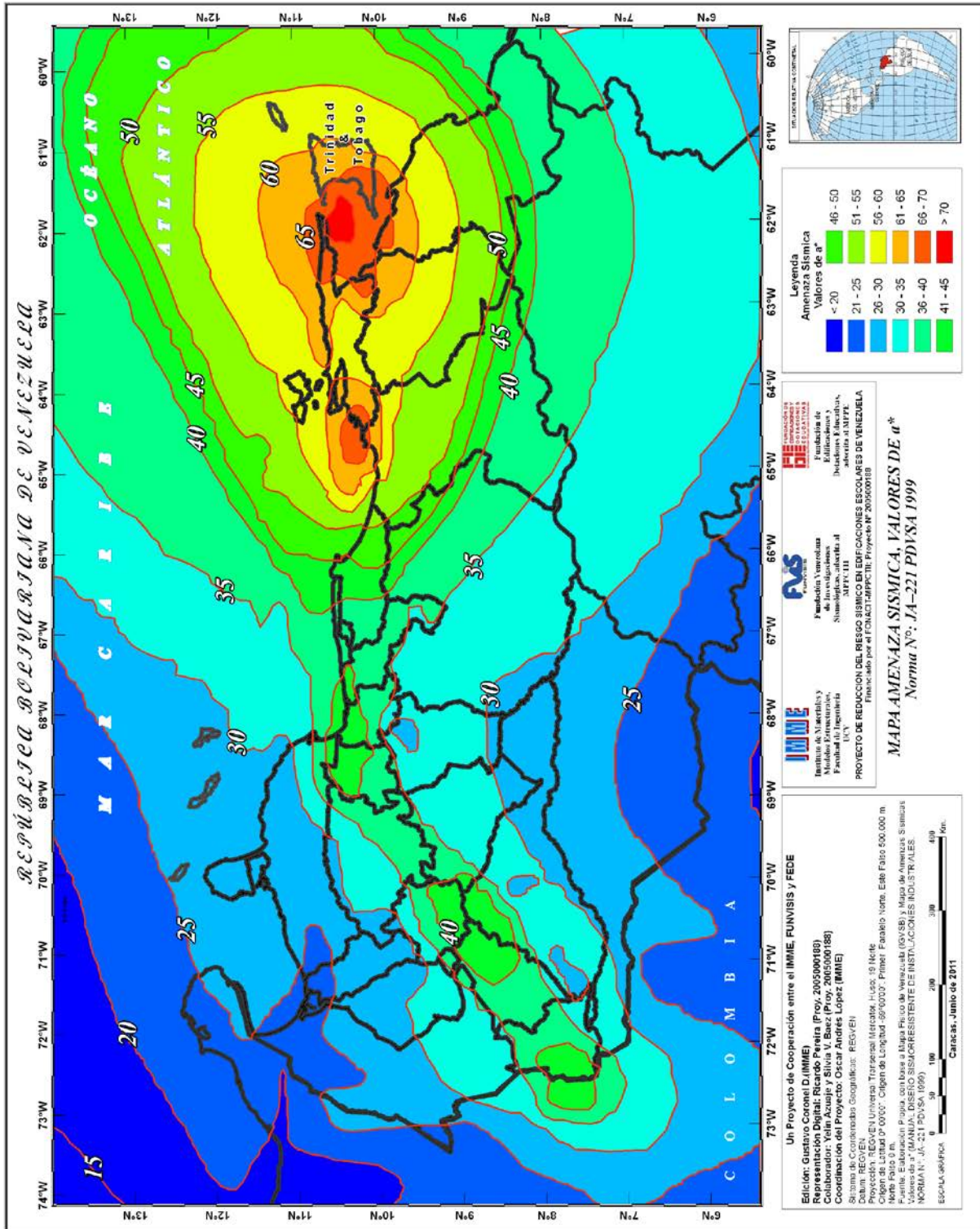


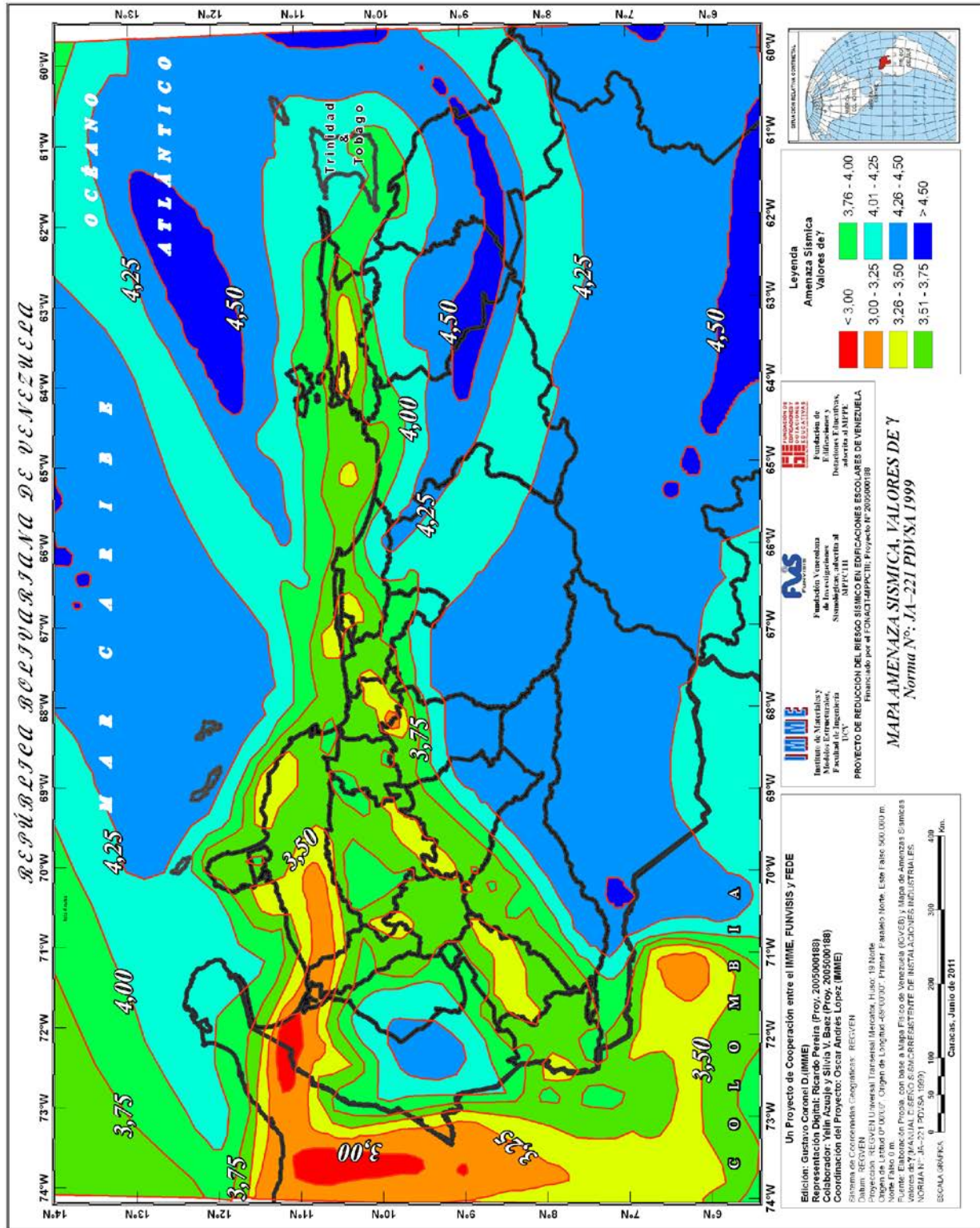




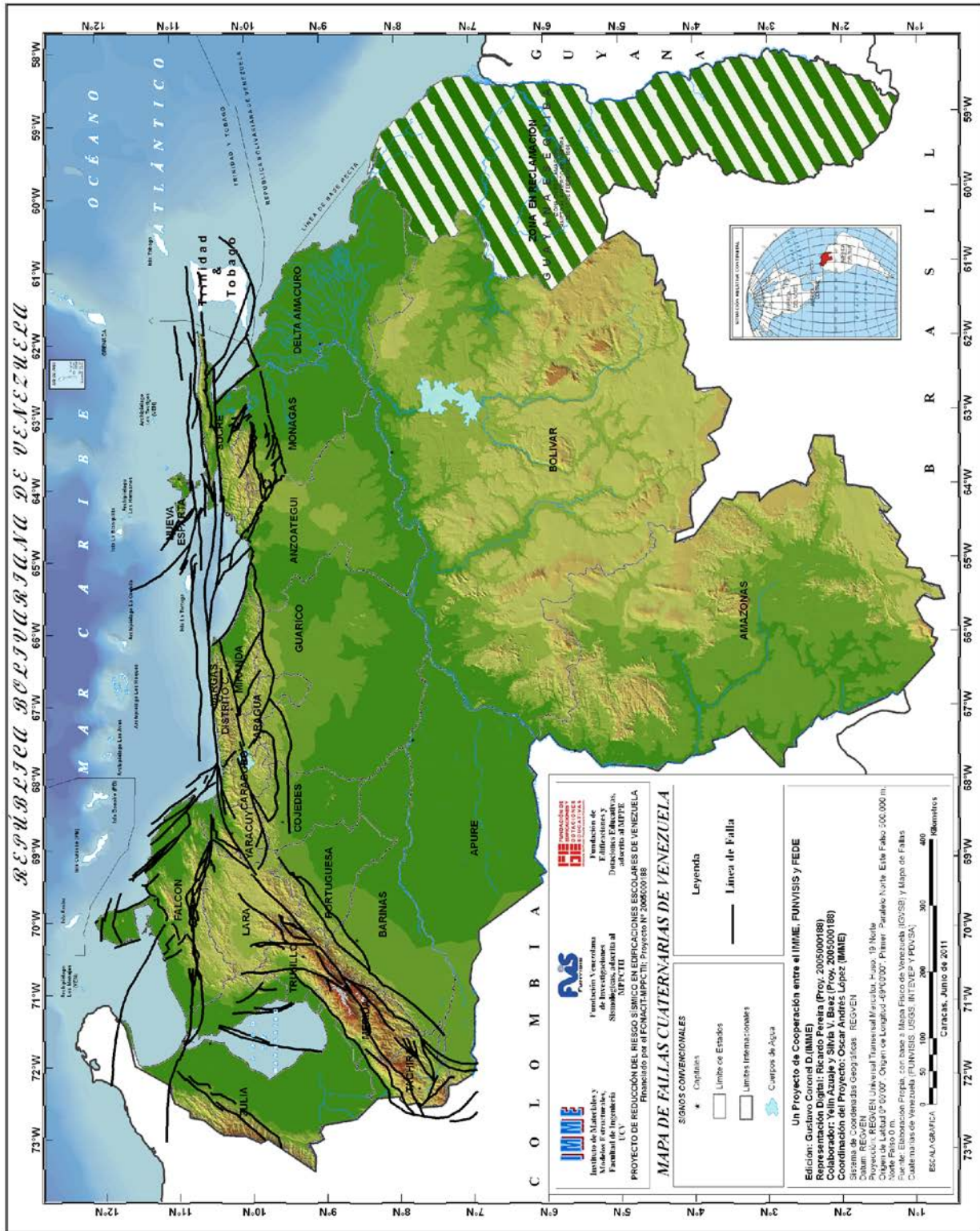




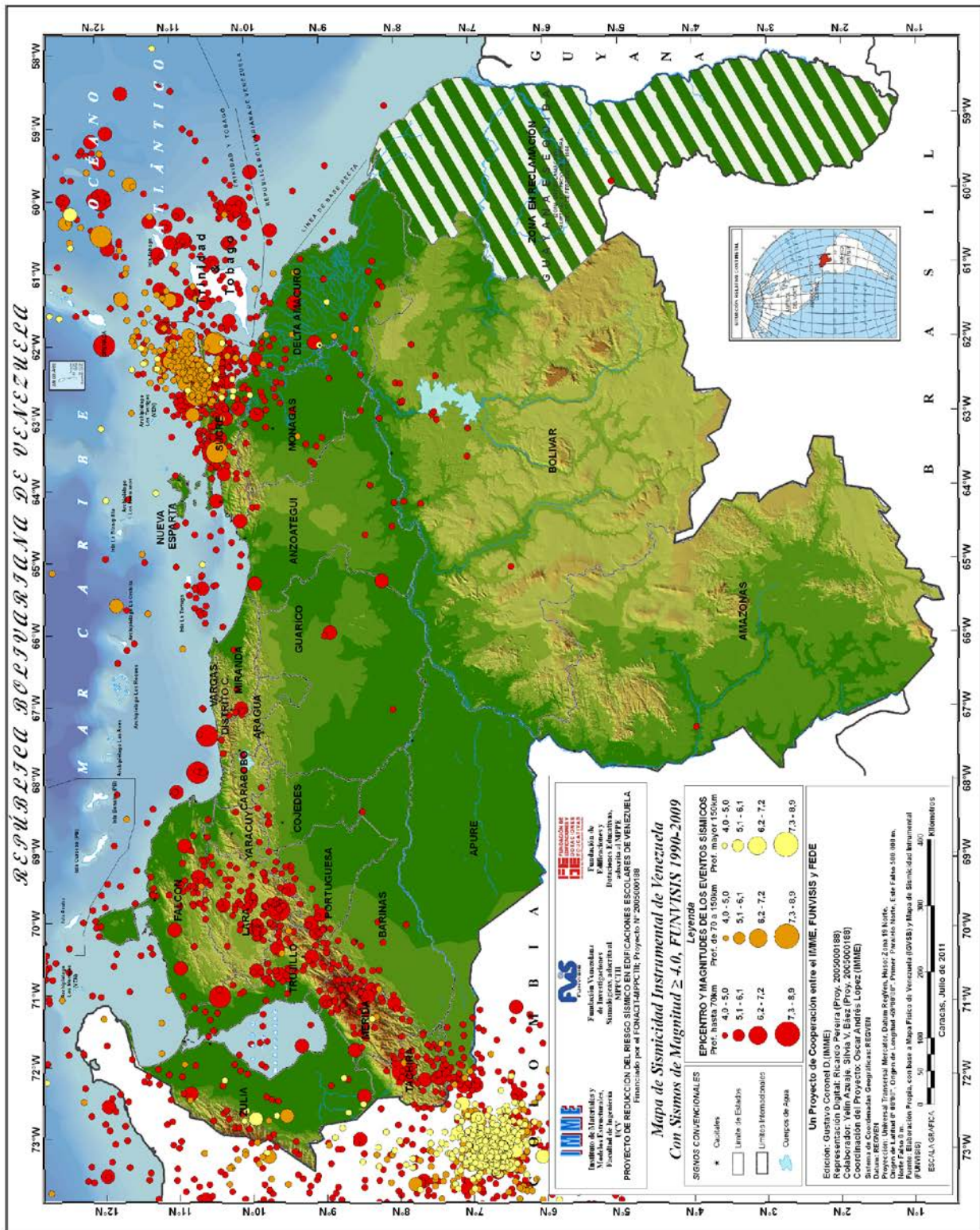




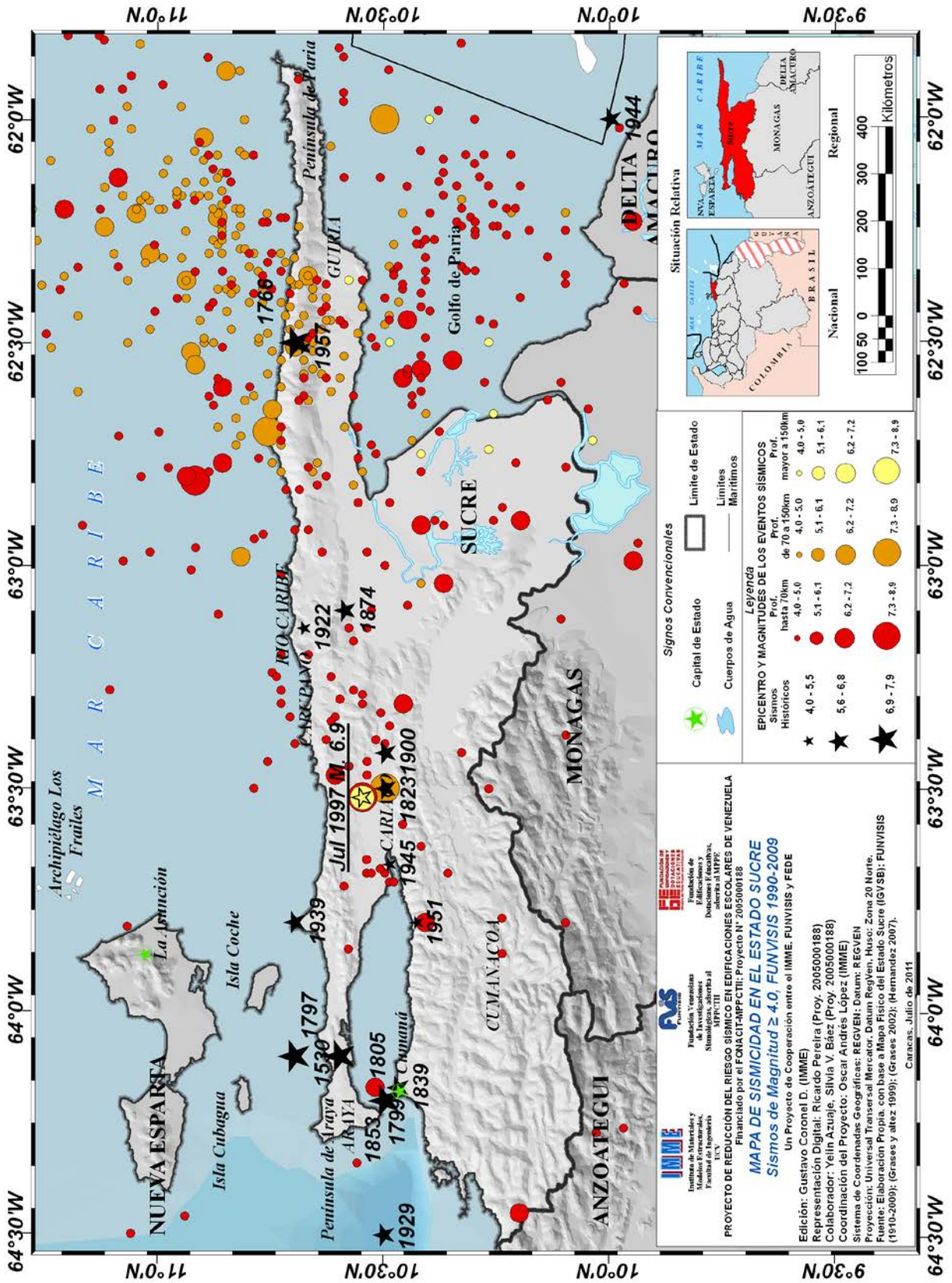






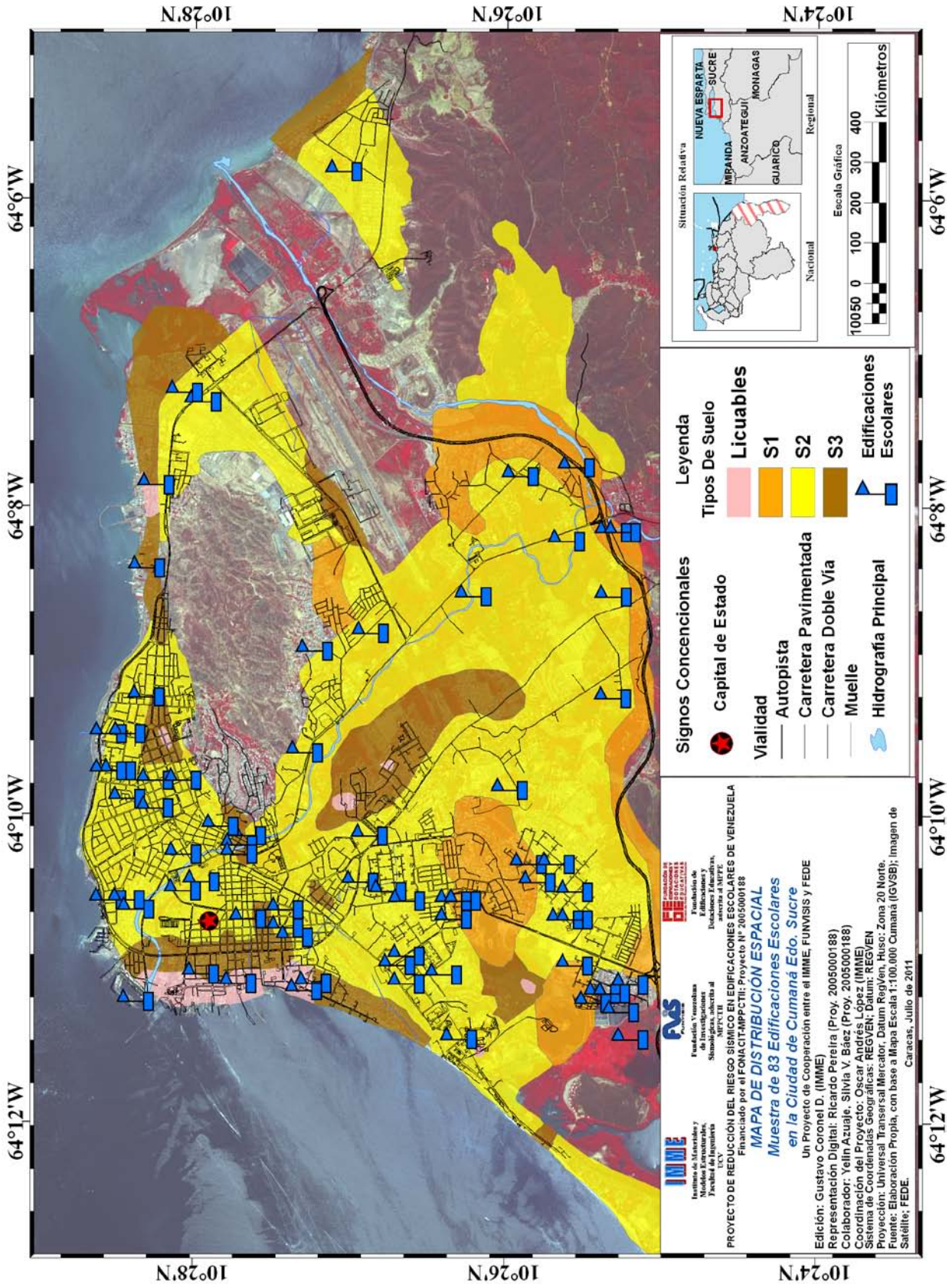




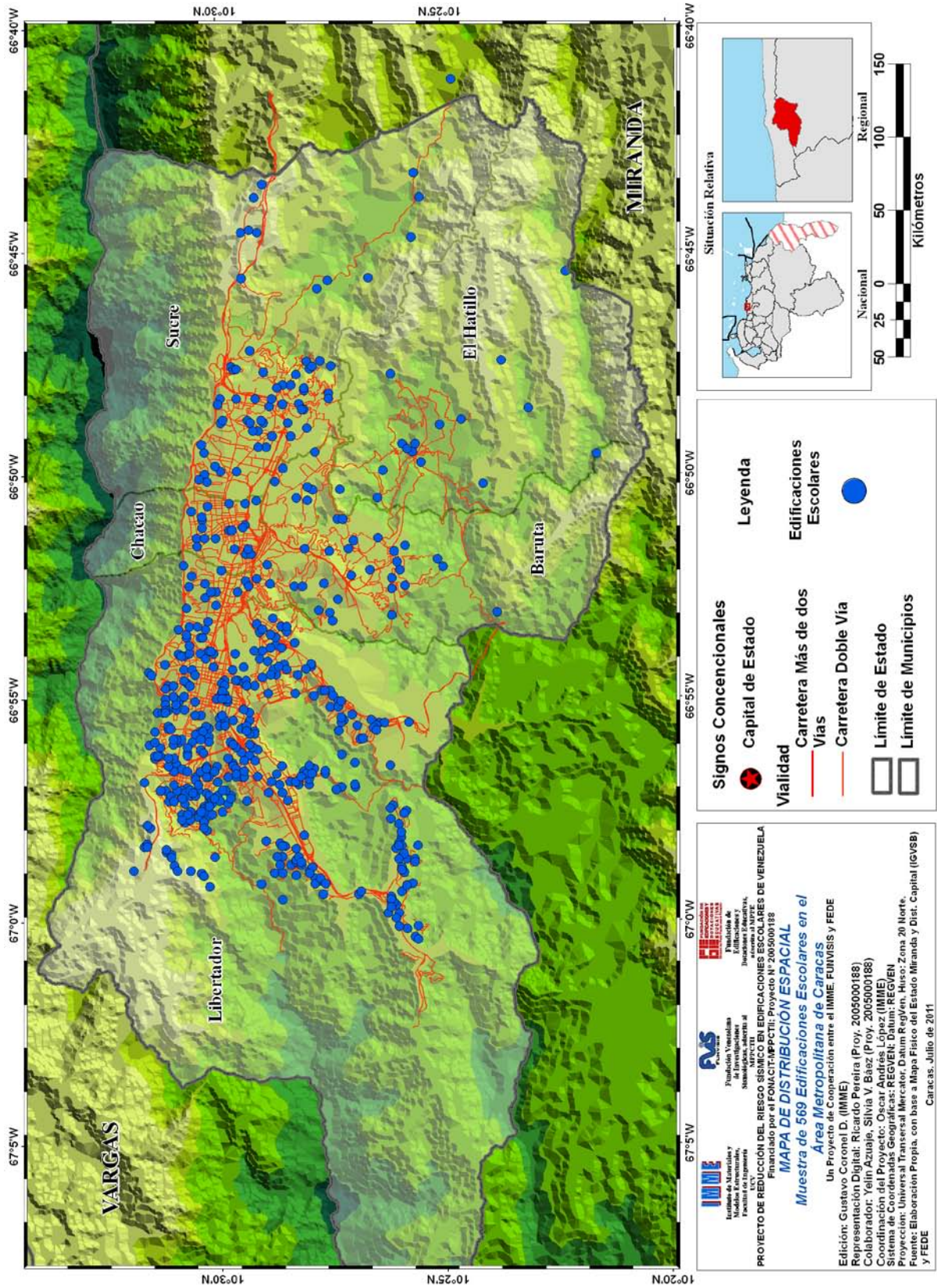












## **Anexo 1.7**

Inventario de Edificios Escolares del Estado Sucre

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	Nº DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
1	OD01591914	190680	E.B. JOSE ANTONIO RAMOS SUCRE	SUCRE	Altigracia	ARISMENDI AV. ARISMENDI	2	1979	-64,176	10,464	Tipo 1
2	S1636N1914	190904	U.E.A. CREACIÓN CUMANÁ	SUCRE	Altigracia	MIRAMAR AV. BADARACO BE	1	1975	-64,169	10,465	Tipo 1
3	OD01101914	190657	C.E.I. BRASIL SAPINES (INAM)	SUCRE	Altigracia	urb. Brasil sector 2 vd	2	1976	-64,176	10,429	Tipo 10
4	PD00011914	190802	U.E. COLEGIO SAN LAZARO	SUCRE	Altigracia	DON NICOLAS CANCEMURE E	2	1982	-64,141	10,425	Tipo 10
5	OD02051914	190647	CENTRO DE EDUCACION INICIAL MU	SUCRE	Altigracia	BUENA VISTA CALLE BUENA	1	1991	-64,182	10,469	Tipo 12
6	OD00801914	190658	C.E.I. LA LLANADA	SUCRE	Altigracia	LA LLANADA VEREDA 14 Y	1	1985	-64,185	10,427	Tipo 12
7	ON00581914	191304	U.E.A. TRES PICOS	SUCRE	Altigracia	TRES PICOS SECTOR TRES	1	2002	-64,152	10,425	Tipo 12
8	S1208D1914	190788	E.T.I. VICENTE DE SUCRE Y URBA	SUCRE	Altigracia	BRASIL 1 SECTOR I AL M	1	1980	-64,181	10,429	Tipo 2
9	OD01481914	190687	E.B. LUIS ANTONIO MORALES RAMI	SUCRE	Altigracia	URB. BRASIL CALLE 03 S	2	1976	-64,170	10,434	Tipo 4
10	OD01581914	190795	E.B REBECA MEJIA RAMIREZ	SUCRE	Altigracia	LLANADA PRINCIPAL, SECT	1	1989	-64,184	10,425	Tipo 4
11	ON00111914	191005	U.E.A. LA LLANADA	SUCRE	Altigracia	URB. LA LLANADA CALLE	2	1985	-64,183	10,423	Tipo 4
12	OD00301914	191085	LICEO BOLIV. MARISCAL SUCRE	SUCRE	Altigracia	LA LLANADA 32	2	1988	-64,184	10,426	Tipo 4
13	OD01931914	190997	U.E. MANUEL SATURNINO PEVALVER 2	SUCRE	Altigracia	Cumana (Capital) TRES PICOS PRINCIPAL SI	1	2002	-64,15	10,425	Tipo 8
14	OD01161914	191098	C.E.I. MUNIC. NUESTRAS RAICES	SUCRE	Altigracia	Cumana (Capital) LLANADA VIEJALA LLANADAS I	1	1984	-64,196	10,419	Tipo 8
15	OD01081914	190646	J.I. ESTADO LARA	SUCRE	Altigracia	ARISMENDI N° 162 FRENT	1	1947	-64,177	10,460	Tipo 8
16	OD01021914	190651	C.E.I. ROTARY CLUB	SUCRE	Altigracia	FE Y ALEGRIA LAS INDUST	1	1991	-64,180	10,447	Tipo 8
17	OD01061914	190653	C.E.I. ANTONIO JOSE DE SUCRE (	SUCRE	Altigracia	BRASIL AV. PRINCIPAL SE	1	1981	-64,176	10,430	Tipo 8
18	OD01491914	190684	E.B. DON FRANCISCO DE MIRANDA	SUCRE	Altigracia	URB. BEBEDERO AV. 01	1	1974	-64,174	10,447	Tipo 8
19	OD01411914	190690	E.B. BRASIL II	SUCRE	Altigracia	BRASIL VEREDA 44	1	1985	-64,173	10,429	Tipo 8
20	OD01651914	190745	U.E. BOLIVARIANO	SUCRE	Altigracia	BARRIO BOLIVARIANO PRIN	1	1957	-64,174	10,442	Tipo 8
21	OD01171914	191101	C.E.I.M. ANDRES ELOY BLANCO	SUCRE	Altigracia	URB. LUIS ALFARO UCEROL	1	1985	-64,167	10,451	Tipo 8
22	OD01711914	191186	E.B. BOLIV. ANTONIO JOSE DE SU	SUCRE	Altigracia	CUMANA AVDA. GOMEZ RUBI	1	2001	-64,178	10,459	Tipo 8
23	OD12221914	190683	E.B LLANADA VIEJA	SUCRE	Altigracia	Cumana (Capital) LLANADA VIEJACALLE PRINCIPAL SI	1	1991	-64,198	10,42	Tipo 9
24	OD15321914	191339	C.E.I.M. LUISA CASERE DE ARISMENDI	SUCRE	Altigracia	Cumana (Capital) LA LLANADA SECTOR IS I	1	1986	-64,198	10,421	Tipo 9
25	OD01221914	190644	C.E.I. CUMANÁ	SUCRE	Altigracia	LA LLANADA	1	1984	-64,185	10,427	Tipo 9
26	OD01001914	190648	CENTRO DE EDUCACION INICIAL BO	SUCRE	Altigracia	URB. VILLA VENEZIA	1	1982	-64,172	10,452	Tipo 9
27	OD01361914	190650	C.E.I. AÑO INTERNACIONAL DEL N	SUCRE	Altigracia	CUMANA GOMEZ RUBIOS CAL	1	1979	-64,175	10,460	Tipo 9



NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
28	OD01091914	190652	CENTRO DE EDUCACION INICIAL PE	SUCRE	Altigracia	FE Y ALEGRIA SECTOR LOS	1	1947	-64,183	10,447	Tipo 9
29	OD00821914	190654	C.E.I. CUMANAGOTO	SUCRE	Altigracia	URB SAN JOSE DETRAS DE	1	1986	-64,186	10,458	Tipo 9
30	OD00811914	190655	CENTRO DE EDUCACION INICIAL BO	SUCRE	Altigracia	URBANIZACION FUNDA SUCR	1	1980	-64,176	10,442	Tipo 9
31	OD00861914	190659	C.E.I. CREACION FE Y ALEGRIA	SUCRE	Altigracia	FE Y ALEGRIA CALLE 04 A	1	1981	-64,181	10,448	Tipo 9
32	OD01501914	190681	ESCUELA BASICA CRISTOBAL DE QU	SUCRE	Altigracia	URB. BEBEDERO AV. 02	1	1960	-64,173	10,449	Tipo 9
33	OD01471914	190688	E.B. BRASIL III	SUCRE	Altigracia	BRASIL CALLE 11 SECTOR	1	1975	-64,170	10,431	Tipo 9
34	OD01461914	190689	E.B. BRASIL IV	SUCRE	Altigracia	URB. BRASIL VEREDA 13 S	1	1971	-64,172	10,433	Tipo 9
35	OD07631914	190744	U.E. ALBERTO SANABRIA	SUCRE	Altigracia	URBANIZACION CASCAJAL A	1	1974	-64,176	10,442	Tipo 9
36	OD02011914	190749	U.E. EUTIMIO RIVAS	SUCRE	Altigracia	BARRIO BUENA VISTA JUV	1	1977	-64,182	10,469	Tipo 9
37	OD01691914	190996	U.E. ASCANIO JOSE VELASQUEZ	SUCRE	Altigracia	MALARIOLOGIA 2 SABILAR	1	1971	-64,162	10,436	Tipo 9
38	ON12411914	191010	C.E.B.A. BR. ALBERTO SANABRIA	SUCRE	Altigracia	URB. ROMULO GALLEGOS AV	1	1974	-64,176	10,442	Tipo 9
39	PD01681914	191081	U.E FE Y ALEGRIA JOSE MARIA VE	SUCRE	Altigracia	LA LLANADA AV.#05 C/C #	1	2002	-64,186	10,424	Tipo 9
40	OD00971914	191153	C.E.I. LOS ROQUES	SUCRE	Altigracia	URB. FE Y ALEGRIA CALLE	1	1997	-64,182	10,443	Tipo 9
41	OD01271914	191192	CENTRO DE ATENCION AL NIÑO Y L	SUCRE	Altigracia	URB. LA LLANADA AVDA. 0	1	1994	-64,184	10,425	Tipo 9
42	OD04021903	190119	U.E. LUIS FELIPE RAMIREZ BLANCO	ARISMENDI	Antonio José de Sucre	San Juan de Unare (Capital) SAN JUAN DE UNARE CALLE PRINCIPAL	1	1965	-62,738	10,75	Tipo 12
43	OD05931903	190123	BOCA DE CUMANA	ARISMENDI	Antonio José de Sucre	San Juan de Unare (Capital) CASERIO BOCA DE CUMANACALE PRINCIPALLOS ALTOS	1	1975	-62,686	10,747	Tipo 12
44	OD05991903	190125	E.B. CHUAO	ARISMENDI	Antonio José de Sucre	Chuaocaserío chua, p. de paná CALLE PRINCIPAL	1	2001	-62,587	10,737	Tipo 12
45	OD05951903	190126	E.B. SIPARA	ARISMENDI	Antonio José de Sucre	Cipara - La Peña - Boca de Cumana CASERIO BOCA DE CUMANACALE PRINCIPALLOS ALTOS	1	1974	-62,698	10,752	Tipo 12
46	OD05961903	190129	E.B. CUMBRE DE CABALLO	ARISMENDI	Antonio José de Sucre	Cumbre Caballo CUMBRE CABALLO VIA SAN JUAN DE UNARE	1	1988	-62,763	10,729	Tipo 12
47	OD06011903	190139	U.E. PUERTO CABALLO	ARISMENDI	Antonio José de Sucre	Puerto Caballo PTO CABALLO CALLE PRINCIPALLA QUEBRADA	1	1983	-62,769	10,735	Tipo 12

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	Nº DE FIOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
48	S4202D1903	190976	U.E. SAN JUAN DE UNARE	ARISMENDI	Antonio José de Sucre	San Juan de Unare (Capital)San juancalle principalhueva	1	1997	-62,737	10,748	Tipo 12
49	OD03791908	190414	UNIDAD EDUCATIVA ROMAN DELGADO CHALBAUD	CRUZ SALMERON ACOSTA	Araya	Rincon, EIEL RICONCALLE 2SM	1	1985	-64,235	10,639	Tipo 12
50	OD03711908	190422	ESCUELA BOLIVARIANA DR. LUIS NAPOLEN° BLANCO	CRUZ SALMERON ACOSTA	Araya	Punta de ArayaSNCALLE PRINCIPAL CHACOPATASN	1	1980	-64,281	10,644	Tipo 12
51	OD03721908	190427	ESCUELA BOLIVARIANA NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN	CRUZ SALMERON ACOSTA	Araya	TaguapireS/SISECTOR EL ROSARIO - LA CR	1	1988	-64,015	10,631	Tipo 12
52	OD07201908	190413	ESCUELA CONCENTRADA PUNTA COLORADA	CRUZ SALMERON ACOSTA	Araya	Araya (Capital)BARRIO PUNTA COLORADACALLE PPAL PUNTA COLORADAS/I	1	1997	-64,06	10,649	Tipo 13
53	OD03801908	190421	ESCUELA BASICA JOSE FELIX RIBAS	CRUZ SALMERON ACOSTA	Araya	Guamache Guentio, EIGUAMACHECALLE PRINCIPALS/I	1	1967	-64,131	10,62	Tipo 13
54	SO790D1908	190431	LICEO BOLIVARIANO SALVADOR CORDOBA	CRUZ SALMERON ACOSTA	Araya	Araya (Capital)ARAYAHOSPITAL VIRGEN DEL VALLESECTOR LA CARRETERA	3	1982	-64,258	10,58	Tipo 2
55	S2083N1908	191114	U.E.N. NOCT. SALVADOR C7RDOBA	CRUZ SALMERON ACOSTA	Araya	Araya (Capital)ARAYAS/ILA OTRABANDA	2	1982	-64,254	10,577	Tipo 2
56	OD03751908	190423	U.E. CRUZ SALLMERN° ACOSTA	CRUZ SALMERON ACOSTA	Araya	Araya (Capital)S/CALLE CONCENTRACIONSECTOR LA CARRETERA	1	1974	-64,28	10,643	Tipo 4
57	OD07191908	190412	ESC. BOLIVARIANA EL CASTILLO	CRUZ SALMERON ACOSTA	Araya	Araya (Capital)BARRIOCOLINAS DE LOS ANGELESSECTOR EL CASTILLO	1	1994	-64,256	10,578	Tipo 8
58	OD09161912	190513	ESCUELA BOLIVARIANA BEJUCAL	MONTES	Arenas	Arenas (F) (Capital)BEJUCALARENAS	1	1978	-63,914	10,291	Tipo 12
59	OD09151912	190516	ESCUELA BASICA CONCENTRADA CANGREJAL	MONTES	Arenas	Arenas (F) (Capital)CANGREJALCANGRE JAL-ARENAS	1	1974	-63,964	10,287	Tipo 12
60	OD09221912	190517	ESCUELA BOLIVARIANA TRES PICOS	MONTES	Arenas	Arenas (F) (Capital)TRES PICOSTRES PICOS	1	1997	-63,992	10,286	Tipo 14
61	OD08041912	190527	ESCUELA UNITARIA SANTA ELENA	MONTES	Aricagua	Sita. Elena AbajoCASERIO SANTE ELENAARICAGUA	1	1983	-63,766	10,259	Tipo 12
62	OD02511912	190559	U.E.B. TRINA HERNANDEZ DE FIGUERA	MONTES	Aricagua	San Salvador (F)SAN SALVADOREL STADYM	1	1976	-63,902	10,232	Tipo 13

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
63	OD07171912	190518	ESCUELA CONCENTRADA RURAL BOLIVARIANA VALLE GRANDE	MONTES	Aricagua	Valle Grande - SotilloVALLE GRANDECALLE UNICA	1	1972	-63,866	10,258	Tipo 14
64	OD08031912	190522	ESCUELA BOLIVARIANA PALMARITO	MONTES	Aricagua	Palmarito AbajoPALMARITOSIN INFORMACION	1	1975	-63,802	10,273	Tipo 14
65	OD07181912	190524	ESCUELA BASICA CONCENTRADA MAURATE	MONTES	Aricagua	Aricagua (Capital)MAURATEVIA CUMANACOA COCOLLAR	1	1992	-63,845	10,205	Tipo 14
66	OD08061912	190521	ESCUELA BOLIVARIANA LAS LAGUNAS	MONTES	Aricagua	Laguna, LaACARIGUALAS LAGUNAS	1	1976	-63,755	10,239	Tipo 5
67	OD07101912	190519	ESCUELA BASICA EL MACO	MONTES	Aricagua	Aricagua (Capital)EL MACOEL MACO	1	2006	-63,86	10,204	Tipo 8
68	OD02541912	190523	ESCUELA BOLIVARIANA AGUA BLANCA	MONTES	Aricagua	Agua Blanca - Los ChoerosEL CHISPERONO TIENE	1	2002	-63,824	10,238	Tipo 8
69	OD08021912	190526	ESCUELA BASICA MAPURITE	MONTES	Aricagua	MapuriteMAPURITEMAPURITE	1	1973	-63,753	10,218	Tipo 8
70	OD02441912	190560	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA MARIA LILIAN GUZMAN	MONTES	Aricagua	Dos Rios, Los (F)LOS DOS RIOSIN INFORMACION	1	1972	-63,872	10,219	Tipo 9
71	OD07301914	190691	ESC.BAS. CONCENTRADA BELLA VISTA	SUCRE	Ayacucho	Cumana (F) (Capital)S/IS//CARRET. CUM-PTO LA CRUZ	1	1968	-64,31	10,338	Tipo 12
72	OD01791914	190757	U.E. ZENaida VARELA MAGO	SUCRE	Ayacucho	Cumana (F) (Capital)LAAS MERCEDESCARRETERA VIEJA CUMANA PTBARBACOAS	1	1911	-64,273	10,364	Tipo 12
73	OD01771914	190761	ESCUELA BOLIVARIANA PLAN DE LA MESA	SUCRE	Ayacucho	Cumana (F) (Capital)BARRIO PLAN DE LA MESACARRETERA CUMANA PTO. LA	1	1968	-64,304	10,332	Tipo 12
74	OD07361914	190959	ESCUELA BOLIVARIANA PETARE	SUCRE	Ayacucho	PetareSANTA FEPETAREGOLFO DE SANTA FE	1	1946	-64,373	10,325	Tipo 12
75	OD01551914	190692	ESCUELA BOLIVARIANA MARQUEZ	SUCRE	Ayacucho	Cumana (F) (Capital)CARRERA NACIONALCUMANA PTO LA CRUZ	1	2005	-64,358	10,306	Tipo 13
76	OD01521914	190760	ESCUELA BOLIVARIANA MOCHIMA	SUCRE	Ayacucho	MochimaMOCHIMACALLE PRINCIPALSECTOR I	1	1968	-64,335	10,349	Tipo 13

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
77	OD06721914	190750	ESCUELA BOLIVARIANA LOS BORDONES	SUCRE	Ayacucho	Cumana (F) (Capital)LOS BORDONES CRTTA NAC CUMANAPTOLACRULA CURVA	1	1969	-64,218	10,41	Tipo 3
78	OD01781914	190758	ESCUELA BOLIVARIANA LUIS JOSE ESPIN	SUCRE	Ayacucho	Cumana (F) (Capital)EL TACAL ICARRETERA VIEJA CUMANA PU	2	1976	-64,247	10,393	Tipo 3
79	T0130N1914	190903	U.E.A. MODESTO SILVA	SUCRE	Ayacucho	AV. UNIVERSIDAD	1	1958	-64,194	10,442	Tipo 4
80	OD01531914	190748	ESCUELA BOLIVARIANA FEDERAL SU	SUCRE	Ayacucho	FAJARDO CALLE RENDON IG	1	1948	-64,183	10,465	Tipo 6
81	OD00311914	191078	LICEO BOLIV. JUAN PABLO PEREZ ALFONZO	SUCRE	Ayacucho	Cumana (F) (Capital)EL TACALCARET. VIEJA CUMANA- PTOEL TACAL	1	1984	-64,245	10,392	Tipo 9
82	S4192D1915	190833	LICEO BOLIVARIANO CREACION RIO SALADO	VALDEZ	Bideau	Río Salado (Capital)RIO SALADOCALLE BOLIVAR	1	1991	-62,264	10,647	Tipo 12
83	OD04901915	191291	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA RIO SALADO	VALDEZ	Bideau	Río Salado (Capital)CASERIO RIO SALADOCALLE BOLIVAR	1	1961	-62,261	10,647	Tipo 12
84	OD04441915	190834	U.E.B. LA SALINA	VALDEZ	Bideau	Río Salado (Capital)GUARAMITABOLIVAR	1	1972	-62,276	10,609	Tipo 8
85	OD07621915	190817	E.B.Mejillones	VALDEZ	Bideau	Mango, El caserío el mangosí	1	1970	-62,187	10,681	Tipo 9
86	S1560D1905	190336	LICEO NACIONAL BOLIVARIANO JORGE ORDOSGOITTI	BERMUDEZ	Bolívar	Carúpano (Capital)AUGUSTO MALAVE VILLALBAAV. PRINCIPALSECTOR EL MANGLE	3	1976	-63,28	10,659	Tipo 10
87	OD03121905	190309	GRUPO ESCOLAR JOSE FRANCISCO BERMUDEZ	BERMUDEZ	Bolívar	Carúpano (Capital)PLAYA GRANDE ARRIBACALLE PRINCIPAL	1	1979	-63,283	10,663	Tipo 12
88	OD09091905	190270	ESCUELA BASICA BOLIVARIANA LONDRES	BERMUDEZ	Bolívar	Carúpano (Capital)LONDRES DE PLAYA GRANDECALLE PRINCIPAL	1	1945	-63,303	10,645	Tipo 14
89	OD03251905	191135	C.E.I. LA MARINA	BERMUDEZ	Bolívar	Carúpano (Capital)LA MARINA ICALLE 05	1	1996	-63,33	10,67	Tipo 14
90	OD03071905	190310	UNIDAD EDUCATIVA PLAYA GRANDE	BERMUDEZ	Bolívar	Carúpano (Capital)AUGUSTO MALAVE VILLALBAAVENIDA PRINCIPALPLAYA GRANDE	2	1993	-63,282	10,655	Tipo 4



NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
91	S3200D1905	190335	LICEO BOLIVARIANO CREACION GUACA	BERMUDEZ	Bolivar	Carupano (Capital)GUACACALLE FLORIDA	2	1989	-63,399	10,673	Tipo 5
92	ON00731905	191327	UNIDADEUCATIVA ADULTO CREACION GUACA	BERMUDEZ	Bolivar	Carupano (Capital)GUACACALLE LIBERTADCENTRO GUACA	2	1988	-63,4	10,673	Tipo 5
93	OD03481905	190250	CENTRO DE EDUCACION INICIAL GUATAPANARE	BERMUDEZ	Bolivar	Carupano (Capital)GUATAPANARECALL E CUMANASECTOR GUATAPANARE	1	1990	-63,41	10,667	Tipo 8
94	OD03351905	190252	CENTRO DE EDUCACION INICIAL VIRGEN DEL VALLE	BERMUDEZ	Bolivar	Carupano (Capital)VIRGEN DEL VALLECALLE 2	1	1991	-63,282	10,65	Tipo 8
95	OD09051905	190267	UNIDAD EDUCATIVA RECTA DE GUIRIA	BERMUDEZ	Bolivar	Carupano (Capital)RECTA DE GUIRIACALLE PRINCIPALZONA INDUSTRIAL	1	1973	-63,34	10,655	Tipo 8
96	OD03531905	190312	ESCUELA BASICA ESTADO ANZOATEGUI	BERMUDEZ	Bolivar	Carupano (Capital)GUACACALLE LAS DELICIAS	1	2000	-63,411	10,667	Tipo 8
97	OD06961910	190461	U.E.E. CONC. PUNTA BRAVA	MARIÁO	Campo Claro	Punta Brava - La MesetaPUNTA BRAVAPRINCIPALPUNTA BRAVA	1	1975	-62,523	10,614	Tipo 12
98	OD03631910	190477	ESCUELA BASICA ROMAN VALECILLOS	MARIÁO	Campo Claro	Campo Claro (Svvisa) (Amarillo)(F) (Capital)CAMPO CLAROCALLE ROMAN VALECILLO	1	1961	-62,538	10,603	Tipo 12
99	OD03621910	190478	U.E.B ALTO AMARA	MARIÁO	Campo Claro	Campo Claro (Svvisa) (Amarillo)(F) (Capital)ALTO AMARAPRINCIPALLAS VIVIENDAS	1	1956	-62,549	10,597	Tipo 12
100	OD07041910	190462	U.E.B MUNDO NUEVO	MARIÁO	Campo Claro	Mundo NuevoMUNDO NUEVOPRINCIPAL	1	2002	-62,541	10,638	Tipo 8
101	S4198D1910	190463	LICEO BOLIVARIANO CAMPO CLARO	MARIÁO	Campo Claro	Campo Claro (Svvisa) (Amarillo)(F) (Capital)CAMPO CLAROCALLE CEDEÁO	2	1992	-62,54	10,601	Tipo 8
102	S4201D1909	190443	LICEO BOLIVARIANO CREACION GUAYANA	LIBERTADOR	Campo Elias	Guayana (Bohordal) (Capital)CACERIO GUAYANAALOS ALMENDRONES	1	1999	-62,941	10,591	Tipo 12

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
103	OD05171909	190444	ESCUELA BOLIVARIANA CANGREJAL	LIBERTADOR	Campo Elias	Cangrejal (Rio Ravelo)CASERIO CANGREJALCALLE PRINCIPAL	1	1958	-62,967	10,612	Tipo 12
104	OD04891909	190445	ESCUELA BOLIVARIANA GUAYANA	LIBERTADOR	Campo Elias	Guayana (Bohordal) (Capital)GUAYANACALLE EL ESTADIOGUAYANA	1	1967	-62,943	10,593	Tipo 12
105	S2236D1913	190638	LICEO BOLIVARIANO CREACION SAUCEDO	RIBERO	Cariaco	SaucedoBARRIO 4 DE DICIEMBRECALLE PRINCIPALLAS CASITAS	1	1982	-63,53	10,628	Tipo 10
106	PD00411913	191181	U.E. FE Y ALEGRIA MADELEILIS GUZMAN	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital)CARINICUAOCALLE CARABOSECTOR LA REFORMA	1	1999	-63,556	10,493	Tipo 11
107	OD02731913	190613	ESCUELA BOLIVARIANA AGUA SANTA	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital)SIN INFORMACIONCALLE PRINCIPALSECTOR EL PORVENIR	1	1986	-63,546	10,492	Tipo 12
108	OD05541913	190623	ESCUELA BASICA CREACION PANTOFO	RIBERO	Cariaco	Pantofa (F)SIN INFORMACIONCALLE LOS DEPORTISTAS	1	1966	-63,451	10,493	Tipo 12
109	OD02681913	190971	ESCUELA BASICA QUEBRADA HONDA	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital)SIN INFORMACIONCALLE PRINCIPAL	1	1984	-63,517	10,595	Tipo 12
110	OD02761913	190975	ESCUELA BASICA CACAHAUAL	RIBERO	Cariaco	CacahualSIN INFORMACIONCALLE PRINCIPAL	1	1980	-63,488	10,595	Tipo 12
111	OD06731913	191277	ESCUELA BOLIVARIANA SIMON BOLIVAR	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital)URB CARLOS ANDRES PEREZCALLE EL ROSALSECTOR LOS BLOQUES	2	1992	-63,554	10,494	Tipo 4
112	OD00121913	191292	LICEO BOLIVARINO CREACION GUACARAPO	RIBERO	Cariaco	GuacarapoSAN RAFAEL GUACARAPOVI LOS CACHICATOS	2	2006	-63,734	10,5	Tipo 4
113	OD04991913	190580	UNIDAD EDUCATIVA LA FUNCIA	RIBERO	Cariaco	Funcia, LaSIN INFORMACIONCALLE PRINCIPAL	1	1968	-63,465	10,452	Tipo 8
114	OD05511913	190612	ESCUELA BOLIVARIANA EL CORDON	RIBERO	Cariaco	Cordon, EISIN INFORMACIONCALLE PRINCIPAL	1	1970	-63,551	10,475	Tipo 8
115	OD02741913	190619	ESCUELA BOLIVARIANA SAN JUAN BAUTISTA ARISMENDI	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital)CEREZALCALLE SAN JOSE	1	1968	-63,584	10,484	Tipo 8

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
116	OD02791913	190620	ESCUELA BOLIVARIANA VALENTIN VALIENTE	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital) SIN INFORMACION CALLE JUNIN	1	2000	-63,551	10,495	Tipo 8
117	OD02931913	190622	ESCUELA BASICA DEMETRIO JESUS AGUILERA	RIBERO	Cariaco	Campoma SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL SECTOR LA CHICA	1	2006	-63,612	10,508	Tipo 8
118	OD02781913	190629	ESCUELA BASICA ESTADO ZULIA	RIBERO	Cariaco	Chiguana SIN INFORMACION LOS CERRITOS SECTOR LAS CASITAS	1	2006	-63,675	10,493	Tipo 8
119	S0820D1913	190639	LICEO BOLIVARIANO RAIMUNDO MARTINEZ CENTENO	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital) LA FUENTE AV. ANTONIO JOSE DE SUCRE SECTOR LA FUENTE	1	2001	-63,552	10,499	Tipo 8
120	T0600D1913	190640	ESCUELA TECNICA AGROPECUARIA ROBINSONIANA ZAMORANA CUMANAGOTOS	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital) URB LAS MANOAS CALLE PRINCIPAL	1	2002	-63,53	10,507	Tipo 8
121	OD02691913	190849	C.E.I. GERMANIA GOING	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital) URB. CARLOS ANDRES PEREZ CALLE 5 DE JULIO	1	1995	-63,554	10,5	Tipo 8
122	OD02771913	190938	ESCUELA BASICA CHAMARIAPA GUIRIA	RIBERO	Cariaco	Chamariapa de Guiria SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	2000	-63,521	10,579	Tipo 8
123	OD02571913	190969	ESCUELA BOLIVARIANA LAS MANOAS	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital) SIN INFORMACION PRIMERA CALLE PAVIMENTADA	1	1970	-63,53	10,499	Tipo 8
124	OD11761913	190974	ESCUELA BOLIVARIANA CHAMARIAPA AFUERA	RIBERO	Cariaco	Chamariapa Afuera SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	2000	-63,53	10,549	Tipo 8
125	ON02231913	191048	C.E.B.A. DR. DELFIN PONCE CORDOBA	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital) SIN INFORMACION CALLE JUNIN SECTOR CENTRO	1	2000	-63,555	10,498	Tipo 8
126	OD02671913	191074	C.E.I. MIRANDA	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital) SIN INFORMACION CALLE MIRANDA SECTOR EL MERCADO	1	1997	-63,549	10,496	Tipo 8
127	S0820N1913	191116	UNIDAD EDUCATIVA ADULTO RAIMUNDO MARTINEZ CENTENO	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital) SIN INFORMACION AV. ANTONIO JOSE DE SUCRE SECTOR LA FUENTE	1	2001	-63,551	10,499	Tipo 8
128	OD12311913	191196	LICEO BOLIVARIANO CREACION LA ESMERALDA	RIBERO	Cariaco	Esmeralda, La URB. EL ROSARIO CALLE PRINCIPAL	1	2000	-63,552	10,493	Tipo 8

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
129	OD02631913	191220	C.E.I. PANTOFO	RIBERO	Cariaco	Pantofa (F) SIN INFORMACION CALLE LAS CACIAS SECTOR PLAZA BOLIVAR	1	1994	-63,551	10,496	Tipo 8
130	OD00501913	191279	LICEO BOLIVARIANO CREACION CAMPOMIA	RIBERO	Cariaco	Chamaripa de Guiriba BARRIO MONTE PRIDAD PRINCIPAL	1	2003	-63,611	10,51	Tipo 8
131	OD02861913	190568	C.E.I. MARIA ANGELICA LUSINCHI	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital) URB. CARIQUITO CALLE CONGRESILLO	1	1985	-63,555	10,496	Tipo 9
132	OD02841913	190575	ESCUELA BOLIVARIANA CARRIZAL	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital) CARRIZAL CALLE PRINCIPAL CARRIZAL	1	2005	-63,512	10,495	Tipo 9
133	OD02881913	190624	ESCUELA BASICA PEDRO CAMEJO	RIBERO	Cariaco	Soledad, La SIN INFORMACION CALLE PEDRO CAMEJO	1	1964	-63,537	10,591	Tipo 9
134	OD12351913	191066	UNIDAD EDUCATIVA CENTRO EDUCATIVO MONSEÑOR ENRIQUE BREKELMANS	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital) SIN INFORMACION CALLE MIRANDA SECTOR EL MERCADO	1	1952	-63,553	10,496	Tipo 9
135	OD06791913	191311	C.E.I. VALENTIN VALIENTE	RIBERO	Cariaco	Cariaco (F) (Capital) SIN INFORMACION CALLE CARABO SECTOR CENTRO	1	1974	-63,557	10,5	Tipo 9
136	OD05531913	190585	ESCUELA BASICA BOLIVITA	RIBERO	Catauro	Catauro (Capital) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1970	-63,383	10,344	Tipo 12
137	OD02811913	190582	ESCUELA BASICA JUAN ANTONIO	RIBERO	Catauro	Catauro (Capital) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1960	-63,368	10,36	Tipo 13
138	OD12301913	191144	ESCUELA BASICA BERLIN	RIBERO	Catauro	Berlin SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1989	-63,481	10,397	Tipo 13
139	SZ798D1913	190641	LICEO BOLIVARIANO CENTRO POBLADO	RIBERO	Catauro	Poblado, El (F) SIN INFORMACION CALLE N° 6	2	1986	-63,398	10,372	Tipo 4
140	ON00651913	190949	E.B.A. CENTRO POBLADO	RIBERO	Catauro	Poblado, El (F) SIN INFORMACION CALLE 6	2	1981	-63,392	10,368	Tipo 4
141	OD05001913	190576	UNIDAD EDUCATIVA TONORO	RIBERO	Catauro	Catauro (Capital) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1974	-63,405	10,351	Tipo 8
142	OD05051913	190578	UNIDAD EDUCATIVA ESPUGA	RIBERO	Catauro	Catauro (Capital) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1959	-63,424	10,401	Tipo 8



NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
143	OD05021913	190579	UNIDAD EDUCATIVA PICA ABAJO	RIBERO	Catuaro	Pica de Catuaro , La - Los Castaños - Los Rastrojos SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1965	-63,444	10,429	Tipo 8
144	OD05041913	190587	UNIDAD EDUCATIVA PASO LARGO	RIBERO	Catuaro	Catuaro (Capital) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1976	-63,478	10,313	Tipo 8
145	OD02901913	190625	ESCUELA BOLIVARIANA DOLORES BENITA DE LUNA	RIBERO	Catuaro	Catuaro (Capital) CAMPEARITO CALLE PRINCIPAL	1	1963	-63,415	10,387	Tipo 8
146	OD05071913	190628	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA SANTA ROSA	RIBERO	Catuaro	Catuaro (Capital) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1958	-63,393	10,418	Tipo 8
147	OD03741908	190424	ESCUELA BOLIVARIANA LORENZO ISAVA GUEVARA	CRUZ SALMERON ACOSTA	Chacopata	Chacopata (Capital) CHACOPATA CALLE PRINCIPALS/ I	1	1991	-63,817	10,68	Tipo 12
148	OD03731908	190425	UNIDAD EDUCATIVA SEÑORA DEL ROSARIO	CRUZ SALMERON ACOSTA	Chacopata	Caimancito C/ AIMANCITO CALLE EL DEPORTISTAS/ I	1	1976	-63,9	10,631	Tipo 12
149	OD03771908	190868	E.B. ELZA JOSEFINA LUNAR	CRUZ SALMERON ACOSTA	Chacopata	Guayacan S/ CALLE 3 DE MAYOS/ I	1	2004	-63,828	10,65	Tipo 12
150	OD07241908	190416	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA LOS CACHICATOS	CRUZ SALMERON ACOSTA	Chacopata	Cachicatos, Los - Brasil (F) Cachicatos Calle Principals/ I	1	2003	-63,83	10,555	Tipo 13
151	S4189D1908	190433	LICEO BOLIVARIANO CREACION CHACOPATA	CRUZ SALMERON ACOSTA	Chacopata	Chacopata (Capital) S/ CALLE PRINCIPAL CHACOPATAS/ I	2	1987	-63,817	10,682	Tipo 4
152	ON00621908	191259	E.B. NAC. NOCTURNA CHACOPATA	CRUZ SALMERON ACOSTA	Chacopata	Chacopata (Capital) S/ CALLE EL LICEOS/ I	2	1989	-63,82	10,679	Tipo 4
153	OD00681908	191240	L.B. CREACIN° CAIMANCITO	CRUZ SALMERON ACOSTA	Chacopata	Caimancito S/ S/ S/ I	1	2000	-64,017	10,632	Tipo 8
154	OD08121912	190530	ESCUELA BASICA BELEN	MONTES	Cocollar	Belen BELEN BELEN	1	1984	-63,753	10,202	Tipo 12
155	OD08101912	190531	ESCUELA BOLIVARIANA TURIMIQUIRE	MONTES	Cocollar	Turimiquire CASERIO TURIMIQUIRE COCOLLAR	1	1976	-63,819	10,147	Tipo 12

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
156	OD08081912	190534	ESCUELA BASICA LOS CHORROS	MONTES	Cocollar	Chorros, Los LOS CHORROSLOS CHORROS	1	1972	-63,846	10,185	Tipo 12
157	OD08181912	190536	U.E.N LA MESETA	MONTES	Cocollar	Piedras, Las (Cogollar) (F) (Capital)mesetameseta	1	1961	-63,919	10,172	Tipo 12
158	OD02431912	190561	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA MONSEÑOR ARIAS BLANCO	MONTES	Cocollar	Piedras, Las (Cogollar) (F) (Capital)BARRIO MARIANO PARRA LEONCALLE PRINCIPAL	1	1960	-63,812	10,178	Tipo 12
159	OD08111912	190856	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA LA SOLEDAD	MONTES	Cocollar	Soledad, LaLA SOLEDADCASERIO LA SOLEDAD	1	1995	-63,776	10,171	Tipo 12
160	OD08151912	190533	ESCUELA BASICA BAJO GRANDE DEL LATAL	MONTES	Cocollar	Bajo GrandeBAJO GRANDEBAJO GRANDE	1	1993	-63,738	10,22	Tipo 8
161	OD02421912	190562	U.E.N ELVIRA DE GARCIA ROJAS	MONTES	Cocollar	Piedras, Las (Cogollar) (F) (Capital)SAN JOSESAN JOSE	1	2001	-63,804	10,165	Tipo 9
162	S4190D1915	191205	LICEO BOLIVARIANO CREACION MACURO	VALDEZ	Cristobal Colón	Macuro (Capital)CASERIO MACUROALLE COLOMBIA	1	2001	-61,939	10,666	Tipo 8
163	OD07611915	190815	EBU JUAN DIEGO	VALDEZ	Cristobal Colón	Macuro (Capital)CASERIO JUAN DIEGOPRINCIPAL	1	2004	-62,199	10,638	Tipo 9
164	OD01121915	190835	U.E. BOLIVARIANA MACURO	VALDEZ	Cristobal Colón	Macuro (Capital)CASERIO MACUROALLE BOLIVAR	1	2000	-61,941	10,666	Tipo 9
165	OD01217191	190919	ESCUELA BOLIVARIANA PEDRO LUIS CEDENO	MONTES	Cumanacoa	Cumanacoa (F) (Capital)SIN INFORMACIONARIAS/LAS FLORES	1	1947	-63,92	10,252	Tipo 11
166	OD02401912	190511	ESCUELA BOLIVARIANA CALDERA	MONTES	Cumanacoa	Calderas, Las - El ZamuroCALDERASAN JUANILLO	1	1978	-63,893	10,28	Tipo 12
167	S0371D1912	190549	LICEO BOLIVARIANO LUIS BELTRAN SANABRIA	MONTES	Cumanacoa	Cumanacoa (F) (Capital)LAS FLORESCALLE LAS FLORES	1	1968	-63,921	10,254	Tipo 12
168	OD02501912	190551	UNIDAD EDUCATIVA DIOMEDES CASTRO RODRIGUEZ	MONTES	Cumanacoa	Cumanacoa (F) (Capital)CUMANACOARUIZ PINEDA	1	2007	-63,938	10,25	Tipo 12
169	OD02471912	190554	U.E. SAN JUANILLO	MONTES	Cumanacoa	Cumanacoa (F) (Capital)NO TIENE PARADERO	1	1976	-63,869	10,274	Tipo 12
170	S1807D1912	190567	ESCUELA TECNICA AGROPECUARIA ROBINSONIANA JOSE RAFAEL LLOVERA	MONTES	Cumanacoa	Cumanacoa (F) (Capital)MAYALITOCARRETE RA NACIONAL SUCRE-	1	1979	-63,807	10,17	Tipo 12
171	S1384D1912	190512	LICEO BOLIVARIANO DIEGO DE VALLENILLA	MONTES	Cumanacoa	Cumanacoa (F) (Capital)ROMULO GALLEGOSROMULO GALLEGOS	2	1980	-63,918	10,256	Tipo 4

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
172	OD02481912	190553	UNIDAD EDUCATIVA JUAN RENGEL DE ZERPA	MONTES	Cumanacoa	Cumanacoa (F) (Capital)/PICHINCHAPICHINCH A	3	1990	-63,937	10,248	Tipo 4
173	S0371N1912	190915	UNIDAD EDUCATIVA NOCTURNO LUIS BELTRAN SANABRIA	MONTES	Cumanacoa	Cumanacoa (F) (Capital)URB. ROMULO GALLEGOSIN INFORMACION	2	1980	-63,923	10,25	Tipo 4
174	ON12271912	191108	CENTRO DE ESPECIALIDADES CUMANACOA	MONTES	Cumanacoa	Cumanacoa (F) (Capital)LA REPRESAANTONIO JOSE DE SUCRE	2	1980	-63,919	10,249	Tipo 4
175	OD02531912	191168	CENTRO DE EDUCACION INICIAL LA ALBORADA	MONTES	Cumanacoa	Cumanacoa (F) (Capital)ROMULO GALLEGOSLAS FLORES	1	1993	-63,917	10,254	Tipo 8
176	OD03961903	190165	U.E. DOCTOR ALBERTO CARNEVALLI	ARISMENDI	El Morro de Puerto Santo	Morro de Puerto Santo, El (Capital)EL MORROCALLE ANDRES BELLO	1	1960	-63,155	10,726	Tipo 9
177	PD00021903	190166	U.E.P. JOSE FRANCISCO MALAVE AYALA	ARISMENDI	El Morro de Puerto Santo	Morro de Puerto Santo, El (Capital)EL MORROLOS COCOS	1	2005	-63,156	10,723	Tipo 9
178	S1806D1903	190171	U.E. EL MORRO	ARISMENDI	El Morro de Puerto Santo	Morro de Puerto Santo, El (Capital)EL MORROCALLE PRINCIPALEL MOSQUITO	1	1979	-63,158	10,715	Tipo 9
179	OD04261907	190407	U.E. DR. JOSE MARÍA VARGAS	CAJIGAL	El Paujil	Cachipal (F)CachipalS/I	1	1964	-62,761	10,608	Tipo 12
180	OD04271907	190406	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA EL PAUJIL	CAJIGAL	El Paujil	Paujil, El (Capital)El PaujilBolivar	1	1968	-62,712	10,629	Tipo 8
181	S4194D1907	191306	LICEO BOLIVARIANO EL PAUJIL	CAJIGAL	El Paujil	Paujil, El (Capital)El PaujilCarretera Nacional	1	1981	-62,709	10,626	Tipo 8
182	OD06201907	190387	U.E. QUEBRADA SECA	CAJIGAL	El Paujil	Paujil, El (Capital)Quebrada SecaPrincipal	1	1980	-62,739	10,612	Tipo 9
183	OD06561904	190173	U.E.N RIO EL PILAR	BENITEZ	El Pilar	Pilar, El (F) (Capital)CARRETERA PRINCIPAL DEL PPRINCIPAL	1	1970	-63,174	10,566	Tipo 12
184	OD06551904	190174	U.E.N QUEBRADA SECA	BENITEZ	El Pilar	Qda. Secca ArribaQUEBRADA SECAPRINCIPAL	1	1945	-63,176	10,586	Tipo 12
185	OD06531904	190175	U.E.E LA PICA EL PILAR	BENITEZ	El Pilar	Pilar, El (F) (Capital)LA PICACALLE PRINCIPAL	1	1930	-63,168	10,551	Tipo 12

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
186	OD04141904	190177	NUEVA ESTRELLA	BENITEZ	El Pilar	Pilar, El (F) (Capital)EL PILAR NUEVA ESTRELLAPRINCIPAL EL CEMENTERIO	1	1971	-63,155	10,549	Tipo 12
187	OD06541904	190178	SANTA TECLA	BENITEZ	El Pilar	Santa Ana Arribavia AGUA CALIENTESANTA TECLA	1	1981	-63,176	10,539	Tipo 12
188	OD07781904	190179	U.E.N BOLIV LA PASTORA	BENITEZ	El Pilar	Valle Solo - Cocuyola PASTORAVIA LOS POSOTE	1	1987	-63,164	10,503	Tipo 12
189	OD07731904	190181	EL ALGARROBO	BENITEZ	El Pilar	Algarrobo, El - La FlojeraEL ALGARROBOPRINCIPAL	1	1976	-63,156	10,464	Tipo 12
190	OD07751904	190184	LOS POZOTES	BENITEZ	El Pilar	Pozitos o Chorrillos, LosLOS POZOTESPRINCIPAL	1	1985	-63,137	10,512	Tipo 12
191	OD07741904	190185	GUATAMARE	BENITEZ	El Pilar	Guatamare (FIGUATAMAREPRINCIPAL	1	1975	-63,165	10,509	Tipo 12
192	OD06601904	190187	U.E.AGUAS CALIENTE	BENITEZ	El Pilar	Aguas CalientesAGUAS CALIENTEPRINCIPAL	1	1976	-63,281	10,468	Tipo 12
193	OD09531904	190190	E.B SABANETA DEL PILAR	BENITEZ	El Pilar	Pilar, El (F) (Capital)SABANETA PRINCIPAL	1	1978	-63,182	10,517	Tipo 12
194	OD12241904	190194	EL ALGARROBITO	BENITEZ	El Pilar	Algarrobito, EIEL ALGARROBITOPRINCIPAL	1	1978	-63,205	10,491	Tipo 12
195	OD07691904	190200	GUARUCHAL	BENITEZ	El Pilar	GuaruchalGUARUCHALPRINCIPAL	1	1986	-63,201	10,436	Tipo 12
196	OD07791904	190201	CUMBRE DE CHAGUARAMA	BENITEZ	El Pilar	Cumbre de Las ChaguaramasCHAGUARAMA DEL PILARVIA GUATAMARE	1	1987	-63,18	10,518	Tipo 12
197	OD08851904	190204	CAITUCO	BENITEZ	El Pilar	Cautico - El Cedro (F)CAITUCOPRINCIPAL	1	1982	-62,995	10,303	Tipo 12
198	OD08241904	190205	OJO DE AGUA	BENITEZ	El Pilar	Ojo de AguaSECTOR OJO DE AGUAPRINCIPAL	1	1981	-63,163	10,402	Tipo 12
199	OD08271904	190207	QUEBRADA DE AGUA	BENITEZ	El Pilar	Qda. NegraSECTOR QUEBRADA DE AGUAPRINCIPAL	1	1980	-63,096	10,342	Tipo 12
200	OD08351904	190208	U.E.N.BOLIV. COICUAL	BENITEZ	El Pilar	Campo AlegreCOICUALPRINCIPAL	1	1975	-63,112	10,441	Tipo 12
201	OD08341904	190209	BOLIV.LAS CATANA	BENITEZ	El Pilar	Valle Solo - CocuyolaLAS CATANAPRINCIPAL	1	1987	-63,11	10,463	Tipo 12
202	OD09521904	190210	U.E.N BOLIV. CAÑO DE AJIES	BENITEZ	El Pilar	Pilar, El (F) (Capital)AJIEPRINCIPAL	1	1954	-63,091	10,464	Tipo 12
203	OD07711904	190212	LICEO BOLIVARIANO CREACINº AGUAFRIA ABAJO	BENITEZ	El Pilar	Agua Fria AbajoAGUA FRIAPRINCIPAL	1	2004	-63,281	10,453	Tipo 12



NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
204	OD07721904	190214	BOLIV.CAMPO ALEGRE	BENITEZ	EI Pilar	Agua Fria AbajoSECTOR CAMPO ALEGREPRINCIPAL	1	1997	-63,281	10,433	Tipo 12
205	OD09331904	190242	ESC BOLIVARIANA SAN AGUZZIN	BENITEZ	EI Pilar	Pilar, El (F) (Capital)SAN AGUSTINPRINCIPAL	1	1986	-63,152	10,585	Tipo 12
206	OD08291904	190843	BOLIV .VALLE SOLO	BENITEZ	EI Pilar	Valle Solo - CocuyoSECTOR VALLE SOLOCALLE PRINCIPAL	1	1967	-63,146	10,507	Tipo 12
207	OD08311904	190846	CURAGUAR	BENITEZ	EI Pilar	Curaguar o CuraguaroSECTOR CURAGUAR VIA LAS CPRINCIPAL	1	1985	-63,16	10,368	Tipo 12
208	OD07801904	190973	CUMACATAR	BENITEZ	EI Pilar	Cumacatal - Pueblo SolocUMACATALPRINCIPAL	1	1978	-63,185	10,496	Tipo 12
209	OD04221904	190243	LUIS DANIEL BEAUPERTHUY	BENITEZ	EI Pilar	Pilar, El (F) (Capital)VIA PRINCIPAL DEL PILARPRINCIPAL	1	1936	-63,152	10,552	Tipo 13
210	OD04231904	190241	U.E.E PABLO MARIA FUENTE	BENITEZ	EI Pilar	Pilar, El (F) (Capital)EL PILARPRINCIPAL	1	1950	-63,149	10,551	Tipo 3
211	T0373D1904	190248	LICEO JACINTO GUTIERREZ	BENITEZ	EI Pilar	Pilar, El (F) (Capital)EL PILARPRINCIPAL	2	1986	-63,153	10,553	Tipo 4
212	OD04181904	190244	MIGUEL SANCHEZ PESQUERA	BENITEZ	EI Pilar	Pilar, El (F) (Capital)EL PILARPRINCIPAL	1	1959	-63,135	10,567	Tipo 7
213	OD08841904	190182	GUAYABAL	BENITEZ	EI Pilar	Pilar, El (F) (Capital)GUAYABAL VIA LOS POZOTEPRINCIPAL	1	1983	-63,143	10,538	Tipo 8
214	OD08301904	190193	CAÑO DE CRUZ CHIQUITO	BENITEZ	EI Pilar	Caño de Cruz - Río Oscuro AbajoCAÑO DE CRUZPRINCIPAL	1	1978	-63,169	10,374	Tipo 8
215	OD08281904	190206	RIO FRIO	BENITEZ	EI Pilar	Río Frío o ManantialSECTOR RIO FRIOPRINCIPAL	1	1975	-63,071	10,323	Tipo 8
216	OD07681904	190847	EL ESCONDIDO	BENITEZ	EI Pilar	Escondido, EICOMUNIDAD DEL ESCONDIOPRINCIPAL	1	1958	-63,221	10,394	Tipo 8
217	OD00591904	191293	L.B.N CREACION SABANETA	BENITEZ	EI Pilar	Pilar, El (F) (Capital)SABANETA DE EL PILARCALLE PRINCIPAL	1	2000	-63,144	10,543	Tipo 8
218	OD07671904	190196	LASD PALOMAS	BENITEZ	EI Pilar	Palomas, LasLAS PALOMASEL PILAR	1	1979	-63,161	10,443	Tipo 9
219	OD08331904	190197	BOLIV. RIO COLORADO	BENITEZ	EI Pilar	Río Colorado - Altos Los NegrosRIO COLORADOPRINCIPAL	1	1960	-63,119	10,497	Tipo 9
220	OD04161904	190211	U.E.N.AGUA FRIA	BENITEZ	EI Pilar	Agua Fria AbajoAGUA FRIAPRINCIPAL	1	1998	-63,263	10,463	Tipo 9

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
221	OD06571904	190216	U.E.E CUMBRE DEL RINCON	BENITEZ	El Rincón	Cumbre del Rincón, La - Saca MantecaEL RINCONCALLE PRINCIPAL	1	1972	-63,211	10,594	Tipo 12
222	OD06611904	190217	U.E.N GUASIMAL ABAJO	BENITEZ	El Rincón	Laguna, LaSECTOR GUASIMALPRINCIPAL	1	1997	-63,19	10,57	Tipo 12
223	OD06631904	190218	GUASIMAL ARRIBA	BENITEZ	El Rincón	Chuparipal ArribaCHUPARIPALPRINCIPAL	1	1976	-63,196	10,575	Tipo 12
224	OD06581904	190219	U.E.E CHUPARIPAL ARRIBA	BENITEZ	El Rincón	Chuparipal ArribaSECTOR CHUPARIPALCALLE PRINCIPAL	1	1968	-63,206	10,572	Tipo 12
225	OD00351904	191080	L.B.N CREACIN° LOS ARROYOS	BENITEZ	Gral Francisco Antonio Vasquez	Arroyos, Los (F) (Capital)LOS ARROYOSPRINCIPAL	1	2007	-63,134	10,569	Tipo 8
226	OD04211904	190245	ESCUELA BOLIVARIANA DR VALDIVIESO MONTAÑO	BENITEZ	Guaraunos	Guaraunos (Capital)GUARAUNOLAS PALMAS	1	1953	-63,121	10,557	Tipo 12
227	S2741D1904	190222	E.T.A.R.N GRANJA GUARAUNO	BENITEZ	Guaraunos	Guaraunos (Capital)GUARAUNODE GUARAUNO	1	1979	-63,121	10,56	Tipo 9
228	OD04501915	190828	UNIDAD EDUCATIVA SANTA EDUVIGIS	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)NUEVA GUIRIAYEREDA 08	3	1987	-62,297	10,582	Tipo 1
229	OD04491915	190829	U.E. MANUEL ISAVA	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)GUIRIACALLE PAGALLOS AL FINAL	2	1940	-62,3	10,584	Tipo 10
230	SO369N1915	191111	U.E.A. DR. DOMINGO BADARACCO BERMUDEZ	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)GüeriaAAV-MIRANDA	2	2002	-62,296	10,576	Tipo 10
231	OD09541915	191290	C.E.I. GUAYACAN	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)URBANIZACION GUAYACANS/I	1	2006	-62,303	10,58	Tipo 12
232	OD04511915	190827	UNIDAD EDUCATIVA ALEJANDRO VILLANUEVA	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)GüeriaRIACALLE PAGALLO	1	1946	-62,293	10,585	Tipo 3
233	OD07591915	190807	ECUELA BASICA GUARAMA ARRIBA	VALDEZ	Güiria	Guarama ArribaCASERIO GUARAMA ARRIBAS/I	1	2007	-62,3	10,631	Tipo 8
234	OD07601915	190811	U.E. BOLIV. TUBERIA ABAJO	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)tuberia abajoprincipal	1	2007	-62,291	10,593	Tipo 8
235	OD07651915	190812	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA QUEBRADA DE AGUA	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)S/I	1	1987	-62,324	10,627	Tipo 8

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
236	OD04481915	190830	UNIDAD EDUCATIVA MIGUEL LOPEZ ALCALA	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)CASERIO RIO DE GÁGRIACALLE PRINCIPAL	1	1963	-62,321	10,605	Tipo 8
237	OD04471915	190831	UNIDAD EDUCATIVA MARIA BLANDIN DE ALFONZO	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)ANTONIO JOSE DE SUCRE CALLEJON AYACUCHO	1	1990	-62,304	10,577	Tipo 8
238	S0369D1915	190838	LICEO BOLIVARIANO DR. DOMINGO BADARACO BERMUDEZ	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)GÁGRIAAV FRANCISCO DE MIRANDA	1	2004	-62,297	10,576	Tipo 8
239	ON04431915	191161	C.E.A. ALEJANDRO VILLANUEVA	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)GURIAPAGALLOS	1	2005	-62,297	10,587	Tipo 8
240	PD00431915	191206	E.T.A.P. MARIA AUXILIADORA	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)SECTOR SAN ANTONIO CALLEJON SAN ANTONO	2	1994	-62,291	10,588	Tipo 8
241	OD07771915	191289	C.E.I. LIBERTADOR	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)LIBERTADOR CALLE BOLIVAR	1	2004	-62,292	10,583	Tipo 8
242	OD04421915	190806	J.I. Independencia	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)Barrio Independencia Principal	1	1987	-62,298	10,579	Tipo 9
243	OD04401915	190808	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA LA SABANA	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)LA SABANA CALLE LA CHIQUINQUIRA	1	1985	-62,342	10,611	Tipo 9
244	OD07661915	190809	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA GUARAMA DEL MEDIO	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)S/IS/	1	2003	-62,298	10,624	Tipo 9
245	OD07581915	190810	E.B.E. TUBERIA ARRIBA	VALDEZ	Güiria	Güiria (F) (Capital)TUBERIA ARRIBACALLE PRINCIPAL	1	2006	-62,293	10,599	Tipo 9
246	OD06471910	190451	U.E. GRADUADA RIO SECO	MARIÁO	Irapa	Manacal de Río Seco S/IS/ RIO SECO	1	1976	-62,683	10,634	Tipo 12
247	OD06451910	190453	Escuela BASICA Concentrada El Chuare	MARIÁO	Irapa	Irapa (Capital)El Chuare PRINCIPAL S/NEI Chuare	1	1974	-62,446	10,569	Tipo 12
248	OD06491910	190454	E.B.E. CONC. MANACAL DE RIO SECO	MARIÁO	Irapa	Manacal de Río Seco S/PRINCIPAL MANACAL DE RIO SECO	1	1974	-62,66	10,678	Tipo 12
249	OD06481910	190455	U.E. CONC. BOLIVARIANA LA CEIBA	MARIÁO	Irapa	Samuray LA CEIBA PRINCIPAL LA CEIBA	1	1976	-62,669	10,62	Tipo 12
250	OD06501910	190459	ESCUELA RURAL BOLIVARIANA RIO GRANDE ABAJO	MARIÁO	Irapa	Río Grande Abajo RIO GRANDE ABAJO CALLE PRINCIPAL	1	1974	-62,639	10,602	Tipo 12

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
251	OD06511910	190460	UNIDAD EDUCATIVA NACIONAL BOLIVARIANA RIO CHQUITO ABAJO	MARIÁ'O	Irapa	Río Chiquito Abojos/PRINCIPAL RIO CHQUITO ABAJO	1	1976	-62,603	10,592	Tipo 12
252	OD03681910	190472	U.E. ESTADAL GRADUADA RIO CHQUITO ARRIBA	MARIÁ'O	Irapa	Río Chiquito Arriba RIO CHQUITO ARRIBA PRINCIPAL	1	1968	-62,594	10,621	Tipo 12
253	OD03671910	190473	UNIDAD EDUCATIVA PUEBLO VIEJO	MARIÁ'O	Irapa	Irapa (Capital) Pueblo Viejo Arriba Calle las Viviendas	1	1976	-62,566	10,595	Tipo 12
254	S0373D1910	190483	LICEO BOLIVARIANO SANTIAGO MARIÑO	MARIÁ'O	Irapa	Irapa (Capital) Irapa Final calle Monagas	2	1975	-62,581	10,576	Tipo 3
255	S1635N1910	190902	UNIDAD EDUCATIVA PARA ADULTOS SANTIAGO MARIÑO	MARIÁ'O	Irapa	Irapa (Capital) Irapa Final calle Monagasector	2	2001	-62,58	10,576	Tipo 5
256	OD06461910	190452	ESCUELA BASICA CONCENTRADA LAS MELENAS	MARIÁ'O	Irapa	MeLENAS, Las LAS MELENAS CALLE PRINCIPAL	1	1995	-62,62	10,686	Tipo 8
257	OD06431910	190456	ESCUELA BASICA CONCENTRADA ROMA	MARIÁ'O	Irapa	Roma ROMACALLE PRINCIPAL	1	1995	-62,629	10,682	Tipo 8
258	OD09551910	190458	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA CONCENTRADA EL LLANO	MARIÁ'O	Irapa	Llanito, El - Río Seco (F) EL LLANO PRINCIPAL	1	2007	-62,671	10,634	Tipo 9
259	OD03651910	190475	Unidad Educativa Nacional JOSE E. Machado	MARIÁ'O	Irapa	Irapa (Capital) Irapa Sucre Centro	1	1936	-62,582	10,574	Tipo 9
260	OD04251907	190409	UNIDAD EDUCATIVA TERESA DE LA PARRA	CAJIGAL	Libertad	Río Seco (F) (Capital) Río Seco Carretera Nacional Tronca	1	1952	-62,895	10,601	Tipo 11
261	OD04241907	190371	ESCUELA BOLIVARIANA BUENOS AIRES	CAJIGAL	Libertad	Algarrobo de Buenos Aires Buenos Aires VIA RIO SECO MACANILLAL	1	1953	-62,773	10,667	Tipo 12
262	OD06331907	190373	ESCUELA BOLIVARIANA LAS CATANAS	CAJIGAL	Libertad	Río Seco (F) (Capital) Las Catanas S/I	1	1963	-62,819	10,628	Tipo 12
263	OD06251907	190394	ESCUELA BOLIVARIANA RIO ABAJO	CAJIGAL	Libertad	Riito Abajo Los Riitos S/I	1	1975	-62,875	10,625	Tipo 12
264	OD06261907	190399	ESCUELA BOLIVARIANA SANTA ELENA	CAJIGAL	Libertad	Santa Elena Arriba Santa Elena S/I	1	1975	-62,885	10,679	Tipo 12
265	OD06231907	190400	ESCUELA BOLIVARIANA RIO DEL MEDIO	CAJIGAL	Libertad	Río El Medio - Agua Santa Río del Medio S/I	1	1965	-62,917	10,614	Tipo 12
266	OD06221907	190408	ESCUELA BOLIVARIANA EL ALGARROBO	CAJIGAL	Libertad	Algarrobo de Buenos Aires El Algarrobo Principal	1	1950	-62,865	10,673	Tipo 12
267	OD04301907	190392	Escuela Bolivariana Alto San Pedro	CAJIGAL	Libertad	Río Seco (F) (Capital) Alto San Pedro La Escuela	1	2006	-62,885	10,591	Tipo 8
268	S4199D1907	190398	Liceo Bolivariano Creación RIO SECO	CAJIGAL	Libertad	Río Seco (F) (Capital) Río Seco El Liceo La Plaza	1	2001	-62,892	10,599	Tipo 8



269	OD03191905	190313	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA EUSTOQUIA SOLEDAD LUIGI	BERMUDEZ	Macarapana	Carupano (Capital)MACARAPANACALLE PRINCIPALEL PASADERO	2	1955	-63,216	10,663	Tipo 11
270	OD04351905	190254	ESCUELA MIXTA CONCENTRADA MACARAPANA	BERMUDEZ	Macarapana	Carupano (Capital)VIVIENDA RURAL SAN ANDRESCALLE PRINCIPAL S/NLAS VIVIENDAS	1	1977	-63,223	10,668	Tipo 12
271	OD06931905	190271	ESCUELA BASICA UNITARIA N° 301 LA SIERRA	BERMUDEZ	Macarapana	Sierra, LaCASERIO LA SIERRAVIA PRINCIPAL	1	1976	-63,182	10,648	Tipo 12
272	OD06911905	190272	ESCUELA NACIONAL CONCENTRADA CANAIMA	BERMUDEZ	Macarapana	CanaimaCASERIO CANAIMAVIA EL CERRO	1	1988	-63,189	10,633	Tipo 12
273	ON00781905	191160	CENTRO DE EDUCACION ADULTO CREACION CONCENTRADA MACARAPANA	BERMUDEZ	Macarapana	Carupano (Capital)MACARAPANACALLE PRINCIPAL MACARAPANLA PAQUETA	2	2008	-63,212	10,663	Tipo 14
274	OD00191905	190967	LICEO NACIONAL BOLIVARIANO MACARAPANA	BERMUDEZ	Macarapana	Carupano (Capital)MACARAPANACALLE PRINCIPAL S/N	2	1994	-63,211	10,661	Tipo 8
275	OD07231908	190417	ESCUELA BOLIVARIANA LA ANGOLETA	CRUZ SALMERON ACOSTA	Manicuaire	Angoleta, La - Laguna Chicala ANGOLETACALLE PPAL ANGOLETAVIRGEN DEL CARMEN	1	1978	-64,067	10,577	Tipo 12
276	OD07281908	190419	U.E. CONCENTRADA SALAZAR	CRUZ SALMERON ACOSTA	Manicuaire	Salazar - Pto. RealSALAZARCALLE LA PLAYACASERIO SALAZAR	1	1976	-64,111	10,579	Tipo 12
277	OD07261908	190429	ESCUELA BOLIVARIANA MERITO	CRUZ SALMERON ACOSTA	Manicuaire	Merito (F)S/IS/SECTOR PPAL MERITO	1	1978	-64,129	10,582	Tipo 12
278	OD07251908	190957	ESCUELA BOLIVARIANA PUNTA ARENA	CRUZ SALMERON ACOSTA	Manicuaire	Punta ArenasBarranca BlancaPrincipa/S/	1	1961	-64,226	10,511	Tipo 13
279	OD07221908	190430	ESCUELA BOLIVARIANA TACARIGUA	CRUZ SALMERON ACOSTA	Manicuaire	TacariguaS/ICALLE PPAL S/NS/	1	1978	-64,164	10,576	Tipo 8
280	S4496D1908	190864	E.T.R. NUESTRA SEÑORA DE LAS MERCEDES	CRUZ SALMERON ACOSTA	Manicuaire	Manicuaire (Capital)MERITOCALLE PRINCIPALS/N	1	2003	-64,13	10,583	Tipo 8
281	S4191D1908	190432	L.B. CREACION MANICUAIRE	CRUZ SALMERON ACOSTA	Manicuaire	Manicuaire (Capital)MANICUAREGUARAT ARO - BREASECTOR GUARATARO	1	1990	-64,205	10,558	Tipo 9

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
282	OD06981910	190464	ESCUELA BASICA ESTADAL CONCENTRADA LA CONCEPCINº	MARIÁ'O	Marabal	Valencia - La Concepción (F) LA CONCEPCIONCALLE PRINCIPAL	1	1970	-62,561	10,613	Tipo 12
283	OD06971910	190465	ESCUELA BASICA ESTADAL GRADUADA VALENCIA (NER 277)	MARIÁ'O	Marabal	Valencia - La Concepción (F)VALENCIACALLE PRINCIPAL	1	1968	-62,553	10,619	Tipo 12
284	OD06521910	190479	UNIDAD EDUCATIVA NACIONAL CONCENTRADA BOLIVARIANA VERICALLAR	MARIÁ'O	Marabal	Ver y Callar (F)VERICALLARPRINCIPALC ENTRO	1	1967	-62,576	10,612	Tipo 12
285	OD03611910	190480	UNIDAD EDUCATIVA NACIONAL GRADUADA BOLIVARIANA MARABAL	MARIÁ'O	Marabal	Marabal (F) (Capital)MARABALANDRES BELLO	1	1962	-62,564	10,636	Tipo 12
286	S4193D1910	191156	LICEO BOLIVARIANO NACIONAL GRADUADO MARABAL	MARIÁ'O	Marabal	Marabal (F) (Capital)MARABALBOLIVAR	1	1994	-62,564	10,638	Tipo 8
287	OD05631901	190009	UNIDAD EDUCATIVA RURAL BOLIVARIANA LAS MINAS	ANDRES ELOY BLANCO	Mariño	Minas, LasLAS MINASLAS MINAS	1	1991	-63,4	10,442	Tipo 12
288	OD05591901	190012	ESCUELA PRIMARIA RURAL BOLIVARIANA COROZAL DE LAS TABLAS	ANDRES ELOY BLANCO	Mariño	Minas, LasCOROZAL DE LAS TABLASVIA CEDEÑO LOS NEGROS	1	1978	-63,381	10,489	Tipo 12
289	OD04741901	190024	ESCUELA PRIMARIA BOLIVARIANA ANTONIO JOSE DE SUCRE	ANDRES ELOY BLANCO	Mariño	GuarapicheGUARAPICHEDET RAS DE LA IGLESIALA PLAZA	1	2001	-63,39	10,517	Tipo 12
290	OD05561901	190860	ESCUELA PRIMARIA RURAL BOLIVARIANA SANTA MARTA	ANDRES ELOY BLANCO	Mariño	Mayal, EI - Santa MartaSANTA MARTAVIA NAC. CASANAY- CARUPANOSANTA MARTA	1	1971	-63,428	10,53	Tipo 3
291	S0950D1901	190029	LICEO BOLIVARIANO JOSE MARIA CARRERA	ANDRES ELOY BLANCO	Mariño	Casanay (Capital)QUINTA ILAS MARGARITASSIN INFORMACION	3	1972	-63,414	10,515	Tipo 6
292	S2090N1901	191034	UNIDAD EDUCATIVA ADULTO MARISCAL SUCRE	ANDRES ELOY BLANCO	Mariño	Casanay (Capital)CASANAYCALLE LAS MARGARITAS	1	1971	-63,412	10,507	Tipo 6
293	OD04781901	190002	U.E.N.GRAD.BOLIV. RAFAEL RAMOS DIAZ	ANDRES ELOY BLANCO	Mariño	Casanay (Capital)QUINTA IVISAEZ	1	1983	-63,415	10,505	Tipo 8
294	OD05571901	190011	ESCUELA PRIMARIA RURAL BOLIVARIANA EL MAYAR	ANDRES ELOY BLANCO	Mariño	Mayal, EI - Santa MartaEL MAYARVIA NAC. CASANAY- CARUPANOEL MAYAR	2	2007	-63,417	10,545	Tipo 8
295	OD04711901	190866	CENTRO DE EDUCACINº INICIAL VALLE LINDO SAN AGUSTINº	ANDRES ELOY BLANCO	Mariño	Casanay (Capital)VALLE LINDOCALLE ORINOCO	1	1994	-63,412	10,505	Tipo 8

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
296	S0948D1911	190508	LICEO.BOLIV. FRANCISCO ALEMAN PARRA	MEJIA	No Tiene	San Antonio del Golfo (F) (Capital)SAN ANTONIO DEL GOLFOCARRETERA ARRIBAS/I	1	1971	-63,784	10,445	Tipo 10
297	S4263N1911	191042	U.E.A. FRANCISCO ALEMAN PARRA	MEJIA	No Tiene	San Antonio del Golfo (F) (Capital)SAN ANTONIO DEL GOLFOCARRETERA ARRIBAS/I	1	1987	-63,784	10,447	Tipo 10
298	OD03841906	190350	U.E.SAN FRANCISCO	BOLIVAR	No Tiene	Mariguitar (F) (Capital)ALTAMIRACALLE PRINCIPALALTAMIRA	1	1965	-63,906	10,45	Tipo 12
299	OD08521906	190358	E.B.CARATAL	BOLIVAR	No Tiene	CaratalSIN INFORMACION SIN INFORMACION	1	1973	-63,852	10,35	Tipo 12
300	OD03821906	190360	U.E. BOLIVARIANA SOTILLO	BOLIVAR	No Tiene	Sotillo (F)SOTILLOCALE PRINCIPAL	1	1984	-64,002	10,413	Tipo 12
301	OD08541911	190485	E.B.BOLV. EL CAITUCO	MEJIA	No Tiene	CaitucoEL CAITUCOVIA PARADEROS/I	1	1990	-63,756	10,378	Tipo 12
302	OD08421911	190487	U.E. LIMONAR AFUERA	MEJIA	No Tiene	San Antonio del Golfo (F) (Capital)LIMONAR AFUERAPRINCIPALIMONAR AFUERA	1	1980	-63,784	10,383	Tipo 12
303	OD08451911	190489	ESC.BASIC.UNITARIA BELEN	MEJIA	No Tiene	San Antonio del Golfo (F) (Capital)BELENCALE PRINCIPALBELEN	1	1985	-63,766	10,389	Tipo 12
304	OD08361911	190492	ESC. BASIC. LOS POZOS DE BELEN	MEJIA	No Tiene	BeleénS/CALLE PRINCIPALS/I	1	1988	-63,703	10,389	Tipo 12
305	OD08411911	190493	E.B.UNIT. NARANJAL	MEJIA	No Tiene	Naranjal, EISAN ANTONIO DEL GOLFOPRINCIPALNARANJAL	1	1987	-63,738	10,393	Tipo 12
306	OD08371911	190494	E.B. EST. UNIT. LAS VEGAS DE CARATAL	MEJIA	No Tiene	Vegas de Caratal, LasLAS VEGAS DE CARATALVIA CUMANA - CARUPANOS/I	1	1985	-63,798	10,346	Tipo 12
307	OD08471911	190496	E.B.BOLIV. LIMONAR ADEINTRO	MEJIA	No Tiene	San Antonio del Golfo (F) (Capital)LIMONAR ADEINTROLAS PALOMASS/I	1	1988	-63,776	10,369	Tipo 12
308	OD12361911	190497	U.E.E. EL CARMEN	MEJIA	No Tiene	San Antonio del Golfo (F) (Capital)S/IVIA PARADEROEL CARMEN	1	1971	-63,739	10,369	Tipo 12

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE		MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
309	OD06841911	190498	U.E.TARABACOA		MEJIA	No Tiene	San Antonio del Golfo (F) (Capital)SAN ANTONIO DEL GOLFOPRINCIPALTARABACOA	1	1926	-63,844	10,441	Tipo 12
310	OD08551911	190500	BOLIVARIANA LAS PALOMAS		MEJIA	No Tiene	San Antonio del Golfo (F) (Capital)VIA AGRICOLA. LIMONARS/S/I	1	1986	-63,779	10,346	Tipo 12
311	OD08401911	190501	ESC. BASIC. CONCENTRADA CASCAJAL		MEJIA	No Tiene	San Antonio del Golfo (F) (Capital)S/IAV. PRINCIPALS/I	1	1978	-63,725	10,38	Tipo 12
312	OD09571911	190502	U.E ESTADAL PARADERO		MEJIA	No Tiene	San Antonio del Golfo (F) (Capital)S/CALLE PRINCIPALPARADERO	1	1946	-63,771	10,389	Tipo 12
313	OD04921911	190503	U.E.BOLIV. LA PEÑA		MEJIA	No Tiene	Peña, La - ChoperaLA PEÑA PRINCIPALS/I	1	1950	-63,692	10,469	Tipo 12
314	OD08481911	190506	U.E. LA SOLEDAD		MEJIA	No Tiene	Soledad, La (Mapire)LA SOLEDADPRINCIPALEL CENTRO	1	1976	-63,764	10,432	Tipo 12
315	OD06821906	190875	U.E.VALLE SOLO		BOLIVAR	No Tiene	Mariguitar (F) (Capital)VALLE SOLOCARRETERA NACIONAL	1	1995	-63,928	10,45	Tipo 12
316	OD06851906	190877	U.E.BOLIVARIANA LA SOLEDAD		BOLIVAR	No Tiene	Mariguitar (F) (Capital)BARRIO LA SOLEDADLA SOLEDAD	1	1957	-63,969	10,404	Tipo 12
317	OD03891906	190878	E.B.SANTA CRUZ		BOLIVAR	No Tiene	Sta. CruzSIN INFORMACIONSSIN INFORMACIONSSANTA CRUZ	1	1982	-63,915	10,408	Tipo 12
318	OD08531911	190964	E.B.UNIT. PATA E GALLINA		MEJIA	No Tiene	Pata de GallinaPATA E GALLINACASERIO PATA E GALLINAPATA E GALLINA	1	2001	-63,809	10,353	Tipo 12
319	OD03831906	190364	U.E ROBERTO MARTINEZ CENTENO		BOLIVAR	No Tiene	Mariguitar (F) (Capital)GOLINDANOCALLE PRINCIPALGOLINDANO	1	1976	-63,886	10,446	Tipo 13
320	S0810D1906	190366	LICEO BOLIVARIANO JESUS ALBERTO MARCANO ECHEZURIA		BOLIVAR	No Tiene	Mariguitar (F) (Capital)BOLIVARBOLIVAR	2	1979	-63,901	10,449	Tipo 4
321	OD04951911	190505	U.E.N LUISA BLANCO DE RAMIREZ		MEJIA	No Tiene	San Antonio del Golfo (F) (Capital)CALLE SAN JOSECALLE SAN JOSES/I	2	1961	-63,787	10,444	Tipo 4
322	S0264N1906	190905	UNIDAD EDUCATIVA DE JOVENES, ADULTOS CREACION MARIGUITAR		BOLIVAR	No Tiene	Mariguitar (F) (Capital)SIN INFORMACIONCALLE BOLIVAR	1	2002	-63,898	10,453	Tipo 4



NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
323	OD068861906	190348	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA PETARE	BOLIVAR	No Tiene	Mariguitar (F) (Capital)SIN INFORMACIONCALLE PRINCIPAL	1	1960	-63,857	10,445	Tipo 8
324	OD06831906	190354	U.E BOLIVARIANA GUARACAYAR	BOLIVAR	No Tiene	Mariguitar (F) (Capital)SIN INFORMACIONCUMANÁ-MARIGUITAR	1	2001	-63,964	10,45	Tipo 8
325	OD038861906	190363	U.E. CREACION LA CHICA	BOLIVAR	No Tiene	Mariguitar (F) (Capital)LA CHICACALLE DIALA CHICA	1	1958	-63,917	10,451	Tipo 8
326	OD08381911	190491	U.E.BOLIV. EL ZAMURO	MEJIA	No Tiene	Zamuro , El - La CuchillaSAN ANTONIO DEL GOLFOVIA PERICANTAR PARADEROEL ZAMURO	1	2007	-63,774	10,415	Tipo 8
327	OD08391911	190495	ESC.BOLIV.MATURINCITO	MEJIA	No Tiene	San Antonio del Golfo (F) (Capital)S/CALLE PRINCIPALMATURINCITO	1	1976	-63,815	10,369	Tipo 8
328	OD08461911	190499	U.E.EST. EL CAFÉ	MEJIA	No Tiene	Placeta , La - El CaféEL CAFEVIA PARADEROEL CAFE	1	1978	-63,699	10,431	Tipo 8
329	OD06801906	190874	U.E.CAPIANTAR	BOLIVAR	No Tiene	Mariguitar (F) (Capital)SIN INFORMACIONCARRETERA CUMANA CARUPANO	1	1967	-63,867	10,445	Tipo 8
330	OD00421911	191170	E.T.A.R.Z PARADERO	MEJIA	No Tiene	Paradero - Chorrerón (F)PARADEROPRINCIPALPA RADERO	1	1999	-63,772	10,386	Tipo 8
331	OD12751906	191360	C.E.I.CREACION GOLINDANO	BOLIVAR	No Tiene	Mariguitar (F) (Capital)SIN INFORMACIONCARRETERA NACIONAL	1	2002	-63,885	10,447	Tipo 8
332	OD03901906	190362	U.E. BOLIVARIANA CARENERO	BOLIVAR	No Tiene	Mariguitar (F) (Capital)GUIRINTALVIA CUMANA CARUPANO	1	1990	-64,032	10,444	Tipo 9
333	OD04931911	190484	U.E.BOLIV. COTUA	MEJIA	No Tiene	CotuaCASERIO COTUA PRINCIPALS/I	1	2001	-63,702	10,465	Tipo 9
334	OD04961911	190504	U.E.EST.BOLIV. LCDA. MIRNA VELIZ RIVAS	MEJIA	No Tiene	San Antonio del Golfo (F) (Capital)CACHAMAURELOS CEDROS VIA NACS/I	1	1997	-63,809	10,443	Tipo 9
335	OD04911911	190507	E.B.BOLIV. PERICANTAR	MEJIA	No Tiene	PericantarPERICANTARVIA NAAC. CUMANA CARUPANOS/I	1	1958	-63,763	10,452	Tipo 9
336	OD08001903	190130	ESCUELA BASICA UNITARIA EL MUJO	ARISMENDI	Puerto Santo	Puerto Santo (F) (Capital)el mucocalle principal	1	2007	-63,148	10,66	Tipo 12
337	OD07991903	190134	ESCUELA BASICA UNITARIA BARCELONA	ARISMENDI	Puerto Santo	Puerto Santo (F) (Capital)BarcelonaCalle Principal	1	2007	-63,179	10,653	Tipo 12

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
338	OD07971903	190136	UNIDAD EDUCATIVA EL GUARICO	ARISMENDI	Puerto Santo	Guánico ArribaEl GuaricoEl Guarico	1	1978	-63,145	10,645	Tipo 12
339	OD03971903	190164	ESCUELA BASICA LACRUZ DE PUERTO SANTO	ARISMENDI	Puerto Santo	Puerto Santo (F) (Capital)CRUZ DE PUERTO SANTOLA CRUZ DE PUERTO SANTO	1	1960	-63,168	10,707	Tipo 12
340	OD03931903	190168	ESCUELA BOLIVARIANA MAURAQUITO	ARISMENDI	Puerto Santo	Puerto Santo (F) (Capital)MaurquitoJuan Caribe	1	1979	-63,119	10,651	Tipo 14
341	OD07961903	190131	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA LLANADA DE RIO CARIBE	ARISMENDI	Puerto Santo	Puerto Santo (F) (Capital)LLANADACALLE PRINCIPAL	1	1978	-63,138	10,687	Tipo 8
342	OD00171903	191308	LICEO BOLIVARIANO RITA SUCRE DE RAMOS	ARISMENDI	Puerto Santo	Puerto Santo (F) (Capital)Llanada De PUERTO SANTOLLanada De Puerto Santo	1	1992	-63,168	10,684	Tipo 8
343	OD04121903	190090	CENTRO DE EDUCACIN° INICIAL DOÑA ROSALBA CAMPINS HERRERA	ARISMENDI	Puerto Santo	Puerto Santo (F) (Capital)puerto santopuerto santo	1	1981	-63,176	10,711	Tipo 9
344	OD07891915	190820	U.E. BOLIVARIANA SABANA DE PIO	VALDEZ	Punta de Piedras	Yoco (F) (Capital)CASERIO SABANA DE PIOCARRETERA NACIONAL	1	1978	-62,433	10,609	Tipo 12
345	OD04451915	190832	UNIDAD EDUCATIVA GUARAGUARITA	VALDEZ	Punta de Piedras	Yoco (F) (Capital)S/IS/I	1	2002	-62,365	10,616	Tipo 12
346	OD04531915	190837	U.E. ANTONIO PINTO SALINAS	VALDEZ	Punta de Piedras	Yoco (F) (Capital)CASERIO YOCOCALLE PRINCIPAL	1	1960	-62,425	10,615	Tipo 12
347	OD07831915	190819	ESCUELA BASICA LA HORQUETA	VALDEZ	Punta de Piedras	Horqueta, LaCASERIO LA HORQUETACALLE PRINCIPAL	1	1972	-62,446	10,635	Tipo 8
348	OD07861915	190821	ESCUELA BASICA AGUAS CALIENTE	VALDEZ	Punta de Piedras	Agua CalienteCASERIO AGUA CALIENTECALLE PRINCIPAL	1	1966	-62,458	10,648	Tipo 8
349	OD07841915	190822	U.E. Punta de Piedras	VALDEZ	Punta de Piedras	Punta de Piedracaserio punta de piedrasla cruz	1	2006	-62,403	10,557	Tipo 8
350	OD07881915	190824	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA RIO BAUTISTA	VALDEZ	Punta de Piedras	Santa Rosa - Río Bautista (F)CASERIO RIO BAUTISTACARRETERA NACIONAL	1	2004	-62,398	10,615	Tipo 8
351	OD07851915	190825	U.E. PUEBLO VIEJO DE YOCO	VALDEZ	Punta de Piedras	Yoco AbajoPUEBLO VIEJOEL CARDON	1	1990	-62,422	10,611	Tipo 9

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
352	S1989D1915	190839	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA CREACION YOCO	VALDEZ	Punta de Piedras	Yoco (F) (Capital) PUEBLO NUEVO CALLE PRINCIPAL	1	1980	-62,42	10,612	Tipo 9
353	OD01541914	190733	ESCUELA BOLIVARIANA VEGA GRANDE	SUCRE	Raul Leoni	Puerto de Santa Fé (F) (Capital) SANTA FEVEGA GRANDE CARRETERA PRINCIPAL VEGA	1	1973	-64,416	10,191	Tipo 12
354	OD07381914	190738	ESCUELA BOLIVARIANA EL NARANJO	SUCRE	Raul Leoni	Alto del Naranjo CASERIO EL NARANJO CALLE PRINCIPAL SANTA FE	1	1995	-64,412	10,232	Tipo 12
355	OD07311914	190739	E.B. CONC. EL MANGUITO	SUCRE	Raul Leoni	Puerto de Santa Fé (F) (Capital) SANTA FETURIMIQUE EL MANGUITO CASERIO EL MANGUITO	1	2004	-64,418	10,253	Tipo 12
356	OD07391914	190740	U.E. BOLIV. INDIGENA LIMONAL	SUCRE	Raul Leoni	Puerto de Santa Fé (F) (Capital) LIMONAL LIMONALMO RICHAL	1	1991	-64,415	10,274	Tipo 12
357	OD02021914	190742	U.E. JUAN BAUTISTA LOPEZ	SUCRE	Raul Leoni	Puerto de Santa Fé (F) (Capital) TURIMIQUE SANTA FESAM PEDRITO	1	1972	-64,391	10,229	Tipo 12
358	OD01571914	190743	UNIDAD EDUCATIVA MAXIMILIANO CORDOVA	SUCRE	Raul Leoni	Playa Colorada (F) PLAYA COLORADAPLAYA COLORADALAS LAJAS	1	1975	-64,416	10,287	Tipo 12
359	OD07411914	190870	E.B. BOLIV. ARAPITO	SUCRE	Raul Leoni	Puerto de Santa Fé (F) (Capital) ARAPITOVIA NAC. CUMAN PTO LA CRUS/I	1	1985	-64,48	10,244	Tipo 12
360	OD01301914	191096	C.E.I. MUNICIPAL CRUZ SALLMERON ACOSTA	SUCRE	Raul Leoni	Puerto de Santa Fé (F) (Capital) BARRIO NURUCUAL CALLE PRINCIPAL SECTOR EL BARRIO	1	1994	-64,385	10,293	Tipo 12
361	OD01511914	191129	U.E. BOLIV. SAN PEDRO	SUCRE	Raul Leoni	Puerto de Santa Fé (F) (Capital) SAN PEDROSAN PEDROS/I	1	2002	-64,414	10,289	Tipo 12
362	OD15091914	191376	C.E.I. MANUELITA SAENZ	SUCRE	Raul Leoni	Puerto de Santa Fé (F) (Capital) SANTA FETURIMIQUE SAN PEDRITOSAN PEDRITO	1	1982	-64,39	10,227	Tipo 12

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
363	OD03911914	190791	ESC. BOLIV. MILA DE LA ROCA	SUCRE	Raul Leoni	Puerto de Santa Fé (F) (Capital)SECTOR EL TERRENOCALLE PRINCIPALSECTOR EL TERRENO	1	1947	-64,472	10,222	Tipo 3
364	S1210D1914	190790	LICEO.BOLIV. MARIANO DE LA COVA	SUCRE	Raul Leoni	Puerto de Santa Fé (F) (Capital)PEREZ FEBRESCALLE PRINCIPALLAS MALVINAS	1	1985	-64,413	10,281	Tipo 4
365	OD01851914	190784	U.E NUEVA CORDOBA	SUCRE	Raul Leoni	Puerto de Santa Fé (F) (Capital)SANTA FEPRINCIPALS/I	1	1968	-64,416	10,286	Tipo 9
366	OD02031914	190785	ESCUELA BOLIVARIANA SIMON BOLIVAR	SUCRE	Raul Leoni	Puerto de Santa Fé (F) (Capital)NURUCUALCALLE PRINCIPALSECTOR EL BARRIO	1	1997	-64,385	10,29	Tipo 9
367	OD05321913	190591	ESCUELA BASICA SAN JUAN DE COTUA	RIBERO	Rendón	San Juan de Cotua - Los Bajos de San Juan - El Canton - Los Mangos/SIN INFORMACIONCALLE PRINCIPALSECTOR LA HACIENDA	1	1975	-63,684	10,374	Tipo 12
368	OD05371913	190594	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA QUEBRADA SECA DEL TAMBOR	RIBERO	Rendón	Oda Seca del Tambor - El Corral/SIN INFORMACIONCALLE PRINCIPAL	1	2005	-63,639	10,409	Tipo 12
369	OD05311913	190595	ESCUELA BASICA SANTA ISABEL	RIBERO	Rendón	Santa Isabel - La Ceiba/SIN INFORMACIONCALLE EL BAJO	1	1975	-63,639	10,425	Tipo 12
370	ON00561913	190934	ESCUELA BASICA DE ADULTOS MUELLE DE CARIACO	RIBERO	Rendón	Villa Frontado (F) (Capital)/SIN INFORMACIONCALLE PRINCIPAL	2	1992	-63,668	10,475	Tipo 4
371	OD02601913	190589	ESCUELA BOLIVARIANA JABILLAR	RIBERO	Rendón	Jabillal - La Montaña de Jabillal/SIN INFORMACIONCALLE PRINCIPAL	1	2001	-63,619	10,429	Tipo 8
372	OD02591913	190590	UNIDAD EDUCATIVA SABANA DE BRITO	RIBERO	Rendón	Río GrandeSABANA DE BRITOCALLE PRINCIPALCARRETERA MUELLE - SANTA	1	2006	-63,595	10,434	Tipo 8



NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
373	OD02581913	190592	ESCUELA BASICA QUEBRADA SECA DE RIO GRANDE	RIBERO	Rendón	Qda. Secca de Rio Grande - Los Manantiales SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1972	-63,668	10,405	Tipo 8
374	OD02561913	190596	ESCUELA BASICA RIO GRANDE	RIBERO	Rendón	Qda. Secca de Rio Grande - Los Manantiales SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1972	-63,634	10,39	Tipo 8
375	OD02941913	190631	ESCUELA BOLIVARIANA TERRANOVA	RIBERO	Rendón	Villa Frontado (F) (Capital) TERRANOVA CALLE PRINCIPAL	1	1975	-63,618	10,483	Tipo 8
376	OD00071913	191073	LICEO BOLIVARIANO MUELLE DE CARIACO	RIBERO	Rendón	Villa Frontado (F) (Capital) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	2	1992	-63,664	10,475	Tipo 8
377	OD02651913	191077	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA BLASCOA	RIBERO	Rendón	Blasco CASERIO BLASCOA CALLE PRINCIPAL	1	1996	-63,629	10,455	Tipo 8
378	OD02641913	191219	C.E.I. EVANGELISTA RONDON	RIBERO	Rendón	Villa Frontado (F) (Capital) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1999	-63,665	10,477	Tipo 8
379	OD00391913	191232	LICEO BOLIVARIANO CREACION JABILLAR	RIBERO	Rendón	Jabillal - La Montaña de Jabillal SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	2005	-63,616	10,429	Tipo 8
380	OD05891903	190094	ESCUELA BOLIVARIANA PUEBLO NUEVO	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital) PUEBLO NUEVO PUEBLO NUEVO	1	1990	-62,655	10,686	Tipo 12
381	OD05841903	190097	U.E. BOLIV. LA CONCEPCION ARRIBA	ARISMENDI	Río Caribe	Concepción Arriba, La LA CONCEPCION LA CONCEPCION	1	1984	-62,983	10,634	Tipo 12
382	OD05871903	190098	U.E. BOLIV. RIO SANTIAGO	ARISMENDI	Río Caribe	Río Santiago RIO SANTIAGO RIO SANTIAGO	1	1985	-63,016	10,646	Tipo 12
383	OD05831903	190101	ESC. BASICA ESTADAL VUELTA LARGA	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital) VUELTA LARGA VUELTA LARGA	1	1959	-63,009	10,656	Tipo 12
384	OD05811903	190103	UNIDAD EDUCATIVA NIVALDO	ARISMENDI	Río Caribe	Alto Medina - El Paraíso (F) Caserio nivaldo principal	1	1989	-63,026	10,7	Tipo 12
385	OD11841903	190104	ESCUELA BASICA SANTA ISABEL	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital) SANTA ISABEL CERESO	1	1987	-62,96	10,636	Tipo 12

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
386	OD05701903	190107	U.E.BOLIVARIANA CHAGUARAMA DE LOERO	ARISMENDI	Río Caribe	Chaguarama de Loero - ChurupalCHAGUARAMA DE LOEROCALLE PRINCIPAL	1	1993	-63,041	10,707	Tipo 12
387	OD05741903	190108	U.E. SANTA MARIA	ARISMENDI	Río Caribe	Sta. Maria - Majagual - TerezenSANTA MARIAPRINCIPAL CARRETERA NACIO	1	1975	-63,069	10,63	Tipo 12
388	OD05761903	190111	ESCUELA BASICA CONCENTRADA CATUARITO	ARISMENDI	Río Caribe	Cabecera de Caturacomunidad caturitocaturito	1	1958	-63,065	10,64	Tipo 12
389	OD05771903	190112	ESC.BOLIV. SANTA LUCIA	ARISMENDI	Río Caribe	Sta. Maria - Majagual - TerezenCOMUND. SANTA LUCIASANTA LUCIA	1	1984	-63,033	10,642	Tipo 12
390	OD06061903	190115	AGUA FRIA Nº 56	ARISMENDI	Río Caribe	Agua Fria AbajoAGUA FRIAVIA SAN JUAN DE LAS GALDOAGUA FRIA ABAJO	1	1981	-62,942	10,651	Tipo 12
391	OD07911903	190116	E.B. LA GLORIA	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)LAGLORIALA GLORIA	1	1978	-63,109	10,703	Tipo 12
392	OD07931903	190118	U.E.C. EL CUCHAPE	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)EL CHUCAPEEL CUCHAPE	1	1988	-63,131	10,656	Tipo 12
393	OD08011903	190133	U.E.C. MAURACO ARRIBA	ARISMENDI	Río Caribe	Mauraco ArribaMAURACOS/NMAURAC O ARRIBA	1	1992	-63,091	10,661	Tipo 12
394	SZ23D1903	190152	GR. JUAN PABLO ROJAS PAO	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)Río CaribeBolivar23 DE ENERO	1	1953	-63,112	10,701	Tipo 12
395	OD04091903	190155	UNIDAD EDUCATIVA EL PUI PUY	ARISMENDI	Río Caribe	Pui - PuiPUI PUYC/PPAL Río Caribe (F)	1	1967	-62,974	10,695	Tipo 12
396	OD04051903	190159	U.E. BOLIVARIANA CHURUPAL	ARISMENDI	Río Caribe	(Capital)CASERIO CHURUPALCARRERERA NACIONALSECTOR CAMPO AJURO- CHURU	1	1986	-63,073	10,663	Tipo 12
397	OD07901903	190161	U.E. SANTA BARBARA	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)SANTA BARBARAEL GUAMACHESANTA BARBARA	1	1990	-63,109	10,693	Tipo 12
398	OD03981903	190162	U.E. BOLIVARIANA LAS VEGAS	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)ANTONIO JOSE DE SUCRECALLE 4	1	1985	-63,093	10,701	Tipo 12
399	OD07941903	190163	U.E. CERRO EL TORO	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)CERRO EL TOROCALLE PRINCIPAL	1	1978	-63,116	10,702	Tipo 12
400	OD05781903	190978	ESC.BASICA MANACAL	ARISMENDI	Río Caribe	ManacaMANACALMANACAL	1	1974	-63,04	10,62	Tipo 12

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
401	OD05751903	190982	U.E. LAS GUERRILLAS	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)LAS GUERRILLAS CALLE LA MARINA	1	1995	-63,12	10,702	Tipo 12
402	OD04031903	190113	U.E. SIMON DIAZ	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)SECTOR SIMON DIAZCARRETERA CARACOLITO	1	1990	-63,066	10,71	Tipo 14
403	S0368D1903	190170	DR. CARLOS FRANCISCO GRISANTI	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)RIO CARIBECALLE 14 DE FEBRERO	2	1958	-63,108	10,702	Tipo 4
404	OD05881903	190095	ESCUELA BOLIVARIANA GUARAPICHE	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)GUARAPICHEGUARA PICHE	1	1979	-62,992	10,659	Tipo 8
405	OD05711903	190105	U.E. QUEBRADA SECA	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)QUEBRADA SECACARRETERA NACIONAL	1	1978	-63,05	10,658	Tipo 8
406	OD05721903	190114	U.E. RIO SALADO	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)RIO SALADOCALLE PRINCIPAL	1	1997	-63,062	10,675	Tipo 8
407	OD07981903	190132	ESCUELA BASICA CATUCHAL	ARISMENDI	Río Caribe	CatuchalCatuchal(Catuchal	1	1972	-63,118	10,636	Tipo 8
408	OD00091903	190153	U.E.CHACARACUAL	ARISMENDI	Río Caribe	Chacaracual (F)CASERIO CHACARACUALCARRETERA NACIONAL	1	1966	-63,032	10,658	Tipo 8
409	OD07921903	190984	U.E.COCOLI	ARISMENDI	Río Caribe	CocoliCOCOLICOCOLICOCOL	1	1997	-63,13	10,703	Tipo 8
410	OD04081903	190154	U.E.ESTADAL DON NICOLAS FLORES	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)LIBERTADLIBERTAD	1	1935	-63,107	10,696	Tipo 9
411	OD04071903	190158	U.E.BOLIVARIANA GUAYABEROS	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)GUAYABEROSSEL TAMARINDO	1	2005	-63,088	10,691	Tipo 9
412	S0368N1903	191104	U.E.ADULTO CARLOS FCO. GRISANTI	ARISMENDI	Río Caribe	Río Caribe (F) (Capital)14 DE FEBRERO14 DE FEBRERO	1	1962	-63,106	10,703	Tipo 9
413	OD05641901	190016	ESCUELA RURAL RIO DEL MEDIO	ANDRES ELOY BLANCO	Rómulo Gallegos	San Vicente (F) (Capital)RIO DEL MEDIOVIA NAC. CASANAY-CARIPITO	1	1964	-63,158	10,204	Tipo 12
414	OD04691901	190018	ESCUELA RURAL BOLIVARIANA RIO GRANDE Y LICEO BOLIVARIANO CREACION RIO GRANDE	ANDRES ELOY BLANCO	Rómulo Gallegos	San Vicente (F) (Capital)RIO GRANDEVIA NAC. CASANAY-CARIPITO	1	1966	-63,303	10,326	Tipo 12
415	OD04681901	190019	U.E.ARMANDO MALAVE ROMERO	ANDRES ELOY BLANCO	Rómulo Gallegos	Poblado, El- Juan Antonio (F)LA PALENCIAVIA/N CASANAY CARIPITO	1	1966	-63,168	10,209	Tipo 12

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
416	OD05661901	190020	ESCUELA RURAL BOLIVARIANA REMIGIO	ANDRES ELOY BLANCO	Rómulo Gallegos	Poblado, El - Juan Antonio (F)REMIGIOVIA NAC. CASANAY-CARIPITO	1	1976	-63,326	10,345	Tipo 12
417	OD05661901	190022	ESCUELA BOLIVARIANA CALICHE	ANDRES ELOY BLANCO	Rómulo Gallegos	Poblado, El - Juan Antonio (F)VIAN CASANAY CARIPITOAVENIDA PRINCIPAL	1	1979	-63,232	10,297	Tipo 12
418	OD05681901	190026	ESCUELA RURAL BOLIVARIANA PARARE	ANDRES ELOY BLANCO	Rómulo Gallegos	San Vicente (F) (Capital)PARARE VALLESAN BONIFACIARRETERA NAC. TRONCAL 10PARARE	1	1966	-63,275	10,312	Tipo 12
419	OD04701901	190028	ESCUELA RURAL BOLIVARIANA RIO CRISTALINO	ANDRES ELOY BLANCO	Rómulo Gallegos	San Vicente (F) (Capital)RIO CRISTALINOVIA NAC. CASANAY CARIPITO	1	1972	-63,202	10,257	Tipo 12
420	OD06991910	190468	U.E.N.CONC.BOLIV.MANACAL	MARIÁ'O	San Antonio de Irapa	Manacal - Quebrada de PaimaMANACALAV NACIONAL IRAPA-GUIRIA	1	1982	-62,48	10,611	Tipo 11
421	OD07001910	190466	U.E.E.CONC.LA MESETA	MARIÁ'O	San Antonio de Irapa	Punta Brava - La MesetaLA MESETASAN MARTIN	1	1971	-62,518	10,622	Tipo 12
422	OD07071910	190467	E.B.N. UNIT MARIBELA	MARIÁ'O	San Antonio de Irapa	MarivelaMARIBELAPRINCIPAL S/N	1	1989	-62,521	10,636	Tipo 12
423	OD00701910	191263	LICEO BOLIVARIANO SAN ANTONIO	MARIÁ'O	San Antonio de Irapa	San Antonio de Irapa (Capital)SAN ANTONIOLAGO DE MARACAIBO	1	2006	-62,503	10,624	Tipo 8
424	OD09171912	190537	ESCUELA BOLIVARIANA SABANETA	MONTES	San Fernando	SabanetaCOMUNIDAD SABANETASABANETA	1	1983	-64,05	10,292	Tipo 12
425	OD09181912	190538	ESCUELA BOLIVARIANA RIO SAN JUAN	MONTES	San Fernando	Carrizal - Río San Juan (F)COMUNIDAD RIO SAN JUANCALLE PRINCIPALSECTOR RIO SAN JUAN	1	1965	-63,902	10,313	Tipo 12
426	OD02551912	190539	UNIDAD EDUCATICA NACIONAL BOLIVARIANA PIE DE CUESTA	MONTES	San Fernando	PalenqueCOMUNIDAD EL YAQUECARRETERA CUMANA CUMANACOEL YAQUE	1	1976	-63,983	10,33	Tipo 12
427	OD09261912	190540	ESCUELA BOLIVARIANA CONCENTRADA EL PALENQUE	MONTES	San Fernando	PalenquePALENQUEPALENQ UE	1	1979	-63,933	10,297	Tipo 12



NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
428	OD09211912	190541	ESCUELA BOLIVARIANA CONCENTRADA BICHOROCO	MONTES	San Fernando	Villarreal ó Quebrada Seca (F) (Capital)/BICHOROCOUMAN ACOA	1	1991	-63,985	10,332	Tipo 12
429	OD09191912	190543	ESCUELA BOLIVARIANA LOS MANGOS DE SAN FERNANDO	MONTES	San Fernando	Mangos, LosCASERIO LOS MANGOSSAN FERNANDO	1	2004	-63,871	10,314	Tipo 12
430	OD02521912	190563	U E MANUEL CEDENO	MONTES	San Fernando	Villarreal ó Quebrada Seca (F) (Capital)/COMUNIDAD CEDENOCALLE PRINCIPALSAN FERNANDO	1	1956	-64,025	10,337	Tipo 12
431	OD09231912	190565	ESCUELA BOLIVARIANA SAN FERNANDO DEL REY	MONTES	San Fernando	San Fernando de Tataracual - El Castaño (F)/SAN FERNANDOCALLE PRINCAIPALSAN FERNANDO	1	1958	-63,932	10,31	Tipo 12
432	OD09131912	191209	ESCUELA BOLIVARIANA LA FLORIDA	MONTES	San Fernando	Cairas , Las - La FloridaLA FLORIDALA FLORIDA	1	2007	-63,848	10,307	Tipo 12
433	OD08751902	190031	ESCUELA BASICA CONCENTRADA LA CEIBA	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)/S/PRINCIPAL LA CEIBA	1	1976	-63,269	10,511	Tipo 12
434	OD09381902	190033	ESCUELA BASICA RIVILLA	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)/S/IS/RIVILLA SECTOR LA REPRESA	1	1973	-63,301	10,597	Tipo 12
435	OD09461902	190035	ESCUELA BOLIVARIANA LOMAS DE CHUPARIPAL	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)/S/CALLE PRINCIPAL LOMAS DES/I	1	1976	-63,268	10,581	Tipo 12
436	OD04561902	190037	UNIDAD EDUCATIVA CAMPEARE	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)/S/CALLE PRINCIPAL CAMPEARES/I	1	1977	-63,323	10,553	Tipo 12
437	OD09441902	190038	ESCUELA BOLIVARIANA LECHOZAL	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	Fuente de Lourdes - Lechozal (F)/LECHOZALCALLE PRINCIPALS/I	1	1960	-63,279	10,557	Tipo 12
438	OD04581902	190039	ESCUELA BOLIVARIANA RURAL HUESO DE MULA	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	Hueso de Mula - La AlianzaS/CALLE PRINCIPAL HUESO DES/I	1	1955	-63,344	10,581	Tipo 12
439	OD07441902	190041	ESCUELA BOLIVARIANA RURAL LAS MARGARITA	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	Margaritas, LasS/CALLE PRINCIPALLAS MARGARITA	1	1973	-63,343	10,573	Tipo 12
440	OD07481902	190044	ESCUELA BASICA SANGUIJUELA	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)/SANGUIJUELA PRINCIPALS/I	1	1962	-63,355	10,569	Tipo 12

NUM	COD. DE A	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
441	OD04541902	190046	E.B. SAN ROQUE	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)SAN ROQUEPRINCIPALLA ALCABALA	1	1991	-63,325	10,603	Tipo 12
442	OD09041902	190047	Unidad Educativa Camino de Guiría	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	Llanada de Guiríacaminode GuiríaPrincipal	1	1973	-63,339	10,611	Tipo 12
443	OD09391902	190048	Escuela Basica Queremene	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)QueremeneEl RíoEl Río	1	1948	-63,313	10,61	Tipo 12
444	OD09021902	190049	ESCUELA BOLIVARIANA GUARICUCO	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)GUARICUCOPRINCIP ALS/	1	1956	-63,419	10,587	Tipo 12
445	OD09031902	190050	ESCUELA BOLIVARIANA EL INDIO	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)EL INDIOPRINCIPALVIA NACIONAL CARUPANO-CAS	1	1956	-63,385	10,6	Tipo 12
446	OD09081902	190051	ESCUELA BASICA LA ESPERANZA	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)LA ESPERANZAPRINCIPALS/	1	2006	-63,327	10,605	Tipo 12
447	OD09411902	190058	ESCUELA BASICA ESTADAL UNITARIA LA LAGUNA	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)LA LAGUNA DE CHUPARIPALCALLE PRINCIPALS/	1	1978	-63,245	10,578	Tipo 12
448	OD09471902	190059	ESCUELA BASICA FUENTE DE LOURDES	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	Fuente de Lourdes - Lechozal (F)FUENTE DE LOURDESCALLE PRINCIPALS/	1	1973	-63,31	10,558	Tipo 12
449	OD09111902	190268	ESCUELA BOLIVARIANA LLANADA DE GUIRIA	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	Llanada de GuiríaLLANADA DE GUIRIAPRINCIPALS/	1	1974	-63,352	10,638	Tipo 12
450	OD09491902	190990	E.B. PEÑA DEL ZULIA	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)PEÑA DEL ZULIAPRINCIPALS/	1	1995	-63,262	10,555	Tipo 12
451	S1382D1902	190086	LICEO BOLIVARIANO ANDRES MATA	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)SAN JOSE DE AREOCUARCARETERA CARUPANO-SAN JOCOREA	2	1997	-63,324	10,601	Tipo 4
452	OD09371902	190032	ESCUELA BASICA ESTADAL UNITARIA CHACARACUAL DE RIVILLA	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)S/CHACARACUAL DE RIVILLAS/	1	2000	-63,317	10,579	Tipo 8
453	OD07431902	190040	ESCUELA BASICA LOMA DE MARIN	ANDRES MATA	San José de Aerocuar	San José de Aerocuar (F) (Capital)CASERIO LOMA DE MAINVIA PRINCIPAL LOMA DE MARS/	1	1998	-63,299	10,57	Tipo 8

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
454	OD07451902	190042	ESCUELA BASICA AREO	ANDRES MATA	San José de Aerocar	San José de Aerocar (F) (Capital)/S/Principals/I	1	1991	-63,364	10,611	Tipo 8
455	OD07461902	190043	ESCUELA BASICA SAN ANTONIO	ANDRES MATA	San José de Aerocar	San José de Aerocar (F) (Capital)/SAN ANTONIO VIA SAN JOSE-CAMPEARES/I	1	1977	-63,343	10,552	Tipo 8
456	OD07501902	190052	ESCUELA BASICA GUANOQUITO	ANDRES MATA	San José de Aerocar	San José de Aerocar (F) (Capital)/GUARICUCOPRINCIPAL GUANOQUITO	1	1945	-63,315	10,567	Tipo 8
457	OD07471902	190053	ESCUELA BASICA MANICUARE	ANDRES MATA	San José de Aerocar	Llanada de Guirial/MANICUAREPRINCIPAL S/I	1	1941	-63,364	10,559	Tipo 8
458	OD07491902	190054	ESCUELA BASICA BUENA VISTA	ANDRES MATA	San José de Aerocar	San José de Aerocar (F) (Capital)/BUENA VISTAPRINCIPALS/I	1	1950	-63,366	10,543	Tipo 8
459	OD04591902	190081	ESCUELA BOLIVARIANA BERNARDO BERMUDEZ	ANDRES MATA	San José de Aerocar	San José de Aerocar (F) (Capital)/S/CAR. CPNO-SAN JOSES/I	1	2003	-63,327	10,599	Tipo 8
460	OD09061902	191212	ESCUELA BOLIVARIANA BELLO MONTE	ANDRES MATA	San José de Aerocar	San José de Aerocar (F) (Capital)/S/INSECTOR BELLO MONTE FRENTE	1	2000	-63,286	10,657	Tipo 8
461	OD12601902	191253	ESCUELA TECNICA AGROPECUARIA CAMPEARE	ANDRES MATA	San José de Aerocar	San José de Aerocar (F) (Capital)/CASERIO CAMPEAREPRINCIPALS/I	1	2006	-63,321	10,55	Tipo 8
462	OD09401902	190057	ESCUELA BASICA LOMAS DEL CARMEN	ANDRES MATA	San José de Aerocar	San José de Aerocar (F) (Capital)/LOMAS DEL CARMENPRINCIPALS/I	1	1998	-63,288	10,589	Tipo 9
463	OD04571902	190080	UNIDAD EDUCATIVA JOSE MIGUEL HERNANDEZ	ANDRES MATA	San José de Aerocar	San José de Aerocar (F) (Capital)/CARIQUITOCALLE PRINCIPAL CARIQUITS/I	1	1961	-63,291	10,616	Tipo 9
464	OD05251914	190713	E.B GAMERO	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)/COMUNIDAD GAMEROCARRET. NAC. VIA CNAOAS/I	1	1960	-64,14	10,398	Tipo 12
465	OD05191914	190714	E.B. SAN AGUSTIN	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)/BARRANCASCARRE TERA CUMANANA CUMANACO	1	1975	-64,126	10,349	Tipo 12

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
466	OD12401914	190715	E.B. BRITO	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)COMUNIDAD DE RIO BRITOVIA CUMANA - CUMANACOA	1	1978	-64,165	10,336	Tipo 12
467	OD05211914	190716	U.E. MUNEGRO	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)MUNEGROCARRT. CUMANÁ-CUMANACOAS/I	1	1940	-64,072	10,349	Tipo 12
468	OD09501914	190718	U.E.E. GRADUADA CUMANACOITA	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)CUMANACOITAVIA CUMANA - CUMANACOA	1	1974	-64,169	10,327	Tipo 12
469	OD06691914	190721	E.B. SANTA MARTA	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)CARRETERA SAN JUANPOBLADO SANTA MARTA/S/I	1	1976	-64,262	10,318	Tipo 12
470	OD06681914	190722	E.B. GUARANACHE ABAJO	SUCRE	San Juan	Qda. de GuaranacheGUARANACHE ABAJOCARRETERA SAN JUAN GUARANS/I	1	1974	-64,238	10,327	Tipo 12
471	OD01421914	190726	E.B. CRISTOBAL COLON	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)S/CARRET. S.JUAN - CANCAMURS/I	1	1980	-64,201	10,329	Tipo 12
472	OD06221914	190727	E.B. EL CHISPERO	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)EL CHISPERO DE TATARACUALVIA CUMANA - CUMANACOARURAL DE TATARACUAL	1	1963	-64,079	10,334	Tipo 12
473	OD01131914	191100	C.E.I. MARIA ALCALÁ	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)CANCAMURECANCA MURECANCAMURE	1	1995	-64,183	10,364	Tipo 12
474	OD12161914	191245	C.E.I.BOLIV. BARRANCAS	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)BARRANCASVIA CUMANA - CUMANACOA	1	2001	-64,143	10,347	Tipo 12
475	OD00261914	191294	LICEO BOLIVARIANO CREACION SAN FERNANDO	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)SAN JUAN IITACARACUALTACARACUAL	4	1968	-64,083	10,344	Tipo 13
476	OD01431914	190724	U.E.BOLIV. GUARANACHE ARRIBA	SUCRE	San Juan	Qda. de GuaranacheGUARANACHE ARRIBAVIA SAN JUAN STA MARTA/S/I	1	2000	-64,249	10,327	Tipo 8
477	OD06751914	190869	U.E.BOLIV. MACARAPANANER 201	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)CASERIO MACARAPANANPRINCIPALS/I	1	2002	-64,184	10,368	Tipo 8



NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
478	OD01861914	190783	U.E.BOLIV. ADELAIDA NUÑEZ SUCRE	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)SAN JUANPRINCIPALLA PREFECTURA	1	1958	-64,187	10,367	Tipo 9
479	S4195D1914	191251	LICEO BOLIV. SAN JUAN	SUCRE	San Juan	San Juan (F) (Capital)SAN JUAN DE MACARAPANACALLE PRINCIPALS/I	1	1991	-64,184	10,345	Tipo 9
480	OD06001903	190137	Unidad Educativa Bolivariana Viciosa	ARISMENDI	San Juan de Las Galdonas	San Juan de las Galdonas (Capital)VICIOSAVIA san juan galdonas	1	1965	-62,859	10,701	Tipo 12
481	OD06161903	190138	Unidad Educativa El Saco	ARISMENDI	San Juan de Las Galdonas	Algarrobo de Buenos Aire, El - El Saco (F)el saccoVIA SAN JUAN	1	1992	-62,821	10,686	Tipo 12
482	OD06021903	190140	Unidad Educativa Bolivariana Guacuco	ARISMENDI	San Juan de Las Galdonas	Guacucoguacuocalle principal	1	1978	-62,822	10,719	Tipo 12
483	OD06091903	190142	Escuela basica Buena Vista Catuchal	ARISMENDI	San Juan de Las Galdonas	Catuchal - Buena Vistabuena vista catuchalbuena vista catuchal	1	1986	-62,811	10,701	Tipo 12
484	OD04011903	190145	UNIDAD EDUCATIVA TIUVA GUARATARO	ARISMENDI	San Juan de Las Galdonas	Guarataro (F)Guarataroguarataro	1	1968	-62,804	10,722	Tipo 12
485	OD06141903	190147	Unidad Educativa Cangua	ARISMENDI	San Juan de Las Galdonas	Limón , El - Canguacuanguavia san juan	1	1992	-62,9	10,694	Tipo 12
486	OD03951903	190169	U.E.E DON ANDRES BELLO	ARISMENDI	San Juan de Las Galdonas	San Juan de las Galdonas (Capital)san juansan juan	1	1965	-62,844	10,714	Tipo 12
487	OD11831903	190382	Escuela Basica Nacional Santa Cruz	ARISMENDI	San Juan de Las Galdonas	San Juan de las Galdonas (Capital)SANTA CRUZVIA SAN JUAN	1	1995	-62,863	10,683	Tipo 12
488	OD11851903	190983	Escuela Bolivariana Bella Vista	ARISMENDI	San Juan de Las Galdonas	Bella VistaBella VistaBella Vista	1	1995	-62,842	10,713	Tipo 12
489	S1945D1903	190172	LICEO BOLIVARIANO SAN JUAN DE LAS GALDONAS	ARISMENDI	San Juan de Las Galdonas	San Juan de las Galdonas (Capital)san juan de las galdonascalles principal	1	1986	-62,843	10,714	Tipo 8

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
490	OD07161912	190544	ESCUELA BOLIVARIANA ORINOCO	MONTES	San Lorenzo	San Lorenzo (Capital)ORINOCOPRINCIPAL ORINOCO	1	1976	-63,893	10,211	Tipo 12
491	S4196D1912	190566	U.E ISAIAS RUIZ DE CORONADO	MONTES	San Lorenzo	San Lorenzo (Capital)SAN LORENZOPANESILLO	1	1978	-63,922	10,226	Tipo 12
492	OD07111912	191210	ESCUELA ESTADAL UNITARIA LOS CALLEJONES	MONTES	San Lorenzo	Callejones, Los LOS CALLEJONES SAN LORENZOSAN LORENZO	1	2000	-63,937	10,112	Tipo 14
493	OD07121912	190545	ESCUELA BOLIVARIANA LAS TRINCHERAS	MONTES	San Lorenzo	Trincheras, Las (F)CASERIO LAS TRINCHERASLOS MANGOS	1	2006	-63,921	10,196	Tipo 8
494	OD07151912	190548	ESCUELA CONCENTRADA RURAL LA LOMA	MONTES	San Lorenzo	Loma, LaCASERIO LA LOMACALLE PRINCIPALLA LOMA	1	1975	-63,917	10,183	Tipo 9
495	S3059D1905	190339	LICEO NACIONAL BOLIVARIANO SANTA CATALINA	BERMUDEZ	Santa Catalina	Carupano (F) (Capital)Canchunchu viejola juventud	2	1984	-63,253	10,62	Tipo 1
496	OD07561905	190279	ESCUELA BASICA CONCENTRADA MIXTA GRAN POBRE	BERMUDEZ	Santa Catalina	Loma de Gran Pobre CASERIO GRAN POBRECALLE PRINCIPAL	1	1992	-63,253	10,588	Tipo 12
497	OD07551905	190281	ESCUELA BASICA BOLIVARIANA PERIQUITO	BERMUDEZ	Santa Catalina	Guarapiche - El Charcal (F)CASERIO PERIQUITOCALLE PRINCIPAL	1	1974	-63,231	10,544	Tipo 12
498	OD03151905	190320	UNIDAD EDUCATIVA ESTADAL JUANITA SALINAS DE GAMBOA	BERMUDEZ	Santa Catalina	Carupano (F) (Capital)EL MUCOCALLE PRINCIPAL EL MUCO	1	1978	-63,274	10,624	Tipo 12
499	OD03161905	190319	UNIDAD EDUCATIVA ESTADAL MARIA RODRIGUEZ DE VERA	BERMUDEZ	Santa Catalina	Carupano (F) (Capital)CANCHUNCHU FLORIDOCALLE 4LOS ALMENDRONES	1	1973	-63,252	10,621	Tipo 4
500	OD07571905	190276	ESCUELA BASICA LA SOLEDAD	BERMUDEZ	Santa Catalina	Carupano (F) (Capital)LA SOLEDADCALLE PRINCIPAL	1	1986	-63,23	10,565	Tipo 8
501	OD07521905	190280	U.E.B.RIO SECO DEL CHARCAL	BERMUDEZ	Santa Catalina	Carupano (F) (Capital)CASERIO RIO SECO DEL CHARPRINCIPAL	1	2000	-63,251	10,563	Tipo 8
502	OD08621905	190285	ESCUELA BASICA QUEBRADA DE CARATA	BERMUDEZ	Santa Catalina	Carupano (F) (Capital)CASERIO QUEBRADA DE CARATCALLE PRINCIPAL	1	1976	-63,246	10,622	Tipo 9

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
503	OD00291905	190290	LICEO NACIONAL BOLIVARIANO CREACION EL CHARCAL	BERMUDEZ	Santa Catalina	Carupano (F) (Capital)/COMUNIDAD EL CHARCAL VIA PRINCIPAL SECTOR EL CHARCAL	1	1998	-63,242	10,584	Tipo 9
504	OD05281913	190598	ESCUELA BASICA TARPAZ	RIBERO	Santa Cruz	Tarpa (Clavelino) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1977	-63,581	10,362	Tipo 12
505	OD05331913	190599	ESCUELA BASICA LA MACANILLA	RIBERO	Santa Cruz	Santa Cruz (Capital) ESPUGACALLE PRINCIPAL	1	1972	-63,539	10,316	Tipo 12
506	OD12291913	190601	ESCUELA BASICA AGUAS CALIENTES	RIBERO	Santa Cruz	Santa Cruz (Capital) AGUAS CALIENTES CALLE PRINCIPAL	1	1980	-63,561	10,321	Tipo 12
507	OD05381913	190602	ESCUELA BASICA SAN RAMON	RIBERO	Santa Cruz	San Ramón (F) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1983	-63,688	10,324	Tipo 12
508	OD00081913	191236	LICEO BOLIVARIANO SANTA CRUZ	RIBERO	Santa Cruz	Santa Cruz (Capital) SANTA CRUZ PRINCIPAL VIA NACIONAL	1	1982	-63,577	10,345	Tipo 12
509	OD02821913	190632	ESCUELA BOLIVARIANA SANTA CRUZ	RIBERO	Santa Cruz	Santa Cruz (Capital) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1982	-63,576	10,344	Tipo 8
510	OD07341914	190731	ESCUELA BOLIVARIANA ARAPO	SUCRE	Santa Fé	Playa Colorado - Arapo (F) CASERIO ARAPO ARAPO	1	1945	-64,494	10,245	Tipo 12
511	OD07921914	190737	ESCUELA BOLIVARIANA EL CUMBRE	SUCRE	Santa Fé	Cumbre de Arapo, La EL CUMBRE NACIONAL PTO LA CRUZ SECTOR RURAL	1	1987	-64,516	10,239	Tipo 12
512	OD09511914	191155	ESCUELA BOLIVARIANA PIANTAL	SUCRE	Santa Fé	PIA-atal o Neveri CASERIO PIÁ AMTAL VIA REPRESA TURIMQUIRE SECTOR EL LIMON	1	1981	-64,418	10,288	Tipo 12
513	OD00331914	190988	LICEO BOLIVARIANO BARTOLOME MILA DE LA ROCA	SUCRE	Santa Fé	Altos de Santa Fe, Los (F) (Capital) EL SACO CALLE PRINCIPAL SECTOR EL SACO	2	1990	-64,478	10,223	Tipo 4
514	OD01441914	190706	E.B. AQUILES NAZOA	SUCRE	Santa Ines	BARRIO GUARAPICHE AV./C	1	1967	-64,145	10,451	Tipo 10
515	OD01921914	190765	E.B. CORAZON DE JESUS (I Y II E	SUCRE	Santa Ines	HUMBOLDT CALLE DEMOCRAC	3	1981	-64,174	10,477	Tipo 10
516	S0813D1914	190799	LICEO BOLIV. JOSE ANTONIO RAMO	SUCRE	Santa Ines	MIRAMAR BADARACCO BERMÁ	3	1970	-64,168	10,465	Tipo 10

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
517	OD01031914	190668	C.E.I.S MARIA VELASQUEZ DE ROJAS I.U.T CUMANÁ	SUCRE	Santa Ines	Cumana (F) (Capital)/CANTARRANACRRRT A. NAC. CUMANÁ- CNACOASI	1	1981	-64,139	10,441	Tipo 11
518	S0367D1914	190793	LICEO BOLIV. ANTONIO JOSE DE S	SUCRE	Santa Ines	CUMANÁ C/ GENERAL SALO	1	1945	-64,172	10,469	Tipo 11
519	OD05141914	190700	U.E. EST. CONC. SALSIPUEDES	SUCRE	Santa Ines	Salsipuedes (F)/CARRETERA CUMANÁ CUMANACOSECTOR SALSIPUEDESSI	1	1960	-64,042	10,347	Tipo 12
520	OD06651914	190701	ESCUELA BASICA BARRANQUIN	SUCRE	Santa Ines	BarranquinBARRANQUIN VIA PANTANILLOSECTOR PTO. DE LA MADERA	1	1985	-64,078	10,368	Tipo 12
521	OD06661914	190993	E.B. ORTIZ	SUCRE	Santa Ines	Cumana (F) (Capital)/PANTANILLOCUMAN A- CUMANACOAPUERTO LA MADERA	1	1992	-64,078	10,395	Tipo 12
522	OD00891914	190667	C.E.I. ESPECIAL N° 04	SUCRE	Santa Ines	CUMANÁ LA PAZ PARCELA C	1	1974	-64,173	10,471	Tipo 12
523	S4188D1914	190798	LICEO BOLIVARIANO CREACION CANTARRANA	SUCRE	Santa Ines	Cumana (F) (Capital)/SECTOR CANTARRANALOS ALMENDRONES	2	1998	-64,125	10,446	Tipo 4
524	OD01951914	190769	U.E. NUEVA ANDALUCIA	SUCRE	Santa Ines	MIRAMAR SANTA INES ENTR	3	1970	-64,167	10,464	Tipo 4
525	ON00161914	191003	U.E.A. CANTARANA	SUCRE	Santa Ines	CANTARRANA CALLE LOS AL	2	2001	-64,128	10,435	Tipo 4
526	S2742D1914	190699	LICEO BOLIVARIANO CORAZON DE J	SUCRE	Santa Ines	CORAZON DE JESUS AV. HU	1	1992	-64,174	10,477	Tipo 5
527	PD00201914	190705	U.E. COLEGIO PADRE ALCALA	SUCRE	Santa Ines	CUMANÁ-CUMANACOA CARRET	2	1946	-64,141	10,440	Tipo 7
528	OD01831914	190772	U.E. JAVIER ALCALA VASQUEZ	SUCRE	Santa Ines	Cumana (F) (Capital)/CANTARRANAPRINCI PALS/	1	1936	-64,127	10,442	Tipo 8
529	OD00991914	191187	C.E.I. BRISA MAR	SUCRE	Santa Ines	Cumana (F) (Capital)/CANTARRANABRISA MARLAS CUÁ:AS	1	2000	-64,129	10,437	Tipo 8
530	OD00921914	190663	C.E.I CLUB DE LEONES	SUCRE	Santa Ines	AV. PERIMETRAL	1	1985	-64,183	10,457	Tipo 8
531	OD01401914	190702	ESCUELA BASICA RIO CARIBE	SUCRE	Santa Ines	BOCA DE SABANA AV. RIO	1	1967	-64,158	10,458	Tipo 8
532	OD01451914	190707	E.B. LUIS BELTRAN PRIETO FIGUE	SUCRE	Santa Ines	URB. EL DIQUE TERCERA C	1	1980	-64,185	10,476	Tipo 8
533	OD01761914	190766	ESCUELA BOLIVARIANA CRUZ DE LA	SUCRE	Santa Ines	BARRIO CRUZ DE LA UNION	1	2001	-64,174	10,441	Tipo 8
534	OD06591914	191338	C.E.I.BOLIV. CORAZON DE JESUS	SUCRE	Santa Ines	CUMANÁ AV. HUMBOLT PARC	1	2007	-64,175	10,476	Tipo 8

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
535	OD01741914	190771	UNIDAD EDUCATIVA NACIONAL CANDIDO RAMIREZ	SUCRE	Santa Ines	Cumana (F) (Capital) PUERTO LA MADERA VIA CUMANACAO MADERA	1	1960	-64,134	10,424	Tipo 9
536	OD01311914	191190	U.E. FRANCISCO DE MIRANDA	SUCRE	Santa Ines	Saisipuedes (F)SALSIPUEDES/CUMANA - CUMANACAO	1	1973	-64,041	10,345	Tipo 9
537	OD00901914	190666	C.E.I. LUISA CACERES DE ARISMEN	SUCRE	Santa Ines	DIEGO FERNANDEZ DE ZERP	1	1988	-64,174	10,479	Tipo 9
538	OD01371914	190703	E.B. BR. RAFAEL CASTRO MACHADO	SUCRE	Santa Ines	CUMANA AV. JOSE VICENTE	1	1975	-64,161	10,471	Tipo 9
539	S1561D1914	190773	UNIDAD EDUCATIVA REPUBLICA ARG	SUCRE	Santa Ines	CALLE SUCRE SN	1	1945	-64,169	10,471	Tipo 9
540	OD01901914	190774	C.E.I. JOSE VICENTE GUTIERREZ	SUCRE	Santa Ines	MUNDO NUEVO AV. JOSE VIC	1	1977	-64,166	10,467	Tipo 9
541	ON02111914	191000	C.E.A. REPUBLICA ARGENTINA	SUCRE	Santa Ines	CUMANA CALLE SUCRE	1	1945	-64,169	10,471	Tipo 9
542	OD00961914	191083	C.E.I. CENTENARIO ANDRES ELOY	SUCRE	Santa Ines	CAMPECHE CALLE NUMERO 7	1	1994	-64,147	10,457	Tipo 9
543	OD05391913	190597	ESCUELA BASICA EL LIMON	RIBERO	Santa Maria	Santa Maria (F) (Capital) EL LIMON CALLE PRINCIPAL	1	1972	-63,649	10,324	Tipo 12
544	OD05471913	190604	ESCUELA BOLIVARIANA INDIGENA GUATAMARE	RIBERO	Santa Maria	Guatamare SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1982	-63,599	10,257	Tipo 12
545	OD05481913	190605	U.E. BOLIVARIANA INDIGENA LA TOMA	RIBERO	Santa Maria	Santa Maria (F) (Capital) LA TOMA CALLE PRINCIPAL	1	1982	-63,554	10,288	Tipo 12
546	OD05431913	190607	U.E. INDIGENA PUEBLO VIEJO	RIBERO	Santa Maria	Santa Maria (F) (Capital) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	2007	-63,587	10,277	Tipo 12
547	OD05441913	190608	ESCUELA BASICA LOS CABIMBOS	RIBERO	Santa Maria	Santa Maria (F) (Capital) LOS CABIMBOS CALLE PRINCIPAL	1	1981	-63,598	10,3	Tipo 12
548	OD05411913	190635	UNIDAD EDUCATIVA LA FUNDACION	RIBERO	Santa Maria	Santa Maria (F) (Capital) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	1975	-63,637	10,298	Tipo 12
549	OD05401913	190636	U.E. BOLIVARIANA INDIGENA LOS ALTOS	RIBERO	Santa Maria	Santa Maria (F) (Capital) LOS ALTOS CALLE LA CONCEPCION	1	1982	-63,599	10,31	Tipo 12
550	OD02871913	190637	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA LAS VEGAS	RIBERO	Santa Maria	Santa Maria (F) (Capital) CASERIO LAS VEGAS SAN RAFAEL	1	1980	-63,595	10,277	Tipo 12



NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
551	OD02951913	190634	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA DR. ELISO SILVA DÍAZ	RIBERO	Santa María	Santa María (F) (Capital) PARROQUIA SANTA MARIACALLE PRINCIPAL	1	1964	-63,59	10,291	Tipo 13
552	OD11891913	190609	U.E. BOLIVARIANA LOS MANGOS	RIBERO	Santa María	Santa María (F) (Capital) SIN INFORMACION CALLE PRINCIPAL	1	2006	-63,593	10,263	Tipo 8
553	S2740D1913	190642	LICEO BOLIVARIANO SANTA MARIA	RIBERO	Santa María	Santa María (F) (Capital) SANTA MARIAEL GUAMO	1	1982	-63,59	10,288	Tipo 9
554	OD06871905	190299	ESCUELA BASICA CONCENTRADA MATURINCITO ARRIBA	BERMUDEZ	Santa Rosa	Maturincito MATURINCITO ARRIBACALLE PRINCIPAL	1	2003	-63,196	10,62	Tipo 12
555	OD06901905	190303	UNIDAD EDUCATIVA CONCENTRADA MATURINCITO LA CUMBRE	BERMUDEZ	Santa Rosa	Maturincito CASERIO MATURINCITO LA CUCALLE PRINCIPAL	1	1989	-63,191	10,62	Tipo 12
556	OD06891905	190304	ESCUELA BASICA CONCENTRADA LA HOYADA	BERMUDEZ	Santa Rosa	Hoyada, La CASERIO LA HOYADAVIA PRINCIPAL CASERIO LA HOYADA	1	1983	-63,198	10,631	Tipo 12
557	OD06941905	190302	ESCUELA BASICA CONCENTRADA CHIPICHE	BERMUDEZ	Santa Rosa	Chipichip CASERIO CHIPICHIP VIA	1	1986	-63,211	10,645	Tipo 13
558	OD03561905	190301	ESCUELA BASICA CONCENTRADA BOLIVARIANA CUSMA	BERMUDEZ	Santa Rosa	Carupano (Capital) CASERIO CUSMACALLE PRINCIPAL	1	2007	-63,225	10,643	Tipo 8
559	OD08641905	190284	ESCUELA BASICA SANGUIJUELA DE LOS NEGROS	BERMUDEZ	Santa Rosa	Carupano (Capital) SANGUIJUELA DE LOS NEGROS PRINCIPAL SANGUIJUELA	1	1976	-63,226	10,613	Tipo 9
560	OD07011910	190469	ESCUELA BASICA JUAN PEDRO	MARIÁ'O	Soro	Juan Pedro JUAN PEDRO PRINCIPAL GUARATARO	1	1976	-62,457	10,586	Tipo 12
561	OD07031910	190962	E.B LA CANELA	MARIÁ'O	Soro	Canela, La LA CANELAPRINCIPAL	1	1989	-62,462	10,56	Tipo 12
562	OD07021910	190471	E.B LAS PIEDRAS	MARIÁ'O	Soro	Piedras, Las LAS PIEDRAS PRINCIPAL	1	1994	-62,487	10,558	Tipo 8
563	OD11741910	190482	U.E ANDRES ELOY BLANCO	MARIÁ'O	Soro	Soro (F) (Capital) SIN INFORMACION CALLE BOLIVAREL COTOPO	1	1962	-62,444	10,546	Tipo 9
564	OD08781902	190060	UNIDAD EDUCATIVA SALOBRE	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital) SALOBRE PRINCIPAL S/I	1	1960	-63,307	10,511	Tipo 12
565	OD08791902	190062	UNIDAD EDUCATIVA SORO	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital) SORO PRINCIPAL S/I	1	1975	-63,315	10,486	Tipo 12

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
566	OD08811902	190064	ESCUELA BASICA GALERON	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital)/GALERONPRINCIPAL S/I	1	1998	-63,317	10,507	Tipo 12
567	OD08691902	190067	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA PUTUCUAL	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Putucual (F)PUTUCUALCALLE PRINCIPALSECTOR RIO LARGO	1	1945	-63,275	10,398	Tipo 12
568	OD04671902	190069	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA RIO DE ORO	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital)/CALLE PRINCIPAL RIO DE ORS/I	1	1968	-63,322	10,508	Tipo 12
569	OD08741902	190070	ESCUELA BOLIVARIANA AGUA CLARITA	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Agua Clarita (F)AGUA CLARITACALLE LAS FLORESS/I	1	1974	-63,301	10,416	Tipo 12
570	OD08721902	190076	ESCUELA BASICA CEDEÑO DE LOS BLANCOS	ANDRES MATA	Tavera Acosta	RÁ-o Casanay (F) (Capital)/CEDEÑO DE LOS BLANCOSPRINCIPALS/I	1	1975	-63,362	10,473	Tipo 12
571	OD04601902	190082	ESCUELA BOLIVARIANA JUAN SANCHEZ	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital)JUAN SANCHEZPRINCIPALS/I	1	1978	-63,32	10,493	Tipo 12
572	OD04611902	190083	UNIDAD EDUCATIVA NUEVA COLOMBIA	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital)NUEVA COLOMBIASAN JUDAS TADEOS/I	1	1950	-63,303	10,516	Tipo 12
573	OD04621902	190084	ESCUELA BOLIVARIANA CANGREJAL	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital)CANGREJALPRINCIP ALS/I	1	1963	-63,317	10,472	Tipo 12
574	OD09431902	190213	UNIDAD EDUCATIVA LA CEIBA	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital)LA CEIBAPRINCIPALS/I	1	1976	-63,264	10,51	Tipo 12
575	OD08761902	190055	E.B. MACANILLAR	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital)MACANILLARPRINCI PALS/N	1	1985	-63,296	10,547	Tipo 8
576	OD04641902	190071	ESCUELA BOLIVARIANA EL TIGRE	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital)EL TIGREPRINCIPALS/I	1	1975	-63,355	10,541	Tipo 8
577	OD08731902	190074	ESCUELA BASICA BLANCO LUGAR	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital)CALLE PRINCIPAL BLANCO LUS/I	1	1999	-63,369	10,504	Tipo 8
578	OD08821902	190075	ESCUELA BOLIVARIANA SANTA BARBARA	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital)SANTA BARBARACALLE PRINCIPAL SANTA BARCENTRAL	1	1945	-63,319	10,525	Tipo 8

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	COD. ESTAD	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
579	OD08711902	190077	ESCUELA BASICA BOTUCO	190077	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital)BOTUCOPRINCIPALS /I	1	1980	-63,339	10,513	Tipo 8
580	OD08701902	190079	E.B. LA TOSCANA	190079	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital)LA TOSCANAPRINCIPALS/I	1	2000	-63,366	10,514	Tipo 8
581	OD04631902	190085	ESCUELA BOLIVARIANA RIO CASANAY	190085	ANDRES MATA	Tavera Acosta	Río Casanay (F) (Capital)RIO CASANAYPRINCIPALLECHE RIA	1	1960	-63,336	10,517	Tipo 9
582	OD09281904	190223	E.B. SABANETA DE TUNAPUICITO	190223	BENITEZ	Tunapuicito	Tunapuicito (F) (Capital)TUNAPUICITOPRINCIPAL	1	1982	-63,176	10,614	Tipo 12
583	OD09321904	190224	CUMBRE DE PAPELON	190224	BENITEZ	Tunapuicito	Papelon - Corona - Periquito - La Yerba - La ConotaCUMBRE DE PAPELONPRINCIPAL	1	1992	-63,106	10,627	Tipo 12
584	OD09311904	190228	U.E.E SAN JUAN II	190228	BENITEZ	Tunapuicito	San JuanSAN JUANPRINCIPAL	1	1992	-63,153	10,614	Tipo 12
585	OD09351904	190246	U.E.N BOLIVARIANA TUNAPUICITO	190246	BENITEZ	Tunapuicito	Tunapuicito (F) (Capital)TUNAPUICITOPRINCIPAL	1	2002	-63,131	10,592	Tipo 13
586	OD04171904	190198	U.E SABANETA	190198	BENITEZ	Tunapuicito	Tunapuicito (F) (Capital)SABANETAPRINCIPAL	1	2005	-63,157	10,539	Tipo 8
587	OD04201904	190247	QUEBRADA DE MONOS	190247	BENITEZ	Tunapuicito	Tunapuicito (F) (Capital)QUEBRADA DE MONO TUNAPUICPRINCIPAL	1	2000	-63,132	10,584	Tipo 8
588	OD00181904	190229	LICEO BOLV.CREACION TUNAPUICITO	190229	BENITEZ	Tunapuicito	Tunapuicito (F) (Capital)TUNAPUICITOCALLE PRINCIPAL	1	1993	-63,13	10,593	Tipo 9
589	S1100D1909	190450	LICEO BOLIVARIANO BERNARDO BERMUDEZ	190450	LIBERTADOR	Tunapuy	Tunapuy (Capital)ANDRES ELOY BLANCOALLE BERMUDEZ	3	1977	-63,11	10,583	Tipo 1
590	S1639N1909	190909	UNIDAD EDUCATIVA ADULTO BERNARDO BERMUDEZ	190909	LIBERTADOR	Tunapuy	Tunapuy (Capital)ANDRES ELOY BLANCOALLE BERMUDEZ	3	1977	-63,111	10,583	Tipo 1

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
591	OD05101909	190434	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA DO CARLOS	LIBERTADOR	Tunapuy	Quebrada Á'o CarlosCASERIO Á'O CARLOS CALLE PRINCIPALÁ'O CARLOS	1	1953	-63,042	10,586	Tipo 12
592	OD04861909	190435	ESCUELA BOLIVARIANA CUMBRE MARIANO LENº	LIBERTADOR	Tunapuy	Cumbre Brazón, La (F)CASERIO CUMBRE MARIANO LCALLE EL COCO	1	1983	-63,088	10,615	Tipo 12
593	OD05111909	190438	ESCUELA BOLIVARIANA CATUARO ARRIBA	LIBERTADOR	Tunapuy	Catuaro ArribaCASERIO CATUARO ARRIBACALLE PRINCIPAL	1	1975	-63,073	10,607	Tipo 12
594	OD05121909	190439	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA CATUARO ABAJO	LIBERTADOR	Tunapuy	Catuaro AbajoCASERIO CATUARO ABAJOCALLE EL COCO	1	1991	-63,076	10,583	Tipo 12
595	OD04851909	190436	ESCUELA BOLIVARIANA QUEBRADA DE JUAN ROJAS	LIBERTADOR	Tunapuy	Quebrada Juan RojasCASERIO QDA D JUAN ROJASCALLE PUERTO ESCONDIDO	1	1958	-63,01	10,584	Tipo 8
596	OD04841909	190437	ESCUELA BOLIVARIANA PLATANITO EL BAJO	LIBERTADOR	Tunapuy	Bajos de PlatanitoPLATANITO EL BAJOCARRET. NAC. CARUPANO-GUICASERIO	1	1990	-63,016	10,596	Tipo 8
597	OD04821909	190448	ESCUELA BOLIVARIANA LAS PRADERAS	LIBERTADOR	Tunapuy	Tunapuy (Capital)LAS PRADERASCALLE LAS PRADERAS	1	1968	-63,108	10,579	Tipo 8
598	OD04871909	191193	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA ANDRÉS ELOY BLANCO	LIBERTADOR	Tunapuy	Tunapuy (Capital)URB. ANDRÁS ELOY BLANCO CALLE BOLÁWARSECTOR LA CRUZ DE CURIEPE	1	2006	-63,105	10,577	Tipo 8
599	OD08861904	190237	QUEREPE MATTEY	BENITEZ	Unión	Cañas, Las - Coscorobita - El Templeto - Querepe MateyQUEREPRINCIPAL	1	1978	-63,016	10,302	Tipo 10
600	OD08991904	191296	LOS BARRANCOS	BENITEZ	Unión	Barranco, ELVIA GUARIQUENPRINCIPAL	1	1978	-62,922	10,167	Tipo 12
601	OD08931904	190233	E.B.UNIVARIO QUEREPE TIERRA	BENITEZ	Unión	Querepe de TierraQUEREPE TIERRAVIA GUARIQUEN	1	1978	-62,941	10,223	Tipo 8
602	OD08901904	190235	U.E.N BOLIVARIANA GUANOCO	BENITEZ	Unión	GuanocoGUANOCOPRINCIPA L	1	1987	-62,937	10,151	Tipo 8
603	OD08881904	190236	PUNTA EVARISTO	BENITEZ	Unión	Cocos, Los - Punta EvaristoSECTOR PUNTA DE EVARISTOPRINCIPAL	1	1987	-62,946	10,397	Tipo 8

NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
604	OD00271904	191230	LICEO BOLIVARIANO CREACIN° GUARIQUIN°	BENITEZ	Unión	Guariqueñ (Capital) GUARIQUIN° PRINCIPAL	1	1997	-62,919	10,24	Tipo 8
605	OD08921904	190234	U.E.N BOLIV. JURUPU	BENITEZ	Unión	Jurupu JURUPU CALLE PRINCIPAL	1	1978	-62,948	10,187	Tipo 9
606	OD04191904	190239	BOLIV. JOSE JUAQUIN ESCOBAR PACHECO	BENITEZ	Unión	Guariqueñ (Capital) GUARIQUEN CALLE PRINCIPAL	1	1961	-62,928	10,269	Tipo 9
607	ON00281914	191001	U.E.A. FRANCISCO ARISTIGUIETA	SUCRE	Valentin Valien	GRAN MARISCAL CAIGUIRE	2	1996	-64,164	10,474	Tipo 10
608	OD12501914	191056	C.P.C. CAIGUIRE ABAJO	SUCRE	Valentin Valien	PARCELAMIENTO MIRANDA G	2	1994	-64,156	10,477	Tipo 10
609	S0663D1914	190711	LICEO BOLIV. CRUZ SALMERON ACO	SUCRE	Valentin Valien	AV. ANDRES BELLO PARCELA	3	1967	-64,160	10,478	Tipo 2
610	S1385D1914	190789	LICEO BOLIV. BR. RAFAEL CASTRO	SUCRE	Valentin Valien	S/C. BOLIVAR AL LADO H	2	1974	-64,161	10,471	Tipo 3
611	OD01381914	190710	E.B. ESTADO NUEVA ESPARTA	SUCRE	Valentin Valien	CUMANA AV. GRAN MARISCA	2	1988	-64,152	10,475	Tipo 4
612	T0130D1914	190794	E.T. COMERCIAL ROBINSONIANA MOD	SUCRE	Valentin Valien	MIRANDA CALLE MIRANDA S	1	1970	-64,163	10,477	Tipo 4
613	OD00881914	190671	CENTRO DE EDUCACION INICIAL PE	SUCRE	Valentin Valien	URB. FUNDACION MENDOZA	1	1984	-64,156	10,479	Tipo 8
614	OD01241914	190676	C.E.I. GRAN MARISCAL DE AYACUCH	SUCRE	Valentin Valien	CAIGUIRE AV. GRAN MARIS	1	1989	-64,152	10,475	Tipo 8
615	PD00661914	190776	UNIDAD EDUCATIVA ANDRES BELLO	SUCRE	Valentin Valien	PARCELAMIENTO MIRANDA A	2	1998	-64,160	10,479	Tipo 8
616	OD01211914	190673	C.E.I. ROSA MATILDE ARISTIMUÑO	SUCRE	Valentin Valien	GRAN MARISCAL DE AYACUC	1	1997	-64,120	10,469	Tipo 9
617	OD00851914	190674	C.E.I. ANGELITOS NEGROS	SUCRE	Valentin Valien	BOLIVAR C/BOLIVAR SECTO	1	1976	-64,161	10,474	Tipo 9
618	S3591D1914	190800	LICEO BOLIV. CAIGUIRE	SUCRE	Valentin Valien	S/AV. CARUPANO CAIGUIRE	1	1985	-64,138	10,475	Tipo 9
619	S1810D1914	190805	E.T.I.C.P. MADRE ALBERTA JIMEN	SUCRE	Valentin Valien	CAIGUIRE CARUPANO	1	1962	-64,129	10,474	Tipo 9
620	OD02071914	190888	U.E.E. ESPECIAL CUMANÁ	SUCRE	Valentin Valien	GRAN MARISCAL VIA EL PE	1	1994	-64,120	10,469	Tipo 9
621	OD12021914	191068	TALLER DE EDUCACION LABORAL MA	SUCRE	Valentin Valien	GRAN MARISCAL DE AYACUC	1	1976	-64,119	10,471	Tipo 9
622	S3334D1914	190777	U.E.B. NUEVA TOLEDO	SUCRE	Valentin Vallente	Cumana (F) (Capital) EL PEÁ'ONC/NUEVA TOLEDO	1	1985	-64,094	10,455	Tipo 5
623	OD04281907	190401	UNIDAD EDUCATIVA DR. JUAN MANUEL CAJIGAL	CAJIGAL	Yaguapaparo	Yaguapaparo (F) (Capital) Yaguapaparo Boyacá N° 40 La Playa	1	1954	-62,83	10,573	Tipo 10

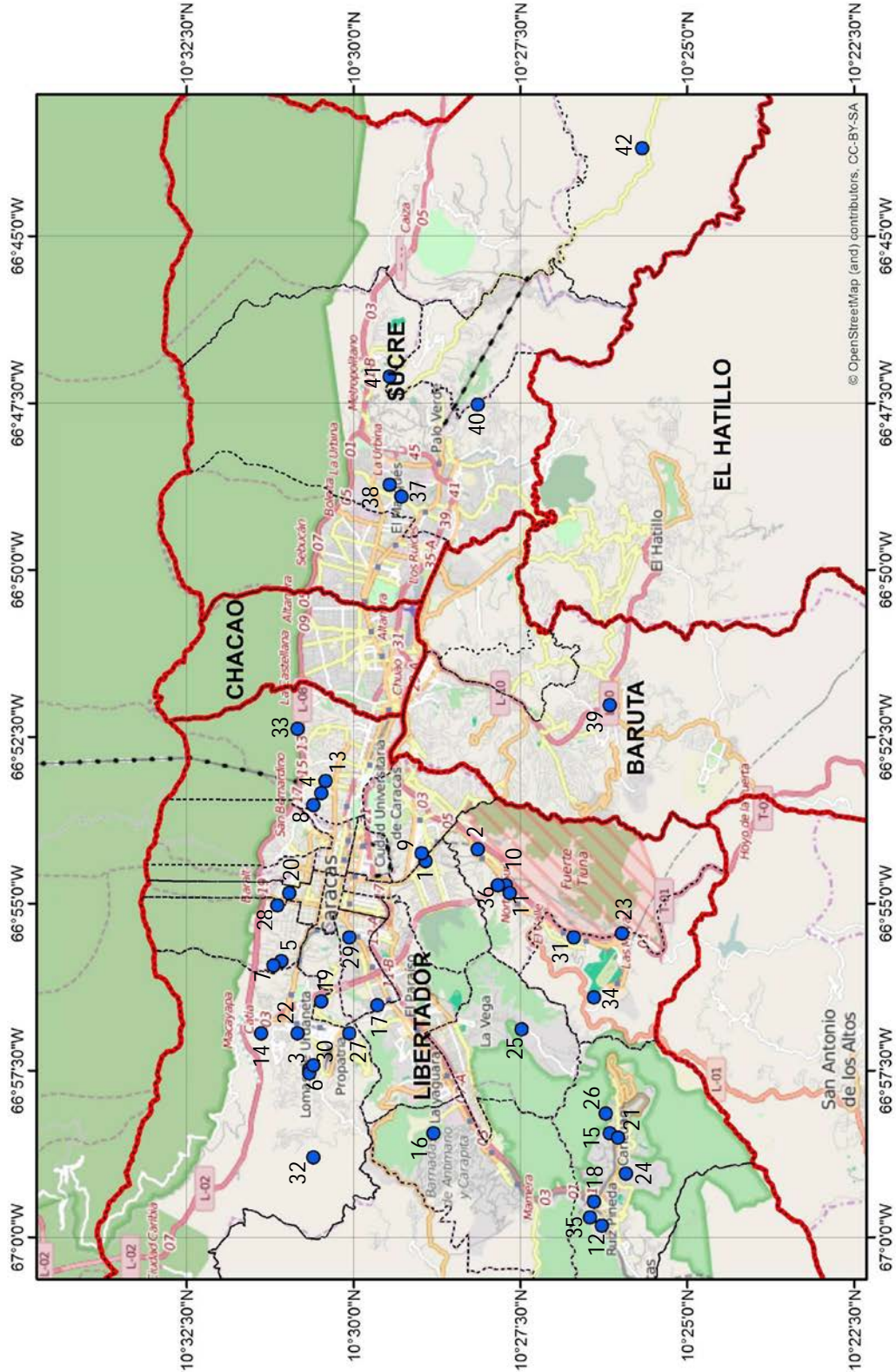


NUM	COD. DEA	COD. ESTAD	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.	COORD. X	COORD. Y	TIPOLOGIA
624	OD06301907	190367	ESCUELA BOLIVARIANA EL CANTÓN	CAJIGAL	Yaguarpaparo	Cantón, El Cantón S/I	1	1960	-62,837	10,645	Tipo 12
625	OD06191907	190377	ESCUELA BOLIVARIANA PITOTAN	CAJIGAL	Yaguarpaparo	Yaguarpaparo (F) (Capital) Pitotán Principal	1	1975	-62,781	10,611	Tipo 12
626	OD04341907	190379	ESCUELA BOLIVARIANA LOS PALMARES	CAJIGAL	Yaguarpaparo	Yaguarpaparo (F) (Capital) Los Palmares Principal	1	1985	-62,862	10,583	Tipo 12
627	OD06171907	190383	ESCUELA BOLIVARIANA LA CHIVERA	CAJIGAL	Yaguarpaparo	Bella Vista La Chivera Principal El Chispero	1	1965	-62,837	10,577	Tipo 12
628	OD06181907	190402	ESCUELA BOLIVARIANA LA MONTAÑA	CAJIGAL	Yaguarpaparo	Yaguarpaparo (F) (Capital) La Montaña Carretera Nacional	1	1974	-62,807	10,6	Tipo 12
629	OD06361907	191143	ESCUELA BOLIVARIANA LA HORQUETICA	CAJIGAL	Yaguarpaparo	Marines, Los (Río Grande) La Horqueta S/I	1	1995	-62,829	10,617	Tipo 12
630	S3355N1907	190912	UEA CREACIN° YAGUARAPARO	CAJIGAL	Yaguarpaparo	Yaguarpaparo (F) (Capital) YAGUARAPAROSAN MIGUEL	2	1977	-62,825	10,573	Tipo 2
631	OD06291907	190370	ESCUELA BOLIVARIANA LOS MARINES	CAJIGAL	Yaguarpaparo	Marines, Los (Río Grande) Los Marines Principal	1	1995	-62,802	10,637	Tipo 8
632	OD04331907	190380	ESCUELA BOLIVARIANA BARCELÓ	CAJIGAL	Yaguarpaparo	Yaguarpaparo (F) (Capital) Barceló Principal	1	1961	-62,819	10,589	Tipo 8
633	OD04321907	190384	ESCUELA BOLIVARIANA DOÑA BARTOLA	CAJIGAL	Yaguarpaparo	Yaguarpaparo (F) (Capital) DOÑA BARTOLA PRINCIPALEL JOBAL	1	2004	-62,821	10,582	Tipo 8
634	OD06271907	190403	ESCUELA BOLIVARIANA CHOROCHORO	CAJIGAL	Yaguarpaparo	Yaguarpaparo (F) (Capital) Chorocho El Saman	1	2006	-62,826	10,586	Tipo 8
635	OD06281907	190863	ESCUELA BASICA BOLIVARIANA LA HORQUETA	CAJIGAL	Yaguarpaparo	Yaguarpaparo (F) (Capital) La Horqueta Principal	1	2001	-62,831	10,614	Tipo 8
636	OD04391907	190405	UNIDAD EDUCATIVA BOLIVARIANA YAGUARAPARO	CAJIGAL	Yaguarpaparo	Yaguarpaparo (F) (Capital) Yaguarpaparo Miranda	1	1972	-62,827	10,573	Tipo 9

## **Anexo 1.8**

### **Inventario de Edificios Escolares Prioritarios del Área Metropolitana de Caracas**

A 1.8.1- Escuelas Prioritarias Tipo Cajetón



*Capítulo 1: Anexo 1.8: Inventario de Edificios Escolares Prioritarios del Área Metropolitana de Caracas*

NUM	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	Año CONSTR.
1	U.E.N. BOLIV. GRAN COLOMBIA	LIBERTADOR	SANTA ROSALIA	URB. PRADO DE MARIA AV. ROSSEVELT LOS ROSALES CALLE AYACUCHO CARACAS (CAPITAL)	1	1950
2	E.T.C.R.D. JUAN ESPAÑA	LIBERTADOR	EL VALLE	ALBERTO RAVELL AV. ANZOATEQUI PROLONGACION LONGARAY CARACAS (CAPITAL)	3	1951
3	U.E.N. JOSE GERVASIO ARTIGAS	LIBERTADOR	SUCRE	PROPATRIA FINAL AV. EL CUARTEL PROPATRIA FRENTE FUNDACION DEL NIÑO CARACAS (CAPITAL)	3	1954
4	U.E.P COMUNITARIA LUISA GOITICOA	LIBERTADOR	EL RECREO	ANDRES BELLOAV. ANDRES BELLO CON TRUJILLO CARACAS (CAPITAL)	2	1956
5	U.E.P. COLEGIO NIÑO JESUS DE PRAGA	LIBERTADOR	SUCRE	LOS FRAILES DE CATIA EL CARMEN LOS FRAILES SANTA ROSA CARACAS (CAPITAL)	3	1958
6	ESCUELA INDUSTRIAL NOCT DEL OESTE	LIBERTADOR	SUCRE	BARRIO MOROCHITO RODRIGUEZ FINAL AV. CUARTEL CATIA CARACAS (CAPITAL)	1	1959
7	U.E.N. LUIS EZPELOSIN	LIBERTADOR	SUCRE	LOS FRAILES EL CARMEN CATIA CARACAS (CAPITAL)	3	1960
8	U.E.N.B. DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO	LIBERTADOR	EL RECREO	URB. MARIPEREZ AV. NORTE N° 23-2 SECTOR MARIPEREZ CARACAS (CAPITAL)	3	1963
9	U.E.P. COLEGIO SANTA LUISA	LIBERTADOR	SANTA ROSALIA	PRADO DE MARIA CALLE REAL CASA N° 26 CARACAS (CAPITAL)	2	1964
10	E.B.N. PADRE MENDOZA	LIBERTADOR	EL VALLE	EL VALLE4 Y 6 LOS JARDINES CARACAS (CAPITAL)	3	1967
11	E.B.N.B. DIEGO DE LOSADA	LIBERTADOR	EL VALLE	LOS JARDINES DEL VALLE CALLE 9 Y 10 DIAGONAL A HIDROCAPITAL EDIF. DIEGO DE LOSADA CARACAS (CAPITAL)	3	1967
12	E.T.C.N. FRANCISCO FAJARDO	LIBERTADOR	CARICUAO	URB. RUIZ PINEDA AV. PRINCIPAL SECTOR UD 7 EDIFICO CARACAS (CAPITAL)	3	1968
13	L.B. JOSE MANUEL NUÑEZ PONTE	LIBERTADOR	EL RECREO	MARIPEREZ NORTE CALLE 23-2 CARACAS (CAPITAL)	2	1968
14	E.B.D. GUAICAIPURO	LIBERTADOR	SUCRE	BARRIO GUAICAIPURO I CALLE EL PLACER LOS MAGALLANES CATIA CARACAS (CAPITAL)	1	1969
15	U.E.N. RAFAEL SEIJAS	LIBERTADOR	CARICUAO	QUESERAS DEL MEDIO PRINCIPAL UD-4 CARACAS (CAPITAL)	1	1971
16	U.E.D GUADALUPE ALFONZO FALERO	LIBERTADOR	ANTIMANO	CARAPITAS SUBIDA EL PROGRESO EL MANGUITO CARACAS (CAPITAL)	1	1972

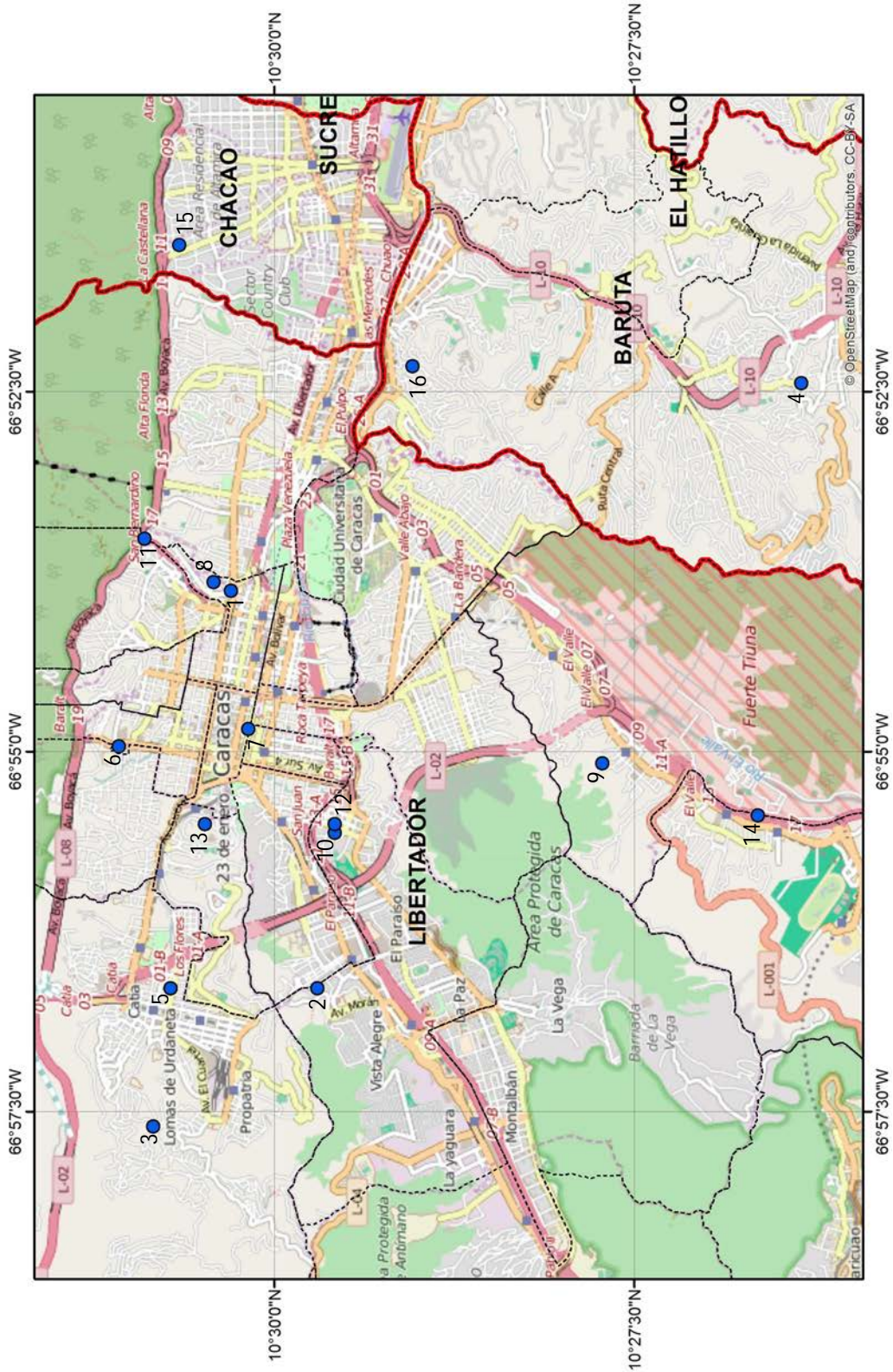
NUM	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	AÑO CONSTR.
17	L.B. ANTONIO MUÑOZ TEBAR	LIBERTADOR	EL PARAISO	LA QUEBRADITA I SAN MARTIN LA QUEBRADITA I BLOQUE DEL INAVI AV. SAN MARTIN CARACAS (CAPITAL)	1	1972
18	L.N. NICOLAS COPERNICO	LIBERTADOR	CARICUAO	RUIZ PINEDA AV. PRINCIPAL EDIFICIO CARACAS (CAPITAL)	3	1972
19	LICEO BOLIV. MANUEL PALACIO FAJARDO	LIBERTADOR	23 DE ENERO	23 DE ENEROS CALLE PRINCIPAL ZONA CENZONA CENTRAL CARACAS (CAPITAL)	3	1973
20	U.E.N. SIMON BOLIVAR	LIBERTADOR	ALTAGRACIA	PARROQUIA ALTAGRACIA ESQ. DE CAÑO A GUANABANO EDIFICIO CARACAS (CAPITAL)	3	1974
21	U. E. P. COLEGIO SAN AGUSTIN	LIBERTADOR	CARICUAO	JOSÉ ANTONIO PÁEZ AV. PRINCIPAL TERRAZAS F Y G EDIFICIO F Y G CARACAS (CAPITAL)	2	1974
22	C.E.I.A ASISTENCIA URDANETA FUNDACION DEL NIÑO	LIBERTADOR	SUCRE	URDANETA EL CUARTEL CATIA LA VEREDA 5 Y 6 CARACAS (CAPITAL)	1	1975
23	U.E.N.B MARY ISABEL MARQUEZ DE MEJIAS	LIBERTADOR	COCHE	LAS MAYAS PPAL DE LAS MAYAS PUERTO ESCONDIDO CARACAS (CAPITAL)	1	1976
24	U. E. N. ROBERTO MARTÍNEZ CENTENO	LIBERTADOR	CARICUAO	BARR. RAFAEL G. CARABALLO AV. PRINCIPAL SECTOR UD 3 LAS CASITAS CARACAS (CAPITAL)	2	1976
25	E.B.N. LOS MANGOS	LIBERTADOR	LA VEGA	LA VEGA CARRETERA NEGRA LOS MANGOS CARACAS (CAPITAL)	3	1979
26	U.E.D MAURO PAEZ PUMAR	LIBERTADOR	CARICUAO	EL OTO CALLE MURO PEZ PUMARUP 3 CASA CARACAS (CAPITAL)	1	1979
27	E.B.N. MIGUEL ANGEL LOPEZ CARDENAS	LIBERTADOR	SUCRE	CASALTA 3 PRINCIPAL EDIFICIO BLOQUES 5 Y 6 CARACAS (CAPITAL)	3	1979
28	U.E.P MONSEÑOR CASTILLO	LIBERTADOR	LA PASTORA	LA PASTOR TORRE ROPASTORA CARACAS (CAPITAL)	4	1980
29	U.E.N. BOLIV. PEDRO PABLO BARNOLA	LIBERTADOR	SAN JUAN	SAN MARTIN SAN MARTIN MIL CENTROS CALLE SUCRE ESQUINA ALCABALA PALO GRANDE CARACAS (CAPITAL)	1	1982
30	C.E.I.A. SIMON BOLIVAR I	LIBERTADOR	SUCRE	CUARTEL CATIA FINAL AV. PPAL. DEL CUARTEL CARACAS (CAPITAL)	2	1983
31	C.E.I.A. DR PASTOR OROPEZA	LIBERTADOR	COCHE	COCHE HOSPITAL DE COCHE CARACAS (CAPITAL)	1	1983
32	E.B.N. JULIO PLANCHART	LIBERTADOR	SUCRE	NUEVA TACAGUATERRAZA L SECTOR C CARACAS (CAPITAL)	1	1985



*Capítulo 1: Anexo 1.8: Inventario de Edificios Escolares Prioritarios del Área Metropolitana de Caracas*

NUM	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	Año CONSTR.
33	C.E.I.A. BANCO CENTRAL DE VENEZUELA	LIBERTADOR	EL RECREO	LA FLORIDA LOS MANGOS ALTA FLORIDA CARACAS (CAPITAL)	2	1991
34	U.E.N.B MARY ISABEL MARQUEZ DE MEJIAS	LIBERTADOR	COCHE	CARACAS (CAPITAL) LAS MAYAS CALLE PPAL DE LAS MAYAS PUERTO ESCONDIDO	1	1976
35	U.E JOSE MANUEL NUÑEZ PONTE	LIBERTADOR	CARICUAO	AV PRINCIPAL SECTOR UD 9 RUIZ PINEDA CARICUAO	3	1968
36	LICEO BOLIVARIANO DIEGO DE LOZADA	LIBERTADOR	EL VALLE	ENTRE CALLE 9 Y 10 LOS JARDINES DEL VALLE	3	1967
37	LICEO NOCT. PERIFERICA DE COCHE (ADULTOS)	SUCRE	PETARE	CAMPO RICO 1RO DE MAYO PETARE (CAPITAL)	1	1973
38	U.E.P. COLEGIO MARIA SANTISIMA	SUCRE	PETARE	EL MARQUES MOSEÑOR COLEGIO MARIA SANTISIMA PETARE (CAPITAL)	3	1974
39	C.E.I.N. J.M. SISO MARTINEZ	BARUTA	BARUTA	LA TRINIDAD CAMPO ALEGRE AV. PRINCIPAL DE LA TRINIDA BLOQUE 2 Y 8 DE NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE BARUTA (F) (CAPITAL)	1	1977
40	E.B.E. GRAN MARISCAL DE AYACUHO	SUCRE	PETARE	EL NAZARENO CALLE BOLIVAR EDIF. CUATRO PLANTAS PETARE (CAPITAL)	4	1998
41	U.E.N. BOLIV. MARISCAL SUCRE	SUCRE	LA DOLORITA	DOLORITA, LA CAPITAL LA DOLORITA CALLE BOLIVAR	2	1982
42	U.E.P. INSTITUTO MANO AMIGA	SUCRE	FILAS DE MARICHES	FILA DE MARICHE (F) (CAPITAL) ALTOS DE TOMAS CARRETERA LOS ARRIEROS LOS JABILLOS	1	1994

A 1.8.2- Otras Escuelas Prioritarias

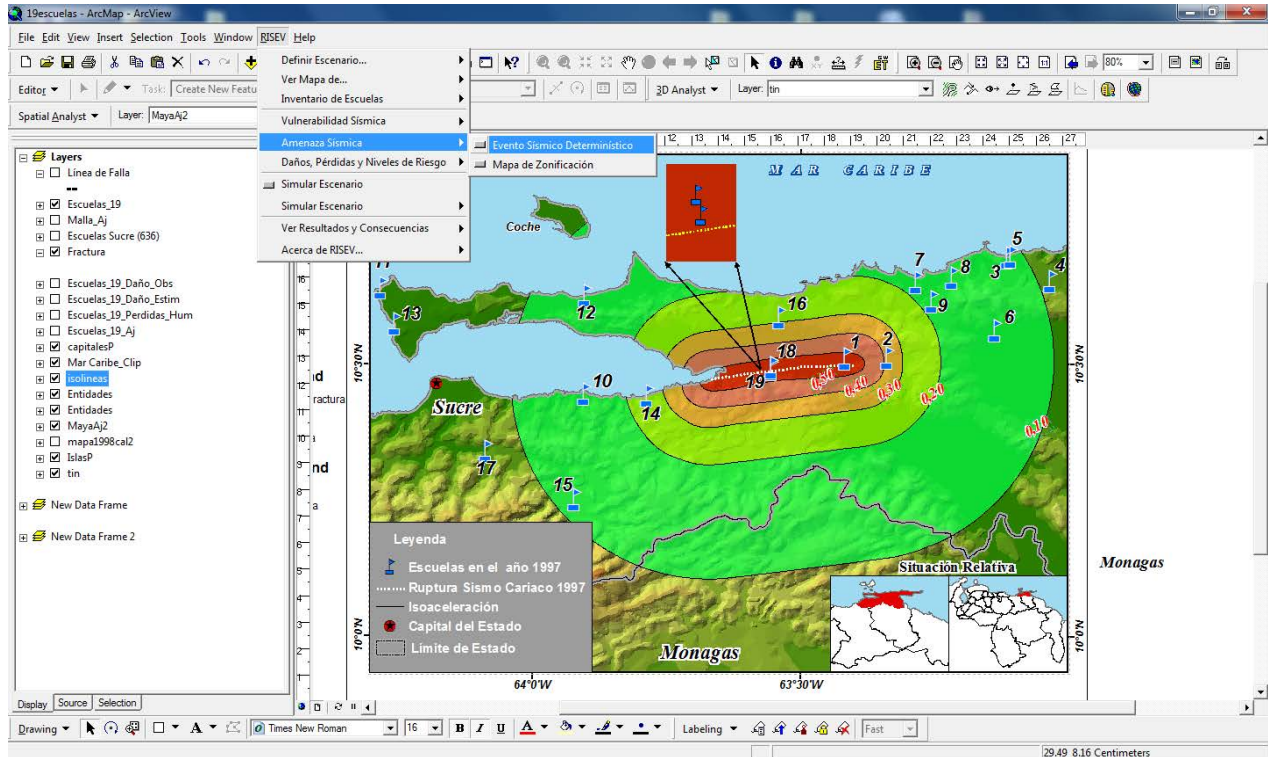


Capítulo 1: Anexo 1.8: Inventario de Edificios Escolares Prioritarios del Área Metropolitana de Caracas

NUM	NOMBRE	MUNICIPIO	PARROQUIA	DIRECCION	N° DE PISOS	Año CONSTR.
1	U.E.N. EXPERIMENTAL VENEZUELA	LIBERTADOR	CANDELARIA	PARROQUIA CANDELARIA AV. MEXICO EDIFICIO CARACAS (CAPITAL)	2	1939
2	E.T.I. JOSE DE SAN MARTIN	LIBERTADOR	EL PARAISO	LA QUEBRADITA MORAN CARACAS (CAPITAL)	1	1963
3	U.E.D. ISAIAS MEDINA ANGARITA	LIBERTADOR	SUCRE	BAR. ISAIAS MEDINA ANGARITA CALLE VENEZUELA SECTOR LAS TUNITAS CARACAS (CAPITAL)	2	1967
4	C.E.I.M. LUISA CACERES DE ARISMENDI	BARUTA	BARUTA	EL CAFETAL PASEO GUAICAIPURO NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE BARUTA (CAPITAL)	1	1959
5	U.E.D. JUAN ANTONIO PEREZ BONALDE	LIBERTADOR	SUCRE	CATIA MEXICO PEREZ BONALDE ESQ. PUERTO RICO CARACAS (CAPITAL)	2	1939
6	U.E.PSME NUESTRA SEÑORA DE COROMOTO	LIBERTADOR	LA PASTORA	LA PASTORA PORTILLO PASTORA Y PORTILLO CARACAS (CAPITAL)	2	1940
7	U.E.PSME. ESCUELA PARROQUIAL SANTA TERESA	LIBERTADOR	SANTA TERESA	SANTA TERESA MIRACIELOS A HOSPITAL CARACAS (CAPITAL)	2	1940
8	L.N. ADULT. JUAN VICENTE GONZALEZ	LIBERTADOR	CANDELARIA	LA CANDELARIA MEXICO CARACAS (CAPITAL)	3	1945
9	U.E.N. DR. GUILLERMO DELGADO PALACIOS	LIBERTADOR	EL VALLE	URB. LOS JARDINES DEL VALLE 12 CARACAS (CAPITAL)	2	1951
10	E.B.P. MADRE SAINT JACQUES	LIBERTADOR	EL PARAISO	EL PARAISO CALLE LOS PINOS AV. PAEZ CARACAS (CAPITAL)	2	1961
11	U.E.N. SARRIA	LIBERTADOR	CANDELARIA	LA CANDELARIA CALLE REAL DE SARRIA CARACAS (CAPITAL)	2	1962
12	U.E.P. SAN JOSE DE TARBES	LIBERTADOR	EL PARAISO	EL PARAISO JOSE ANTONIO PAEZ EL EJERCITO CARACAS (CAPITAL)	2	1962
13	U.E.N.BOLIV. LUIS TROCONIS GUERRERO	LIBERTADOR	23 DE ENERO	23 DE ENERO CALLE EL CARMEN CARACAS (CAPITAL)	2	1963
14	L.N. .NOCT. RUFINO BLANCO FOMBONA	LIBERTADOR	COCHE	EL VALLE AV. INTERCOMUNAL EL VALLE EDIF. PEDRO EMILIO COLL CARACAS (CAPITAL)	2	1964
15	U.E.P. HOGAR SAGRADO CORAZON DE JESUS	CHACAO	CHACAO	PEDREGAL DE LA CASTELLANA EL TARTAGO EDIFICIO 3RA Y 4TA TRANSVERSAL CHACAO (CAPITAL)	1	1962
16	U.E.P. CENTRO EDUCATIVO APUCV	BARUTA	Baruta	CALLE CAURIMARE, RAMAL 3, COLINAS DE BELLO MONTE	2	1955

# Capítulo 2

## *Efectos de los Terremotos Sobre los Edificios Escolares de Venezuela*



## Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela

Informe Técnico

Responsable: Oscar A. López (IMME–FI-UCV)



## **2.- EFECTOS DE LOS TERREMOTOS SOBRE LOS EDIFICIOS ESCOLARES DE VENEZUELA**

**Gustavo Coronel D. y Oscar A. López**

### **2.1.- Participantes**

En esta actividad del proyecto participaron las siguientes personas:

Prof. Gustavo Coronel D. (IMME-UCV)  
Prof. Oscar A. López (IMME-UCV)  
Dr. Ing. Salvador Safina (Sismometric C.A.)  
Geo. Nelson Betancourt (Geografía-UCV)  
Br. Jonathan Pérez (Ingeniería-UCV)  
Br. Ricardo Pereira (Geografía-UCV)

### **2.2.- Introducción**

En este capítulo se presenta una metodología simplificada que permite desarrollar curvas de fragilidad para caracterizar la vulnerabilidad sísmica de los edificios escolares venezolanos, estimar daños, pérdidas y niveles de riesgo, fundamentada en: i) información básica recopilada de las edificaciones consistente en: año de construcción, número de pisos, ubicación geográfica y población escolar, contenida en el inventario de edificios escolares y el Sistema de Información Geográfica (SIG) presentados en el Capítulo 1; ii) la hipótesis de que los edificios escolares fueron diseñados y construidos acorde a lo establecido en las normas vigentes para el momento de su construcción. Con base a esto se desarrollan curvas de capacidad bilineal sobre las cuales se han adoptado cinco estados de daños: sin daño, leve, moderado, severo y completo. Para cada estado de daño se determinan las curvas de fragilidad sísmica, las cuales representan la probabilidad de alcanzar o exceder el estado de daño dado un valor de la aceleración máxima del terreno. Para definir la curva de fragilidad se utiliza una distribución lognormal y mediante el método de los coeficientes se determinan los valores medios de aceleración del terreno asociados al inicio de cada estado de daño. Se adoptan valores de desviación estándar seleccionados de experiencias nacionales e internacionales. Se presenta la implementación de esta metodología en un programa computacional de ambiente gráfico y se comparan las curvas de fragilidad estimadas a través de esta metodología con las curvas utilizadas por el sistema HAZUS. Las comparaciones se realizan para edificios escolares construidos en distintas épocas, con distintos tipos de suelo, ubicados en diferentes regiones de Venezuela. Se calibraron algunos parámetros de la metodología a partir de la comparación entre los daños observados en edificios escolares luego del terremoto de Cariaco de 1997 y los predichos por el cálculo. Para la evaluación de escenarios sísmicos se desarrolló una herramienta computacional basada en un Sistema de Información Geográfica la cual permite estimar daños y pérdidas asociadas a eventos sísmicos particulares para lo cual se programaron algoritmos para la simulación de los escenarios sísmicos basados en relaciones de atenuación de aceptación internacional. Por otro lado el procedimiento desarrollado permite



determinar índices de pérdidas basado en mapas de amenaza sísmica, los cuales son asociados a niveles de riesgo sísmico que facilitan la tarea de priorización. Mediante esta herramienta se aplica la metodología a la evaluación de tres escenarios regionales: i) una muestra de 636 edificios escolares del Estado Sucre; ii) una muestra de 83 edificios escolares en la Ciudad de Cumaná, incorporando las características locales del suelo y; iii) una muestra de 569 escuelas de Área Metropolitana de Caracas en la cual se utilizó los recientes resultados del proyecto de microzonificación sísmica. Esta metodología permite apoyar el proceso de planificación y toma de decisiones con fines de prevención y mitigación del riesgo sísmico en Venezuela.

### 2.3.- Curvas de Capacidad

Las curvas de capacidad representan la relación entre la fuerza cortante ( $V$ ) en la base de un edificio y el desplazamiento ( $u$ ) en el tope del mismo. En la Figura 2.1 se presenta la idealización bilineal de la curva de capacidad empleada en este trabajo. Los parámetros que definen dicha curva se describen más adelante y se estiman a partir de la información básica recopilada en el inventario de edificios escolares de Venezuela y reconocidas referencias.

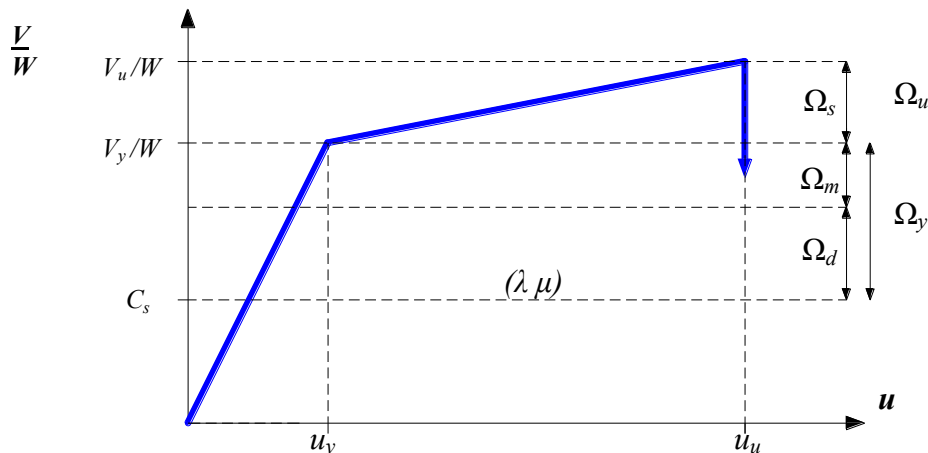


Figura 2.1. Representación bilineal y parámetros de la Curva de Capacidad.

#### 2.3.1.- Capacidad Resistente

Se parte de la hipótesis de que el edificio escolar fue diseñado y construido cumpliendo con los requerimientos normativos vigentes para el momento de su construcción; por tanto, la capacidad resistente está relacionada con la fuerza de diseño establecida en la norma correspondiente. En López (2009) se derivan de las siete normas nacionales (MOP, 1939; MOP, 1947; MOP, 1955; MOP, 1967; COVENIN, 1982; COVENIN, 1998a y COVENIN, 2001), expresiones para estimar el cortante basal a nivel cedente a partir de las fuerzas de diseño establecidas en cada norma.

Tabla 2.1. Expresiones para estimar  $C_s$  derivadas de las siete normas nacionales.

Norma	Coefficiente Sísmico	Descripción
MOP, 1939	$C_s = 1,33 \cdot C$	No incluye mapa de zonificación, $C=0,05$ para edificios de más de 3 pisos y para edificios con cualquier número de pisos ubicados en zonas montañosas de los Andes y de la costa. El peso $W_{norma}$ incorporaba el 100% de la carga variable: $W_{norma} = CP + CV$ .
MOP, 1947	$C_s = 1,5 \cdot C$	Mapa de zonificación sísmica con las zonas A, B y C. Para la zona A, $C=0,05$ , en la zona B, la más severa, $C=0,10$ las cual contempla áreas del Estado Sucre incluyendo Cumaná. En la zona C no se exigía el diseño sísmico. Se adoptó una resistencia del suelo $R_s < 2 \text{ kg/cm}^2$ . $W_{norma} = CP + 0,5CV$ .
MOP, 1955	$C_s = 1,5 \cdot C$ $C = \frac{0,30}{N + 4,5}$	El mapa de zonificación sísmica presenta las zonas A, B y C. El valor de $C$ está definido por la fórmula para la zona B la cual incluía Caracas. Para la Zona C se exigía el doble, donde se incluía el Estado Sucre. Para la Zona A no se exigía el diseño sísmico. Se aplicó la versión no oficial (Hernández, 2009) para el cálculo de $C$ . $W_{norma} = CP$ .
MOP, 1967	$C_s = 1,5 \cdot C$	El mapa presenta cuatro zonas (0, 1, 2 y 3). El valor de $C$ en la zona 3 varía entre 0,045 y 0,15 dependiendo del tipo estructural, el uso y tipo de suelo. Para las zonas 2 y 1 se multiplicaba por 0,5 y 0,25 respectivamente. El tipo de suelo se diferenciaba entre roca y aluvión. $W_{norma} = CP + 0,25CV$ .
COVENIN, 1982	$C_s = \mu_o \cdot A_d(T_a)$ $\mu_o = \frac{3}{2} \frac{(N+1)}{(2N+1)}$	Presenta un mapa de zonificación sísmica con las zonas 0, 1, 2, 3 y 4. $A_d(T_a)$ representa el espectro de diseño estipulado en esta norma para un factor de ductilidad $D=6$ . Define 3 formas espectrales S1, S2 y S3. Para escuelas el factor de importancia $\alpha = 1,25$ . $W_{norma} = CP + 0,25CV$ .
COVENIN, 1998	$C_s = \mu_o \cdot A_d(T_a)$ $\mu_o = 1,4 \frac{(N+9)}{(2N+12)}$	Presenta un nuevo mapa de zonificación sísmica con las zonas 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. $A_d(T_a)$ representa el espectro de diseño estipulado en estas normas para un factor de reducción de respuesta $R = 6$ . Para escuelas $\alpha = 1,30$ . $W_{norma} = CP + 0,5CV$ .
COVENIN, 2001		Es la norma vigente para edificaciones sismorresistentes. Representa una versión mejorada de la norma anterior las cuales se diferencian entre sí sólo en los parámetros que definen las formas espectrales. Para escuelas $\alpha = 1,30$ .

En la Tabla 2.1 se presentan expresiones para estimar el coeficiente sísmico nominal a nivel cedente ( $C_s$ ) y se describen las condiciones impuestas en cada norma para las distintas zonas sísmicas. En las normas previas a 1982, las expresiones de  $C_s$  de la Tabla 2.1 incorporan la corrección necesaria para llevar los materiales hasta el nivel de cedencia, tomando en cuenta que el diseño se hacía con el método de los esfuerzos admisibles. En la Tabla 2.1  $N$  corresponde al número de pisos del edificio. El valor del periodo fundamental ( $T_a$ ) requerido para determinar los valores de  $A_d(T_a)$  del espectro de diseño en las normas COVENIN (1982), COVENIN (1998a) y COVENIN (2001), se estimó a partir de la fórmula aproximada de la norma COVENIN (2001) para edificios aporricados de concreto reforzado.

La fuerza cortante ( $V_y$ ) necesaria para iniciar la cedencia en el sistema lineal representativo incorporando la sobrerresistencia, se estima a partir de:

$$V_y = \Omega_y \cdot C_s \cdot W_{norma} \quad (2.1)$$

donde  $\Omega_y$  es el factor de sobrerresistencia que conecta la fuerza nominal cedente a la fuerza real asociada con la cedencia global de la estructura (Figura 2.1),  $C_s$  está definido en la Tabla 2.1 y  $W_{norma}$  es el peso sísmico del edificio definido en la norma respectiva por la suma de la carga permanente (CP) y un porcentaje de la carga variable (CV) el cual varía de una norma a la otra (Tabla 2.1).

A efectos de normalizar la fuerza  $V_y$  en cada norma por el mismo valor del peso, se define el factor de corrección del peso ( $f_w$ ) a partir de:

$$f_w = \frac{W_{norma}}{W} \quad (2.2)$$

$$W = CP + 0,50 CV \quad (2.3)$$

$$W_{norma} = CP + \alpha_n CV \quad (2.4)$$

Donde  $W$  es el peso sísmico asociado a la norma COVENIN (2001) y  $\alpha_n$  es la fracción de carga variable considerada en cada norma y dada en la Tabla 2.1. A efectos de simplificar los cálculos se estima que  $CV=0,25(CP+CV)$  en todas las normas. Sustituyendo las Ecuaciones (2.3) y (2.4) en (2.2) y simplificando se obtiene la siguiente fórmula para el factor de corrección del peso ( $f_w$ ):

$$f_w = 1,1429 (0,75 + 0,25\alpha_n) \quad (2.5)$$

La Tabla 2.2 presenta los factores de corrección del peso para cada norma, los cuales varían entre 0,857 y 1,143.

**Tabla 2.2. Valores del factor de corrección del peso ( $f_w$ ).**

Número de piso ( $N$ )	Norma					
	1939	1947	1955	1967	1982	1998 y 2001
1	0,857					
2-4	1,143	1,00	0,857	0,929	0,929	1,00

Despejando  $W_{norma}$  de (2.2), sustituyendo en (2.1) y dividiendo entre  $W$  se obtiene la capacidad resistente a nivel cedente en forma adimensional:

$$\frac{V_y}{W} = \Omega_y \cdot C_s \cdot f_w \quad (2.6)$$

Para la capacidad resistente última se incorpora el factor de sobrerresistencia última ( $\Omega_u$ ) (Figura 2.1):

$$\frac{V_u}{W} = \Omega_u \cdot \frac{V_y}{W} \quad (2.7)$$

Los factores de sobrerresistencia cedente y última se adoptaron del rango de factores expuestos en (FEMA, 2003), donde se define una fuente de sobrerresistencia propiciada por el diseño ( $\Omega_d$ ), una debida a la sobrerresistencia de los materiales ( $\Omega_m$ ) y una sobrerresistencia debida a la redundancia del sistema estructural ( $\Omega_s$ ). A partir de éstos se definen los factores  $\Omega_y$  y  $\Omega_u$  como:

$$\Omega_y = \Omega_d \cdot \Omega_m \quad (2.8)$$

$$\Omega_u = \Omega_s \quad (2.9)$$

Los valores utilizados en este trabajo para los factores  $\Omega_y$  y  $\Omega_u$  se muestran en la Tabla 2.3; éstos corresponden a valores calibrados con la comparación con los daños observados en el terremoto de Cariaco de 1997 que se presenta más adelante, pero se encuentran dentro del rango sugerido por FEMA (2003) para pórticos de concreto con nivel de diseño especial, moderado y bajo, asociando de manera simplificada el nivel de diseño con las épocas indicadas en la Tabla 2.3. En la Figura 2.1, se muestran los parámetros de la representación bilineal adoptada en este trabajo para la curva de capacidad de los edificios escolares.

**Tabla 2.3. Valores adoptados de  $\Omega_y$  y  $\Omega_u$  para los periodos indicados.**

Antes de 1967		Entre 1967 y 1982		Después de 1982	
(Nivel de diseño bajo)		(Nivel de diseño medio)		(nivel de diseño especial)	
$\Omega_y$	$\Omega_u$	$\Omega_y$	$\Omega_u$	$\Omega_y$	$\Omega_u$
1,60	1,50	1,70	1,50	1,80	1,50

Se reconoce que la sobrerresistencia está asociada al nivel de diseño establecido en las normas para este fin. Una revisión detallada de la evolución de las normas de diseño para estructuras de concreto utilizadas en Venezuela puede consultarse en Grases et al (2004) y Hernández (2009). Con el fin de simplificar el número de combinaciones entre normas de diseño y normas sísmicas se definieron en la Tabla 2.3 dos periodos constructivos. La definición del periodo posterior a 1982, está asociado a la aparición de las normas para el diseño de edificaciones de concreto COVENIN 1753-81 (COVENIN, 1981) y para el diseño de edificaciones de acero COVENIN 1618-80 (COVENIN, 1980). Aunque se reconoce que estas normas en sus posteriores versiones COVENIN 1753-87 (COVENIN, 1987) y COVENIN 1618-98 (COVENIN, 1998b), incorporaron mayores exigencias sismorresistentes, se ha adoptado un mismo valor para efectos de estimar la sobrerresistencia.

2.3.2.- Desplazamientos Cedente y Último

El desplazamiento cedente ( $u_y$ ) en el último nivel de una estructura de pocos pisos, asociado a la fuerza cortante cedente en la base ( $V_y$ ), se puede determinar suponiendo que la respuesta dinámica está contenida en el modo fundamental (López, 2009):

$$u_y = \frac{\alpha_1 V_y}{\beta_1 W} g \left( \frac{T_e}{2\pi} \right)^2 \quad (2.10)$$

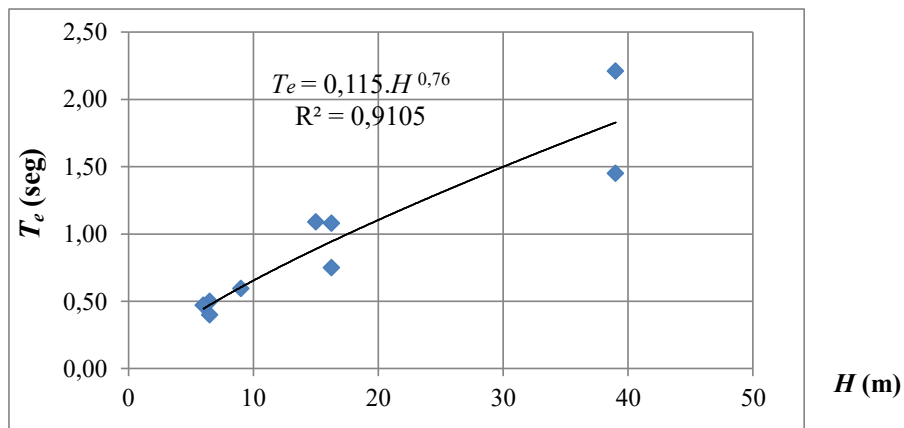
donde  $T_e$  es el periodo efectivo (FEMA, 2000),  $\alpha_1$  es el factor de participación del modo fundamental en el desplazamiento del último piso para el cual se adoptaron los valores de la Tabla 4, basados en (López y Cruz, 1996; FEMA, 2000). El parámetro  $\beta_1$  es la fracción de la masa del edificio contenida en el modo fundamental, la cual se adoptó igual al valor  $\mu_0$  dado por la Ecuación 2.11, definido de esta manera en la norma COVENIN (2001).  $V_y/W$  es la relación definida anteriormente (Ecuación 2.6) y  $g$  es la aceleración de la gravedad.

$$\beta_1 = \mu_0 = 1.4 \frac{(N+9)}{(2N+12)} \quad (2.11)$$

En la Tabla 2.4, se presentan los valores adoptados en este trabajo para los parámetros  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ , altura total del edificio ( $H$ ), periodo elástico ( $T_a$ ) y periodo efectivo ( $T_e$ ), correspondientes a las edificaciones con 1, 2, 3 y 4 niveles ( $N$ ).

**Tabla 2.4. Parámetros  $H$ ,  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ,  $T_a$  y  $T_e$  para edificaciones de  $N= 1$  a 4 pisos.**

$N$	$H(m)$	$\alpha_1$	$\beta_1$	$T_a$ (seg.)	Antes de 1982	Después de 1982
					$T_e$ (seg.)	$T_e$ (seg.)
1	3	1,00	1,00	0,16	0,34	0,27
2	6	1,15	0,96	0,27	0,58	0,45
3	9	1,20	0,93	0,36	0,79	0,61
4	12	1,25	0,91	0,45	0,99	0,76



**Figura 2.2. Relación entre el periodo efectivo y la altura del edificio (Tabla 2.4).**



Los valores adoptados para el periodo efectivo ( $T_e$ ) para edificios construidos después de 1982, provienen del ajuste de la Figura 2.2, el cual corresponde a los valores de periodo efectivo  $T_e$  definidos en los documentos que se resumen en la Tabla 2.5.  $T_e$  se ha aumentado un 30% para los edificios anteriores a 1982 (Tabla 2.4), acorde al aumento de exigencias tal como las dimensiones mínimas de las secciones de columnas requerida en las normas más recientes.

**Tabla 2.5. Valores del periodo efectivo  $T_e$  según distintos autores.**

Autor (referencia)	Tipo	Pisos	H(m)	$T_e$ (seg.)
HAZUS (FEMA-NIBS, 2009)	C1L (concreto)	2	6,50	0,40
HAZUS (FEMA-NIBS, 2009)	S1L (acero)	2	6,50	0,50
Barbat et al. (2008)	-	2	6,00*	0,47
Moreno (2006)	Concreto	3	9,00*	0,60
HAZUS (FEMA-NIBS, 2009)	C1M (concreto)	5	16,25	0,75
HAZUS (FEMA-NIBS, 2009)	S1M (acero)	5	16,25	1,08
Bonett (2003)	Concreto	5	15,00*	1,09
HAZUS (FEMA-NIBS, 2009)	C1M (concreto)	13	39,00	1,45
HAZUS (FEMA-NIBS, 2009)	S1M (acero)	13	39,00	2,21

\* Inferido.

El desplazamiento último ( $u_u$ ) en el tope de la estructura (Figura 2.1) se obtiene de:

$$u_u = \lambda \mu u_y \quad (2.12)$$

donde  $\mu$  es el factor de ductilidad nominal.

Los valores de  $\mu$  dados en la Tabla 2.6 son valores medios estimados a partir de una consulta a expertos (Anexo 2.2; Coronel, 2012) los cuales resultaron ser similares a los utilizados para el estudio de vulnerabilidad de la ciudad de Cumaná (Grases et al., 2004). Estos valores están asociados a la ocurrencia de daños que se encuentran entre leves y moderados y dependen del nivel de detallado sismorresistente utilizado. En la norma COVENIN 1756-01 (COVENIN, 2001) se admiten daños reparables para el sismo de diseño con probabilidad de excedencia de 10% en 50 años.

**Tabla 2.6. Valores medios del factor de ductilidad nominal  $\mu$  para distintas épocas.**

Antes de 1967	Entre 1967 y 1982	Entre 1982 y 1998 (ND3)	Después de 1998 (ND3)
2,0	3,0	4,0	4,5

Por otro lado, el factor  $\lambda$  permite llevar el desplazamiento hasta el estado último o de daño completo; en consecuencia el producto ( $\lambda \mu$ ) representa el factor de ductilidad última. En este trabajo a falta de valores analíticos o experimentales que permitan una mejor aproximación, se ha adoptado un valor de  $\lambda=3,0$  igual al valor de  $\lambda$  utilizado por HAZUS (Kircher et al., 1997 y

FEMA-NIBS, 2009). Un factor similar fue utilizado en Hernández (2009) para el estudio de edificaciones de Caracas.

Similar al caso de la sobrerresistencia, se definieron las cuatro épocas constructivas mostradas en la Tabla 2.6 con el fin de simplificar el número de combinaciones entre normas sísmicas y normas de diseño.

### 2.3.3.- Caso Particular de las Escuelas Rurales

Las Escuelas Rurales son aquellas construidas con sistemas Tipo “R” o similares (Ver Capítulo 4.13), de un sólo piso, donde la de estructura principal es de paredes de mampostería, bien sea estructuras con pequeños elementos confinantes de concreto reforzado (machones a menos de 4,0 metros de separación y vigas de corona) las cuales denominamos Mampostería Confinada o aquellas otras que no cumplen esta condición, con elementos de acero o simplemente bloques trabados que denominamos Mampostería No Confinada. A estas escuelas se les dará un trato especial reconociendo que usualmente no son diseñado con las normas de concreto o acero, que suelen ser más livianas que las estructuras diseñadas con las normas y se comportan como estructuras de mampostería debido a la gran rigidez y resistencia que aportan las paredes.

La resistencia media al cortante ( $V_r$ ) de una construcción de mampostería confinada se puede estimar a partir de (NTCM, 2004):

$$V_r = 0,50 V_m \cdot A_T + 0,30P \quad (2.13)$$

donde  $V_m$  es el esfuerzo resistente medio ( $\text{kg/cm}^2$ ) a compresión diagonal,  $A_T$  es el área total de la sección transversal del muro y  $P$  es la carga vertical total actuante sobre el muro.

Para mampostería no confinada se estima que  $V_r$  es aproximadamente un 60% del valor dado por la Ecuación 2.13 (NTCM, 2004).

Para efectos de este trabajo se adopta un valor de  $V_m = 2,5 \text{ kg/cm}^2$  el cual corresponde aproximadamente al valor medio último en (IMME, 2004) para bloques de arcilla.

Manteniendo el mismo criterio utilizado para las edificaciones diseñadas con las normas, se modifica la Ecuación 2.6 de la siguiente manera:

$$\frac{V_y}{W} = \Omega_y \cdot \frac{V_r}{W} \cdot f_w \quad (2.14)$$

Se estimó el peso  $W$  de una Escuela Rural típica (Figura 2.3) a partir de las características de estas edificaciones (FEDE, 2001), para la Mampostería Confinada se utilizó el peso de una estructura de concreto ( $\approx 12 \text{ Ton}$ ) y para la Mampostería No Confinada se utilizó el peso de una estructura de acero ( $\approx 3\text{Ton}$ ), se incorporó el peso de las columnas y paredes, luego se normalizó entre el área del techo  $A_p$  de  $140 \text{ m}^2$  aproximadamente y se determinó el peso normalizado por el área ( $W/A_p$ ) para un techo liviano de  $7 \text{ kg/m}^2$  y un techo pesado de  $200 \text{ kg/m}^2$  aproximadamente, esto condujo a los valores presentados en la Tabla 2.7.

Para la resistencia se consideró la dirección más corta con la presencia de tres (3) líneas resistentes de paredes de bloque de 15 centímetros de espesor y 5,90 metros de largo para un área total  $A_T = 26.550 \text{ cm}^2$ , se consideró despreciable el valor de la carga vertical  $P$  y para el caso de Mampostería Confinada se supone que existe un machón intermedio.

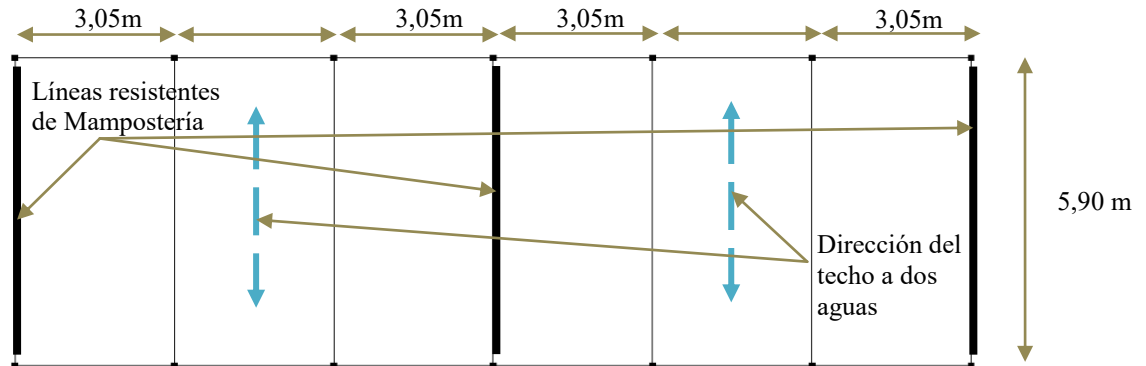


Figura 2.3. Esquema de planta típica de escuelas rurales.

Tabla 2.7. Valores utilizados para el cálculo de la resistencia cedente.

Tipo	Techo	$W/A_p$ ( $\text{kg/m}^2$ )	$V_m^*$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$V_r$ (kg)	$V_r/W$	$\Omega_y$	$\Omega_u$	$V_y/W$	$T_e$ (seg)	$\mu$	$\lambda$
Mampostería Confinada	Liviano	480	2,50	39.825	0,63	1,50	1,50	0,94	0,20	1,5	2,0
	Pesado	730		39.825	0,41			0,62			
Mampostería No Confinada	Liviano	400		23.895	0,45	1,10	1,00	0,50	0,20	1,0	2,0
	Pesado	650		23.895	0,28			0,31			

#### 2.4.- Estados de Daño

El daño físico (estructural) debido a terremotos es caracterizado en este trabajo a través de estados de daño discretos asociados a distintos niveles de desplazamiento de la estructura. Se implementan cinco estados de daño ( $i$ ), denominados: 0) Sin Daño Estructural, 1) Daño Leve, 2) Daño Moderado, 3) Daño Severo y 4) Daño Completo. El inicio de cada estado de daño está asociado a los desplazamientos  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $u_3$  y  $u_4$  respectivamente (Figura 2.4.a, Tabla 2.9), los cuales son función del desplazamiento cedente ( $u_y$ ) y último ( $u_u$ ) como se muestra en la Tabla 2.8:

Tabla 2.8. Desplazamientos asociados a cada límite de daño.

$i$	Límite de Daño	Estructura diseñada con norma	Estructura de Mampostería
1	Leve	$u_1 = 0,70 u_y$	$u_1 = 0,50 u_y$
2	Moderado	$u_2 = u_y$	$u_2 = 0,80 u_y$
3	Severo	$u_3 = u_y + 0,25(u_u - u_y)$	$u_3 = u_y + 0,25(u_u - u_y)$
4	Completo	$u_4 = u_u$	$u_4 = u_u$

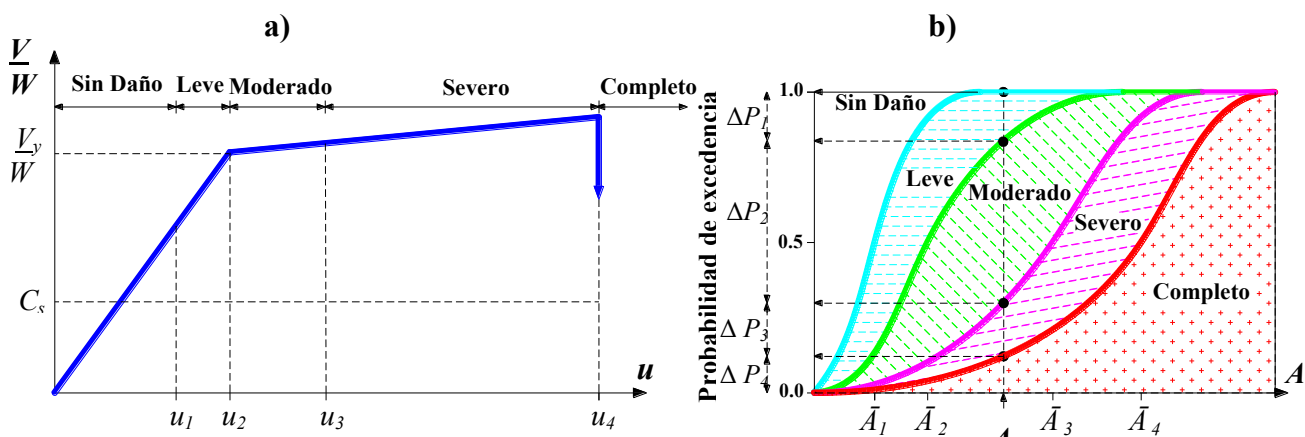


Figura 2.4. a) Límites de los estados de daños sobre la curva de capacidad;  
b) Curvas de fragilidad para cada estado de daño.

Tabla 2.9. Descripción de los estados de daño.

$i$	Estado de Daño	Descripción	Factor de pérdida $F_i$ (%)
0	Sin Daño Estructural	Sin daño estructural, con posible presencia de pequeños daños en componentes no estructurales.	0
1	Daño Leve	Presencia de pocas, localizadas y muy pequeñas grietas en elementos estructurales. Evidentes grietas en los elementos no estructurales, separación entre la tabiquería y los elementos.	2
2	Daño Moderado	Grietas evidentes en elementos estructurales con pérdida de recubrimiento en algunos casos. La mayoría de las paredes de tabiquería exhibe grandes grietas diagonales y horizontales y algunas pueden perder su estabilidad.	10
3	Daño Severo	Falla localizada de algunos elementos estructurales o sus conexiones sin pérdida de la estabilidad vertical del sistema. La mayoría de la tabiquería presenta grandes grietas y varias paredes pueden volcarse. La mayoría del mobiliario no anclado se ha volcado. La estructura presenta una deformación lateral permanente.	50
4	Daño Completo	Desplazamiento lateral excesivo. Pérdida de la estabilidad vertical. Representa el colapso parcial o total de la edificación.	100

Los límites utilizados para escuelas diseñadas con las normas fueron tomados de los propuestos inicialmente por Lagomarsino y Penna (2003) para su incorporación al proyecto de la comisión Europea (RISK UE, 2004) y han sido utilizados y discutidos en los trabajos de Bonett (2003), Giovinazzi et al. (2006) y Barbat et al. (2008) y se han presentado pequeñas variantes en Moreno (2006) y en Bermúdez et al. (2008). Estos estados de daños son descritos en la Tabla 2.9.

Para el caso de escuelas de mampostería de un sólo piso se propuso una reducción de los límites asociados al estado daño leve y moderado (Tabla 2.8) reconociendo que son más frágiles y mediante el cual se obtuvieron mejores resultados en la calibración del procedimiento que se presenta más adelante.

Se define el Factor de Pérdida ( $F_i$ ) como el porcentaje (%) del costo de la obra que se pierde durante el evento sísmico y que se puede correlacionar de manera aproximada con el estado de daño. En la Tabla 2.9 se muestran estos valores, para cada estado de daño, según la experiencia internacional (FEMA-NIBS, 2009; Hwang and Lin, 2002 y Blondet et al., 2005). El daño completo se interpreta como pérdida total.

## 2.5.- Demanda de Desplazamiento

Mediante el método de los coeficientes (FEMA, 2000; FEMA, 2005) se puede estimar la demanda de desplazamiento ( $u_d$ ) introducida por un sismo definido por un espectro elástico de aceleraciones  $S_a(T_e)$ , de la siguiente manera:

$$u_d = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a(T_e) \left( \frac{T_e}{2\pi} \right)^2 \quad (2.15)$$

Donde  $u_d$  es el desplazamiento en el último nivel de la estructura y  $S_a(T_e)$  es la aceleración espectral del sistema elástico equivalente de período efectivo  $T_e$  y amortiguamiento de 5%.

El coeficiente  $C_0$  es el factor de corrección que correlaciona el desplazamiento del último piso con el de un sistema de un grado de libertad, el cual es igual al factor  $\alpha_l$  definido anteriormente en la Tabla 2.4.  $C_1$  es el factor de corrección que correlaciona el máximo desplazamiento del sistema inelástico con el del sistema elástico. Este coeficiente es función de la intensidad del movimiento sísmico y está dado por:

$$C_1 = 1 + \frac{R-1}{b \cdot T_e^2} \quad R = \frac{S_a(T_e)/g}{V_y/W} \cdot C_m \quad (2.16 \text{ a,b})$$

donde  $R$  es el cociente entre la demanda elástica y la capacidad, en términos de la fuerza cortante basal a nivel cedente,  $b=130, 90$  y  $60$  para roca sana, suelo muy duro y suelo denso, respectivamente, y  $C_m$  es la fracción de la masa participativa en el modo fundamental para la cual adoptamos los valores de  $\mu_0$  dados por la Ecuación 2.11. Para  $T_e < 0,2s$ ,  $C_1$  se toma igual al valor que tiene para  $T_e=0,2$ . Para  $T_e > 1s$ ,  $C_1=1$ .

$C_2$  es el factor de corrección que representa el efecto de la degradación de rigidez y de resistencia y el estrangulamiento de las curvas fuerza-deformación.  $C_2$  es también función de la intensidad del sismo (incorporada en  $R$ ) y está dado por:

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left( \frac{R-1}{T_e} \right)^2 \quad (2.17)$$

Para  $T_e < 0,2s$ ,  $C_2$  se toma igual al valor que tiene para  $T_e=0,2$ . Para  $T_e > 0,7s$ ,  $C_2=1$ . Por último el coeficiente  $C_3$  es el factor de corrección para representar los efectos P- $\Delta$  dinámicos. Para los edificios escolares de no más de cuatro pisos, adoptaremos  $C_3=1$ .



## 2.6.- Curvas de Fragilidad Sísmica

Las curvas de fragilidad permiten representar en términos probabilísticos la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones y proporcionan la probabilidad de que la respuesta de una estructura alcance o exceda determinado límite asociado al daño, como función de un parámetro indicador de la intensidad sísmica (Coronel y López, 2012a).

A partir de la curva de capacidad de cada edificio se estima la curva de fragilidad para el límite de cada estado de daño. Para definir la curva de fragilidad se adoptó una distribución lognormal, la cual se expresa como:

$$P [d \geq i / A] = \Phi \left[ \frac{1}{\beta_{Ai}} \ln \left( \frac{A}{\bar{A}_i} \right) \right] \quad (2.18)$$

donde  $A$  es la aceleración horizontal del terreno dividida entre  $g$ , que llamamos aceleración normalizada, siendo  $g = 981 \text{ cm/seg}^2$ ,  $\bar{A}_i$  es su valor medio asociado al inicio del estado de daño ( $i=1$  a  $4$ ),  $\beta_{Ai}$  es la desviación estándar del  $\ln(A)$  para cada estado de daño,  $\Phi[.]$  es la función de distribución normal estándar acumulada y  $P[d \geq i/A]$  es la probabilidad de que el daño ( $d$ ) en la estructura alcance o supere el estado de daño ( $i$ ), condicionada a la ocurrencia de un valor de  $A$ .

En la Figura 2.4.b, se ejemplifican las cuatro curvas de fragilidad para cada estado de daño. Cada curva representa la probabilidad de alcanzar o exceder el estado de daño indicado en el área inferior a la curva. Para un valor fijo de  $A$ , la diferencia de ordenadas ( $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3$  y  $\Delta P_4$ ) entre las curvas representa la probabilidad de ocurrencia de cada estado de daño (1, 2, 3 y 4, respectivamente).  $\Delta P_0$ , no mostrada en la Figura 2.4.b por razones de escala, es la probabilidad de ocurrencia del estado "Sin Daño", la  $\sum \Delta P_i = 1$  para  $i=0$  hasta 4.

Los valores medios de la aceleración normalizada del terreno ( $\bar{A}_1, \bar{A}_2, \bar{A}_3$  y  $\bar{A}_4$ ) asociados al inicio de cada estado de daño se estiman a partir de los desplazamientos ( $u_1, u_2, u_3$  y  $u_4$ ) correspondientes. En la Ecuación 2.15 se fija el desplazamiento  $u_d$  igual a cada uno de los desplazamientos  $u_i$  de cada estado de daño ( $i$ ), se sustituye  $S_a(T_e)$  por la Ecuación 2.19 y se despeja la aceleración normalizada  $\bar{A}_i$ , dando origen a la Ecuación 2.20 (López, 2009).

$$S_a(T_e) = \bar{A}_i \cdot f(T_e) \cdot g \quad (2.19)$$

$$\bar{A}_i = \frac{u_i}{C_0 C_1(\bar{A}_i) C_2(\bar{A}_i) C_3 f(T_e) g \left( \frac{T_e}{2\pi} \right)^2} \quad (2.20)$$

El factor  $f(T_e)$  representa la forma espectral utilizada para caracterizar la respuesta sísmica. Esta puede variar de acuerdo a la información disponible y a lo que se desea representar, en algunos casos se utilizará la forma espectral de la norma COVENIN (2001), para Caracas se puede utilizar las formas espectrales provenientes del proyecto de microzonificación sísmica de (FUNVISIS, 2009) o para el caso de sismos particulares alguno de los espectros de las modernas relaciones de atenuación de la NGA: Abrahamson & Silva, 2008; Boore & Atkinson, 2008; Campbell & Bozorgnia, 2008; Chiou & Youngs, 2008; Idriss, 2008. Por otro

lado se observa que los coeficientes  $C_1(\bar{A}_i)$  y  $C_2(\bar{A}_i)$  dependen en algunos casos de  $\bar{A}_i$ , dando origen a una ecuación de característica no lineal, la cual es resuelta por métodos numéricos.

La desviación estándar  $\beta_{Ai}$ , asociada a los valores  $\bar{A}_i$  de cada estado de daño ( $i$ ), se estiman a partir de la experiencia nacional e internacional (Kircher et al., 1997; FEMA-NIBS, 2009; Bonet, 2003; Barbat et al., 2008; Marinilli, 2008 y Safina et al., 2008). En la Tabla 2.10, se presentan los valores de  $\beta_{Ai}$  adoptados para este trabajo.

**Tabla 2.10. Valores adoptados de  $\beta_{Ai}$  para cada estado de daño.**

Edificios	1) Leve	2) Moderado	3) Severo	4) Completo
Diseñado con Normas	0,40	0,45	0,50	0,60
Mampostería	0,50	0,55	0,60	0,70

## 2.7.- Índice de Pérdida y Daño Ponderado

Dado un evento sísmico caracterizado por una aceleración ( $A$ ) del terreno, la probabilidad de ocurrencia ( $\Delta P_i$ ) de un estado de daño ( $i$ ) se obtiene de la curva de fragilidad del edificio (Figura 2.4.b). Cada estado de daño tiene un factor de pérdida ( $F_i$ ) asociado al mismo (Tabla 2.9). El índice de pérdida ( $I_p$ ) de una edificación se define ponderando las probabilidades ( $\Delta P_i$ ) y los factores de pérdida ( $F_i$ ) para todos los estados de daño:

$$I_p = \sum_{i=0}^4 \Delta P_i \cdot F_i \quad (2.21)$$

El índice de pérdida representa la pérdida media esperada y adopta valores comprendidos entre 0% y 100%. El índice  $I_p$  permite una descripción cualitativa y cuantitativa de las pérdidas para efectos de comparar edificios y tomar decisiones hacia la prevención y reducción de los riesgos sísmicos. A título de ejemplo, la aplicación de la Ecuación (2.21) con las curvas de fragilidad de la Figura 2.4.b conduce a índices de pérdida  $I_p = 0,06, 0,19, 0,49$  y  $0,78$  para las aceleraciones  $\bar{A}_1, \bar{A}_2, \bar{A}_3$  y  $\bar{A}_4$ , respectivamente, indicativos de una pérdida Baja, Moderada, Alta y Muy Alta, respectivamente.

**Tabla 2.11. Definición del Daño Ponderado.**

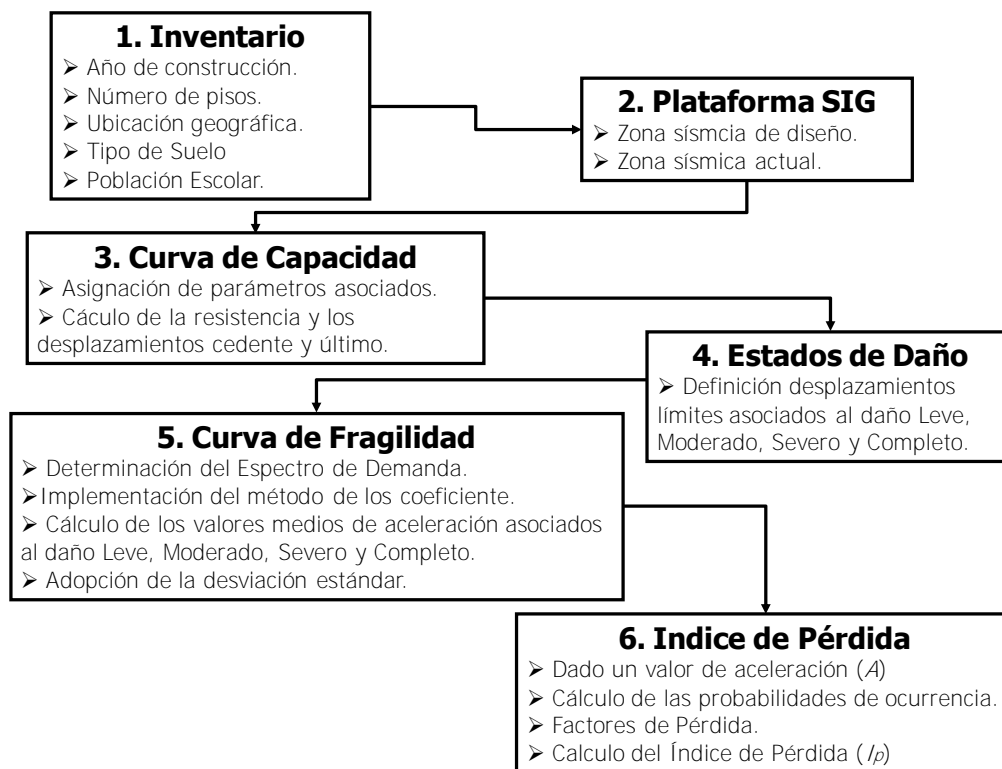
Daño Ponderado	Estado de Daño Asociado	Rangos de $I_p$
0	Sin Daño	0 – 2,5
1	Leve	2,5 – 10,5
2	Moderado	10,5 – 30,0
3	Severo	30,0 – 70,0
4	Completo	> 70,0

El valor de  $I_p$  permite representar un resultado discreto de cada edificación el cual denominamos daño ponderado. En la Tabla 2.11 se definen 5 tipos de daños ponderados asociados a rangos de valores del índice de pérdida. Esta representación discreta permite comparar posteriormente el daño ponderado, producto de aplicar esta metodología, con el

daño observado en varias escuelas durante el terremoto de Cariaco de 1997. Adicionalmente esta definición de daño ponderado facilita la interpretación de resultados expresados mediante mapas y gráficos.

## 2.8.- Implementación Computacional

La metodología antes planteada ha sido sistematizada mediante un programa computacional denominado CFSEV (Curvas de Fragilidad Sísmica para Escuelas de Venezuela) realizado bajo *Visual Basic 2008 Express Edition* (Microsoft Visual Studio, 2008). En la Figura 2.5 se muestra un esquema que resume la metodología planteada y los pasos seguidos para su programación (Coronel, 2012).



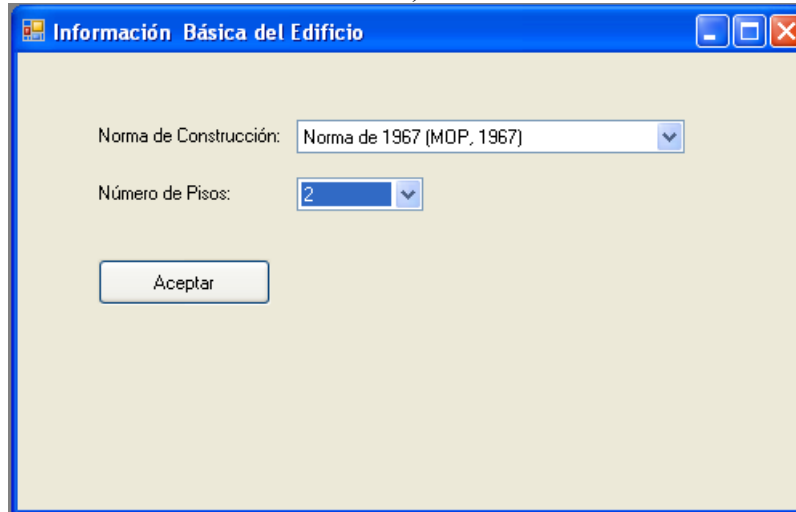
**Figura 2.5. Esquema resumen de la metodología.**

El programa contiene un ambiente visual de uso práctico mediante el cual se pueden modificar los parámetros presentes en el modelo, ajustándose así al criterio del usuario y facilitando la calibración de las curvas de fragilidad. En la Figura 2.6.a, se muestra la entrada de datos básicos (año de construcción y número de pisos) y en la Figura 2.6.b, el formulario para introducir los datos asociados a la norma. En este ejemplo se trata de un edificio a porticado de 2 pisos diseñado para la zona sísmica 3 de la norma del MOP (1967) en suelo de tipo aluvión.

El programa incorpora mediante formularios los desplazamiento asociados a cada estado de daño, el espectro de demanda el cual se puede seleccionar entre los espectros elástico de la

norma actual (COVENIN, 2001), los espectros de la microzonificación sísmica de Caracas y espectros particulares, así como la desviación estándar que se desea adoptar.

a)



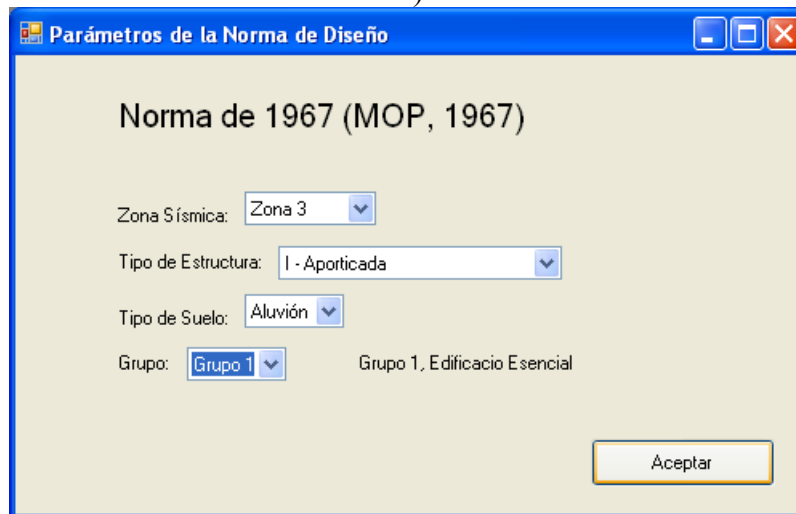
Información Básica del Edificio

Norma de Construcción: Norma de 1967 (MOP, 1967)

Número de Pisos: 2

Aceptar

b)



Parámetros de la Norma de Diseño

Norma de 1967 (MOP, 1967)

Zona Sísmica: Zona 3

Tipo de Estructura: I - Aporticada

Tipo de Suelo: Aluvión

Grupo: Grupo 1 Grupo 1, Edificio Esencial

Aceptar

**Figura 2.6. Ejemplo para un edificio de 2 pisos diseñado para la zona sísmica 3 de la norma MOP (1967): a) Entrada de datos básicos; b) Parámetros de la norma de diseño.**

En la Figura 2.7 se muestra el formulario de presentación de resultados del programa, donde se reportan los valores ingresados y los valores calculados, así como la representación gráfica de la curva de capacidad, las cuatro curvas de fragilidad para cada estado de daño y las probabilidades de excedencia y de ocurrencia de cada estado de daño para el valor de aceleración deseado, en este caso para  $0,40(g)$ .

En este ejemplo se obtiene que para un sismo que pueda ocasionar una aceleración de  $0,40g$  en donde se encuentra hipotéticamente esta escuela el  $I_p$  es de 61% lo cual corresponde según el procedimiento a un Daño Ponderado de 3 el cual está asociado al estado de Daño Severo; se observa que la probabilidad de ocurrencia del Daño Severo es  $\Delta P_3 = 0,565$  la cual es la más alta entre todas las probabilidades de ocurrencia de los otros niveles de daño.

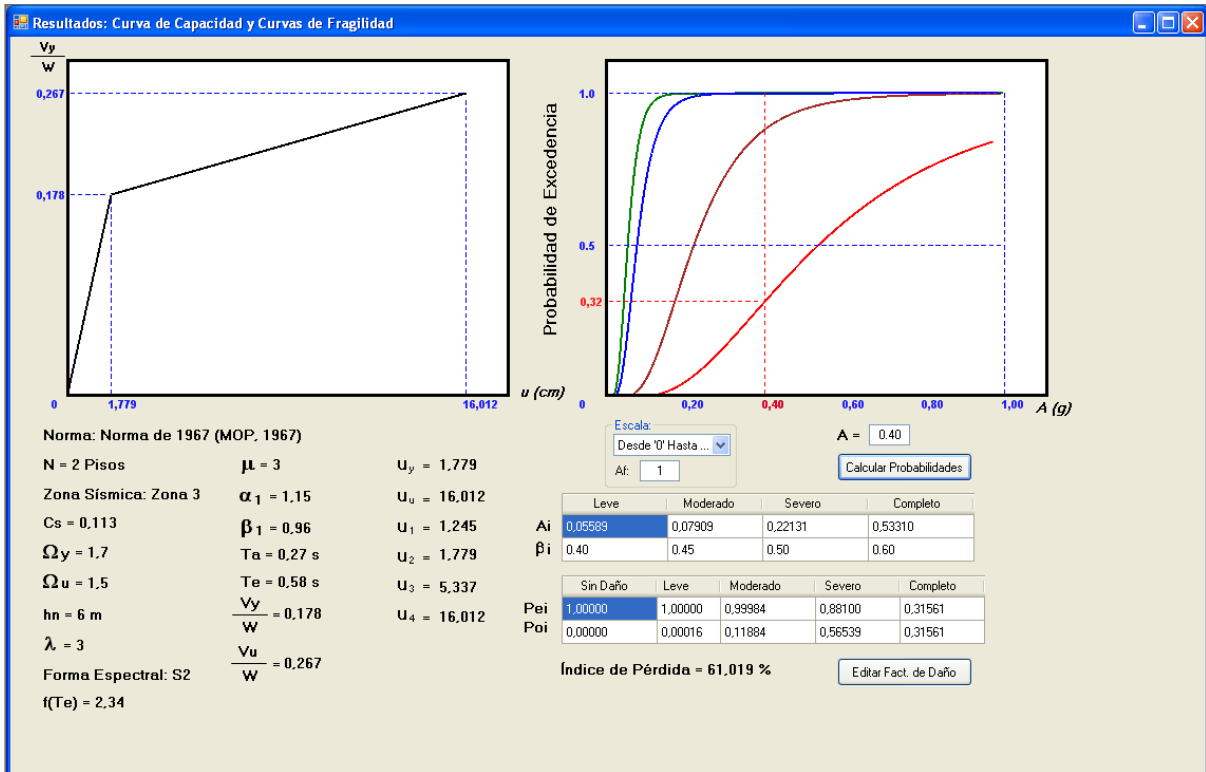


Figura 2.7. Formulario de representación de resultados del CFSEV.

## 2.9.- Comparación de Resultados

Para representar los resultados se le asigna a cada edificación un código que permite identificar la norma con la cual fue diseñado, la ubicación mediante la zona sísmica de la norma correspondiente y el número de pisos. En la Tabla 2.12 se ilustra el formato utilizado. A este código puede sumársele adicionalmente el tipo de suelo utilizado para el espectro de demanda según la norma COVENIN (2001), la cual presenta cuatro tipos S1, S2 y S3.

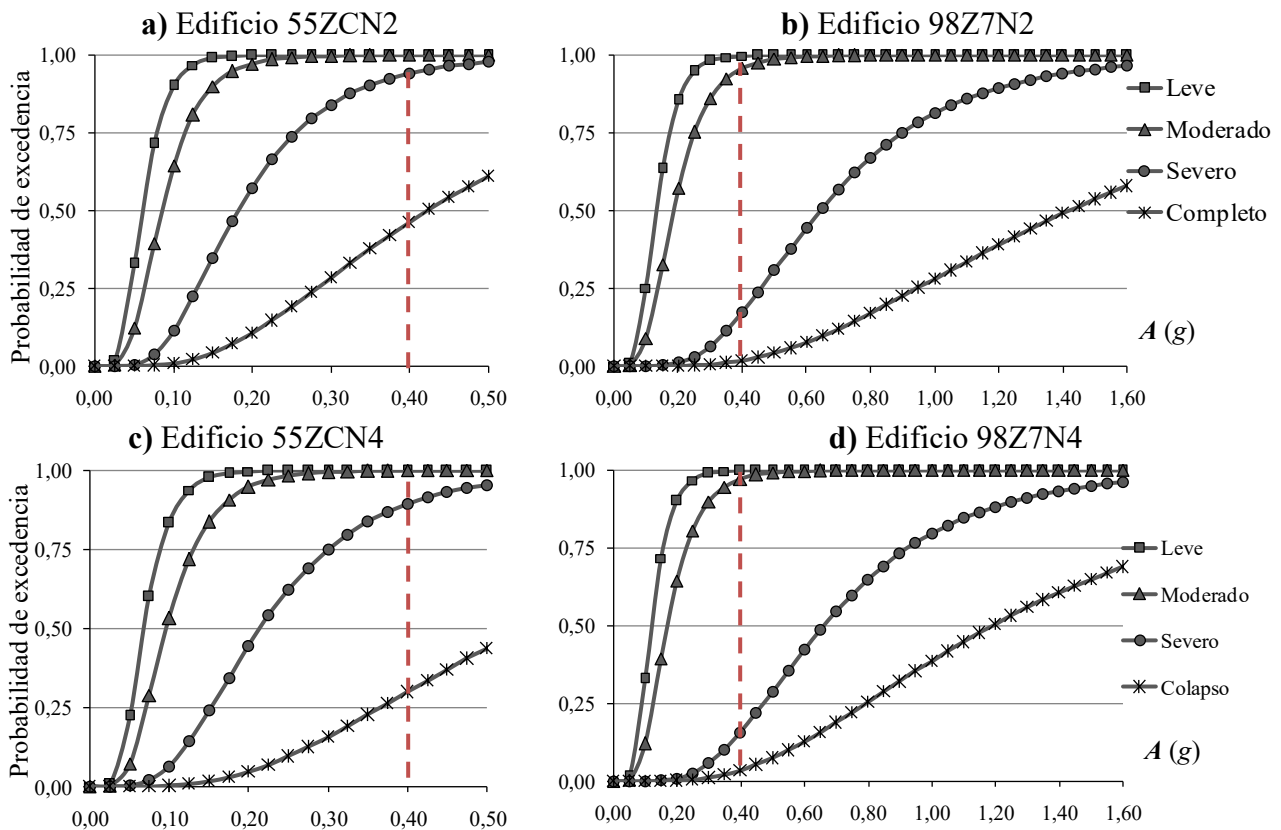
Tabla 2.12. Ejemplos de los códigos utilizados para identificar los edificios.

Código	Descripción
39Z1Nj	Diseñado con la norma MOP (1939), ubicado en la zona 1 (montañosa), de (Nj) pisos donde j=1, 2, 3 o 4.
47ZBNj	Diseñado con la norma MOP (1947), ubicado en la zona B (más severa), de (Nj) pisos de altura.
55ZCNj	Diseñado con la norma MOP (1955), ubicado en la zona C (más severa), de (Nj) pisos de altura.
67Z3Nj	Diseñado con la norma MOP (1967), ubicado en la zona 3 (más severa), de (Nj) pisos de altura.
82Z4Nj	Diseñado con la norma COVENIN (1982), ubicado en la zona 4 (más severa), de (Nj) pisos de altura.
98Z7Nj	Diseñado con la norma COVENIN (1998), ubicado en la zona 7 (más severa), de (Nj) pisos de altura.
01Z7Nj	Diseñado con la norma COVENIN (2001), ubicado en la zona 7 (más severa), de (Nj) pisos de altura.



### 2.9.1.- Ejemplos de Aplicación

En este ejemplo se suponen cuatro edificios escolares ubicados en la ciudad de Cumaná, Estado Sucre, aporticados de concreto reforzado, sobre un suelo caracterizado por el perfil S2 según COVENIN (2001), dos de ellos diseñados y construidos cumpliendo con lo exigido en la norma MOP (1955), uno de 2 y otro de 4 pisos y los otros dos diseñados y construidos con la norma COVENIN (2001), uno de 2 y otro de 4 pisos. El movimiento sísmico a considerar que actúa sobre los edificios está definido por el valor de la aceleración del terreno  $A$  y por la forma espectral dada en COVENIN (2001) para un suelo S2.



**Figura 2.8. Curvas de fragilidad para los cuatro estados de daño en cuatro edificios ubicados en Cumaná sobre un suelo tipo S2.**

Al aplicar la metodología antes expuesta se obtienen los resultados indicados en la Tabla 2.13 y las curvas de fragilidad que se muestran en la Figura 2.8.

Al comparar las Figura 2.8.a y 2.8.b, así como las Figuras 2.8.c y 2.8.d, se confirma que las edificaciones antiguas son relativamente más vulnerables que las modernas en términos de la probabilidad de alcanzar y exceder cada estado daño para un valor dado de aceleración  $A$ . Por otro lado al comparar las Figuras 2.8.a y 2.8.c y las Figuras 2.8.b y 2.8.d se nota una ligera reducción de la vulnerabilidad para daño completo al aumentar la altura de 2 a 4 pisos en los edificios diseñados con ambas normas.

**Tabla 2.13. Parámetros de la curva de capacidad y aceleraciones para el inicio de cada estado de daño en cuatro edificios escolares.**

Edificio	$N$	$V_y / W$	$T_e$ (seg)	$u_y$ (cm)	$u_u$ (cm)	$\bar{A}_1(g)$	$\bar{A}_2(g)$	$\bar{A}_3(g)$	$\bar{A}_4(g)$
55ZCN2	2	0,190	0,58	1,9	11,4	0,060	0,085	0,182	0,423
55ZCN4	4	0,145	0,99	4,9	29,1	0,068	0,096	0,214	0,550
01Z7N2	2	0,413	0,45	2,5	33,6	0,131	0,184	0,643	1,420
01Z7N4	4	0,332	0,76	6,5	88,4	0,119	0,169	0,661	1,909

Dado un valor de  $A= 0,40(g)$ , se obtienen las probabilidades de ocurrencia de cada estado de daño y los índices de pérdida que se muestran en la Tabla 2.14. Se aprecia un aumento de entre 3,7 y 4,1 veces del índice de pérdida en los edificios de 1955 con respecto a los de 2001.

**Tabla 2.14. Probabilidades de ocurrencia ( $\Delta P_i$ ) e índice de pérdida ( $I_p$ ) para  $A=0,40(g)$ .**

Edificio	$\Delta P_0$	$\Delta P_1$	$\Delta P_2$	$\Delta P_3$	$\Delta P_4$	$I_p$
55ZCN2	0,00000	0,00028	0,05793	0,48162	0,46017	70,7 %
55ZCN4	0,00000	0,00078	0,10486	0,59629	0,29806	60,7 %
01Z7N2	0,00264	0,04008	0,78623	0,15405	0,01700	17,3 %
01Z7N4	0,00126	0,02745	0,81504	0,15172	0,00453	16,2 %

Para las mismas condiciones de sitio del ejemplo anterior se muestran los resultados para las escuelas de mampostería en las Tablas 2.15 y 2.16. Se aprecia que las escuelas de mampostería no confinada con techo pesado son las más vulnerables, le siguen las de techo liviano las cuales son tan vulnerables como las escuelas diseñadas con la norma de 1955 (Tabla 2.14).

**Tabla 2.15. Parámetros de capacidad y fragilidad para escuelas de mampostería.**

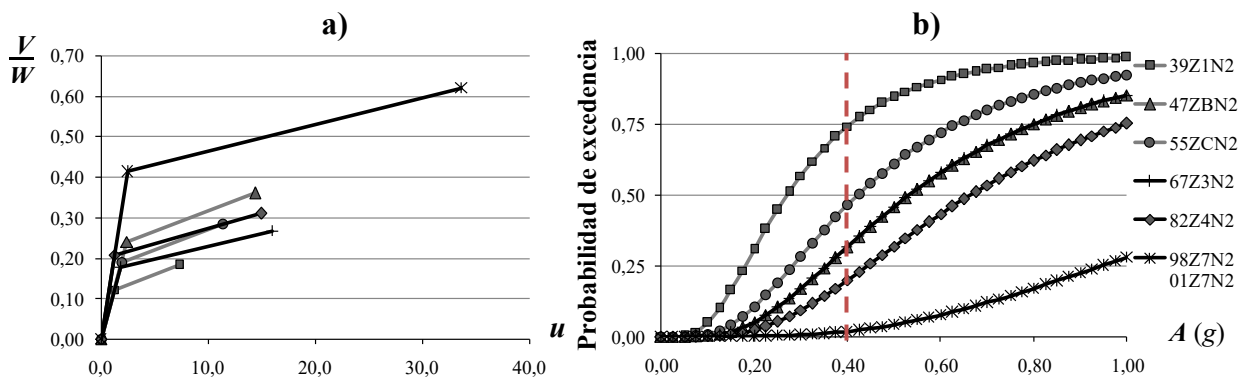
Tipo	Techo	$V_y / W$	$u_y$ (cm)	$u_u$ (cm)	$\bar{A}_1(g)$	$\bar{A}_2(g)$	$\bar{A}_3(g)$	$\bar{A}_4(g)$
Mampostería Confinada	Liviano	0,945	0.939	2,818	0,2283	0,3381	0,5487	0,8767
	Pesado	0,615	0.611	1.834	0.1486	0.2200	0.3571	0.5705
Mampostería No Confinada	Liviano	0,495	0.492	0.984	0.1196	0.1771	0.2511	0,3522
	Pesado	0,308	0.306	0.612	0.0744	0.1102	0.1562	0.2192

**Tabla 2.16. Probabilidades de ocurrencia ( $\Delta P_i$ ) e índice de pérdida ( $I_p$ ) para escuelas de mampostería para  $A=0,40(g)$  y perfil de suelo S2.**

Tipo	Techo	$\Delta P_0$	$\Delta P_1$	$\Delta P_2$	$\Delta P_3$	$\Delta P_4$	$I_p$
Mampostería Confinada	Liviano	0.13136	0.25073	0.31986	0.16882	0.12924	25,07%
	Pesado	0.02385	0.11622	0.28851	0.26640	0.30503	46.94%
Mampostería No Confinada	Liviano	0.00798	0.06146	0.15121	0.20793	0.57142	69,17%
	Pesado	0.00039	0.00925	0.04974	0.13828	0.80234	87,66%

### 2.9.2. Influencia de la Norma de Diseño y Construcción

Para observar la influencia del año de construcción del edificio sobre la estimación de daños, se presentan en las Figura 2.9.a las curvas de capacidad y en la Figura 2.9.b las curvas de fragilidad para el Estado de Daño Completo en edificaciones de dos pisos ubicadas en la ciudad de Cumaná bajo un suelo S2, diseñadas y construidas en los periodos correspondientes a cada norma. Se observa la influencia de la edad del edificio tanto en la capacidad como en la fragilidad estimada mediante la metodología expuesta.



**Figura 2.9. Edificaciones de 2 pisos ubicadas en Cumaná; a) Curvas de capacidad ( $u$  en centímetros); b) Curvas de fragilidad para el estado de Daño Completo.**

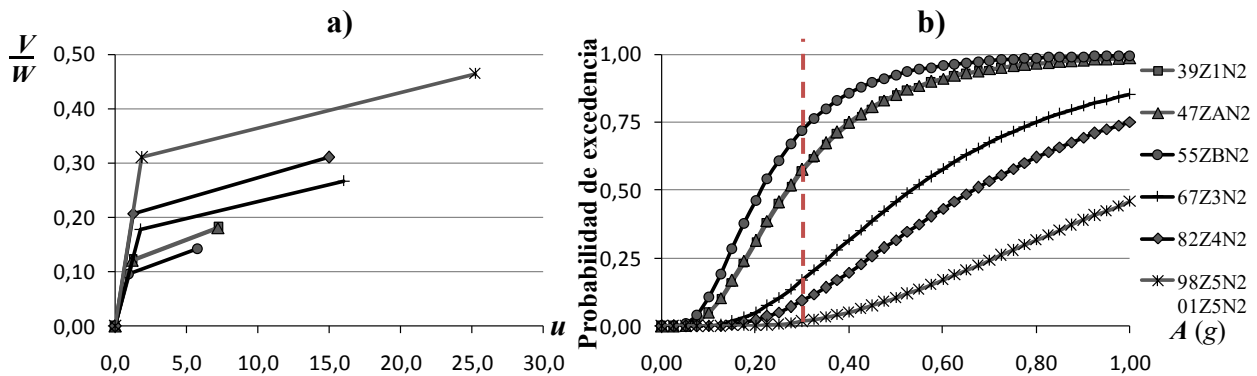
**Tabla 2.17. Probabilidad de ocurrencia para Daño Completo ( $\Delta P_4$ ) e Índice de Pérdida ( $I_p$ ) para  $A=0,40(g)$  en edificios diseñados para la Ciudad de Cumaná.**

Norma	1939	1947	1955	1967	1982	2001 (1998)
$\Delta P_4$	0,7422	0,3121	0,4602	0,3156	0,1976	0,0170
$I_p$ (%)	86,8	60,2	70,7	61,0	48,6	17,3

Por ejemplo, para  $A= 0,40g$ , valor de diseño estipulado en la norma actual para la ciudad de Cumaná, se obtienen probabilidades de exceder el Estado de Daño Completo que tienden a crecer con la antigüedad de la construcción, a excepción de la norma de 1947 (47ZBN2) con la

cual se obtiene valores menores que con la norma del 1955 (55ZCN2). En la Tabla 2.16 se muestran las probabilidades de ocurrencia y los índices de pérdida obtenidos.

En las Figuras 2.10.a y 2.10.b, se presenta un ejemplo similar al anterior pero para edificios ubicados en la Ciudad de Caracas y un suelo tipo S2. Aquí se puede notar la influencia de la ubicación del edificio en su vulnerabilidad sísmica bajo la hipótesis de cumplimiento de las normas. Se obtienen probabilidades de exceder el Estado de Daño Completo que tienden a crecer con la antigüedad de la construcción, con la excepción en este caso de la norma de 1955 (55ZBN2) con la cual se obtienen probabilidades más altas debido a que dicha norma exigía para Caracas menores fuerzas de diseño que las normas previas de 1947 y 1939.



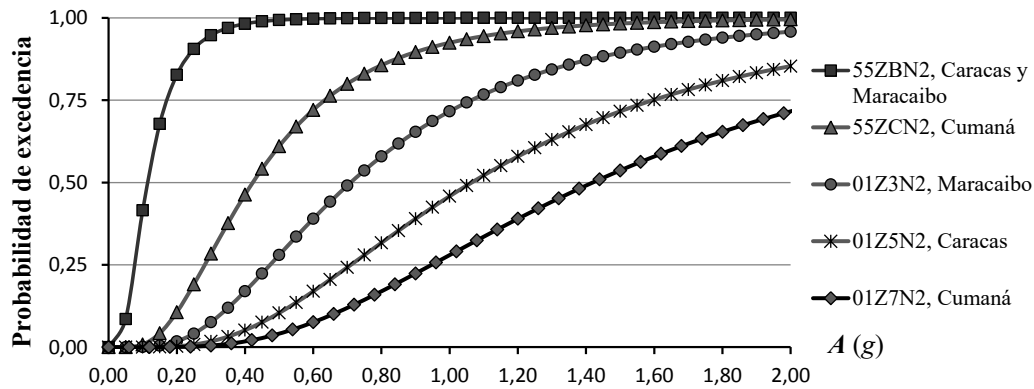
**Figura 2.10. Edificaciones de 2 pisos ubicadas en Caracas; a) Curvas de capacidad ( $u$  en centímetros); b) Curvas de fragilidad para el estado de Daño Completo.**

Dada una aceleración  $A=0,30g$ , valor de diseño estipulado en la norma actual para Caracas, los valores de la probabilidad de ocurrencia del Daño Completo ( $\Delta P_d$ ) y del Índice de Pérdida ( $I_p$ ) se muestran en la Tabla 2.17 para cada norma. Se observa que la probabilidad aumenta 33, 34, 42, 10 y 5 veces en edificios diseñados con las normas de 1939, 1947, 1955, 1967 y 1982, respectivamente, en relación a aquellos diseñados con la norma de 1998 (2001); los correspondientes índices de pérdida aumentan 4, 4, 5, 3 y 2 veces.

**Tabla 2.18. Probabilidad de ocurrencia para Daño Completo ( $\Delta P_d$ ) e Índice de Pérdida ( $I_p$ ) para  $A=0,30(g)$  en edificios diseñados para la Ciudad de Caracas.**

Norma	1939	1947	1955	1967	1982	2001 (1998)
$\Delta P_d$	0,5675	0,5754	0,7190	0,1685	0,0918	0,0170
$I_p$ (%)	77,2	77,6	85,6	47,4	34,7	17,3

En la Figura 2.11 se presentan las curvas de fragilidad para el Estado de Daño Completo de seis edificaciones de similares características, dos pisos, fundadas sobre un suelo tipo S2, tres de ellas diseñadas y construidas con la norma MOP (1955) y las tres restantes con la norma COVENIN (2001), diferenciándose entre sí por estar ubicadas en diferentes regiones de Venezuela (Cumaná, Caracas y Maracaibo).



**Figura 2.11. Curvas de fragilidad para Daño Completo para edificios diseñados y construidos en Cumaná, Caracas y Maracaibo con las normas de 1955 y 2001.**

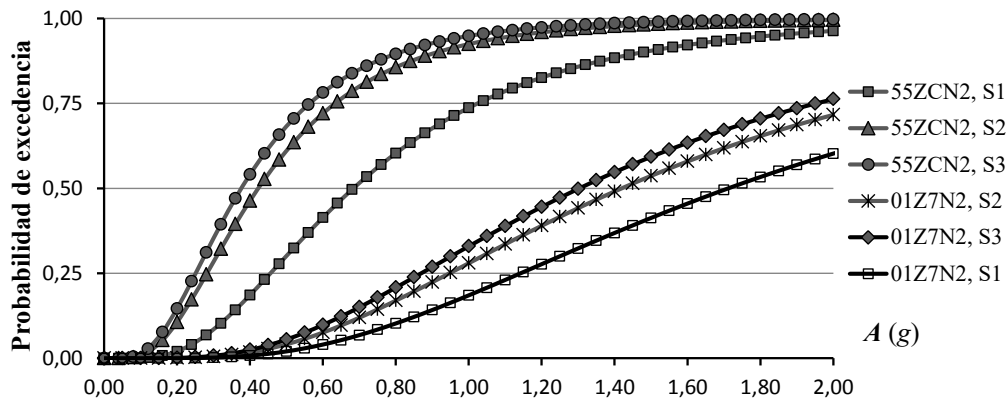
Condicionado a un valor fijo de  $A$ , se corrobora en la Figura 2.11 que son relativamente menos vulnerables las edificaciones construidas en zonas de muy alta amenaza como Cumaná que las construidas en zonas de alta y mediana amenaza como Caracas y Maracaibo, respectivamente. Esto es debido a que en las normas consideradas de 1955 y 1998 (2001) las fuerzas de diseño son mayores para Cumaná que para Caracas (Tabla 2.1). Para Maracaibo, estas fuerzas son menores que para Caracas en la norma de 2001 pero similares en la norma de 1955.

### 2.9.3.- Influencia del Tipo de Suelo

En la Figura 2.12 se presentan las curvas de fragilidad para el Estado de Daño Completo de seis edificaciones ubicadas en Cumaná, fundadas sobre suelos caracterizados como S1, S2 y S3 según COVENIN (2001). Los edificios son de similares características, de dos pisos, tres de ellos diseñados y construidos con la norma MOP (1955) en la cual no se contemplaba el tipo de suelo para el diseño, y los otros tres con la norma COVENIN (2001) tomando en cuenta la forma espectral correspondiente a cada tipo de suelo.

Se puede notar en la Figura 2.12 la influencia importante del tipo de suelo sobre las edificaciones antiguas diseñadas con la norma MOP (1955). Se obtiene que tienden a ser relativamente más vulnerables los edificios ubicados en suelos blandos (S3) que los ubicados en suelos densos (S2) y duros (S1). Como era de esperarse, el tipo de suelo tiene una menor influencia en la fragilidad de los edificios diseñados con la norma COVENIN (2001) dado que sus efectos son tomados directamente en consideración en el diseño.

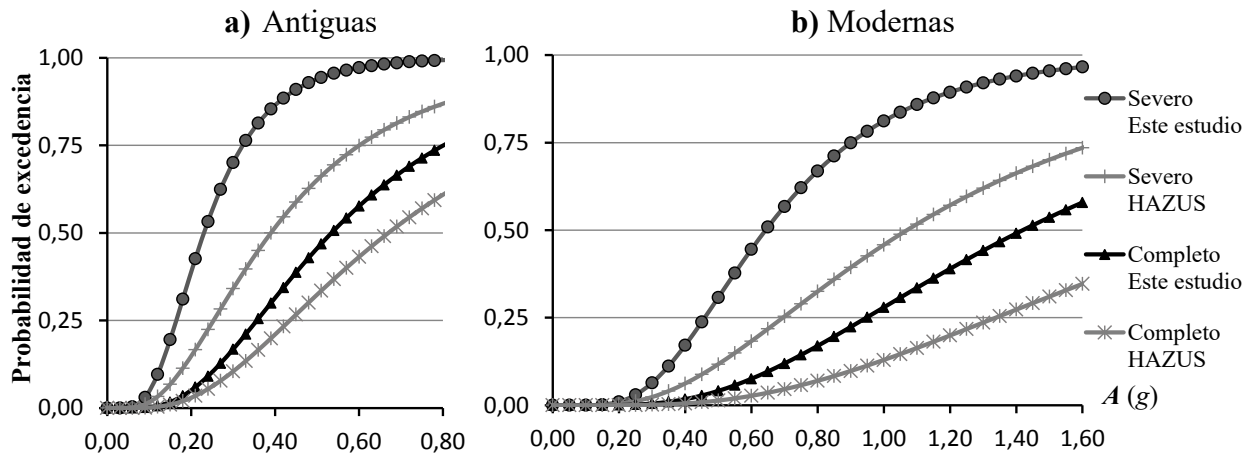




**Figura 2.12. Curvas de fragilidad para Daño Completo estimadas para edificios diseñados y construidos en Cumaná con las normas MOP (1955) y COVENIN (2001).**

2.9.4.- Comparación con HAZUS (FEMA-NIBS, 2009)

Se comparan a continuación las curvas de fragilidad para los estados de Daño Severo y Daño Completo desarrolladas en este trabajo para edificios de 2 pisos, con las curvas implementadas en el sistema HAZUS (FEMA-NIBS, 2009) para edificios bajos (1-3 pisos), aperticados, de concreto reforzado (CL1) (FEMA-NIBS, 2009). En la Figura 2.13.a se comparan los edificios venezolanos antiguos diseñados con la norma de 1947 con las respectivas de HAZUS para un nivel de diseño bajo. En la Figura 2.13.b se comparan las curvas para edificios venezolanos modernos diseñados con la norma de 1998 (2001) con las respectivas de HAZUS para un nivel de diseño alto.



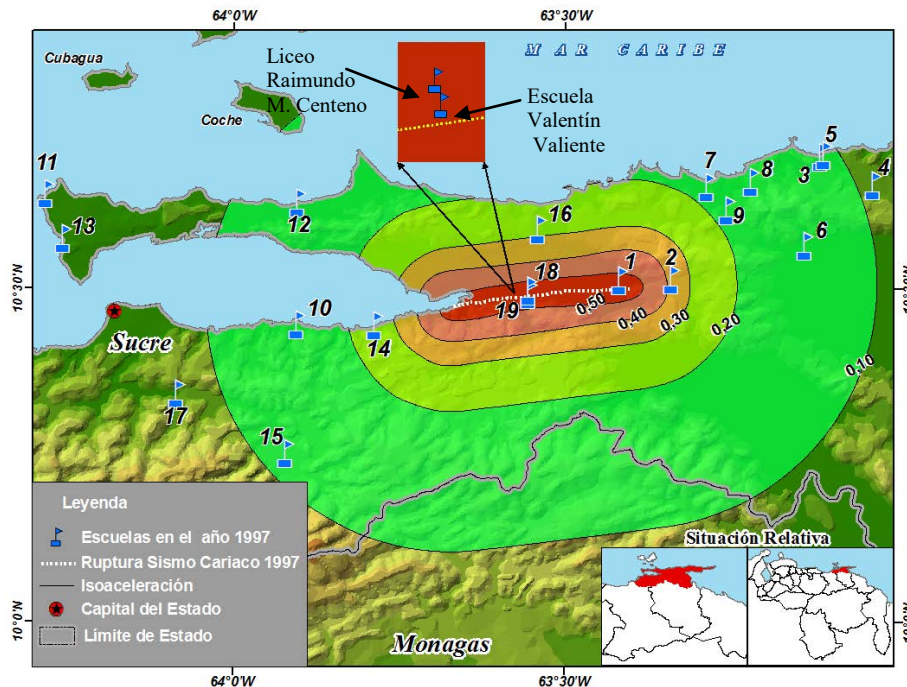
**Figura 2.13. Comparación de las curvas fragilidad para Daño Severo y Daño Completo: a) 47ZBN2 vs HAZUS (nivel de diseño bajo); b) 98Z7N2 vs HAZUS (nivel de diseño alto).**

Para el estado de Daño Severo, las curvas de este estudio indican una mayor vulnerabilidad que la obtenida con la metodología HAZUS; las medianas de la aceleración del terreno son aproximadamente un 45% mayores en HAZUS. Las diferencias entre ambos métodos se reducen para el estado de Daño Completo en el caso de escuelas antiguas, observándose

todavía una ligera mayor vulnerabilidad con la metodología de este estudio respecto a la de HAZUS.

### 2.9.5.- Evaluación de Edificios Escolares en el Sismo de Cariaco de 1997

Se seleccionaron 19 escuelas existentes para el año 1997 en el Estado Sucre, de las cuales se contó con información de su ubicación georeferenciada, características estructurales básicas, daño observado y en la mayoría de ellas las características de suelo a partir de los información recopilada como se comentó en el Capítulo 1 de este informe (FEDE, 1997; Alonso y Figuera, 1997; De Santis, 1997). Estas 19 escuelas son expuestas al evento sísmico que representa una simulación del terremoto de Cariaco de 1997 caracterizado por una magnitud ( $M_w = 6,9$ ) una profundidad focal de 10 km, con ruptura superficial de aproximadamente 30 kilómetros. Se realizó una aproximación lineal a la ruptura tomando en cuenta la geometría reportada por Audemard (2006).



**Figura 2.14. Distribución espacial de la muestra de 19 escuelas presentes en Sucre en momentos del sismo de Cariaco de 1997.**

En la Figura 2.14 se presenta la distribución espacial de las 19 escuelas seleccionadas y las curvas de isoaceleración desarrolladas utilizando la relación de atenuación de Abrahamson & Silva (1997). Se observa que tanto la Escuela Valentín Valiente (N° 18) como el Liceo Raimundo Martínez Centeno (N° 19) se encuentran en una zona con aceleraciones cercanas a 0,50g lo cual se corresponde con el valor de 0,53g reportado en (López et al., 2007).

Para la evaluación que sigue a continuación se han utilizado las más modernas relaciones de atenuación disponibles a nivel internacional, las denominadas *Next Generation Attenuation* (NGA) las cuales incorporan parámetros más detallados para distintas características del suelo (Abrahamson & Silva, 2008; Boore & Atkinson, 2008; Campbell & Bozorgnia, 2008; Chiou & Youngs, 2008; Idriss, 2008).

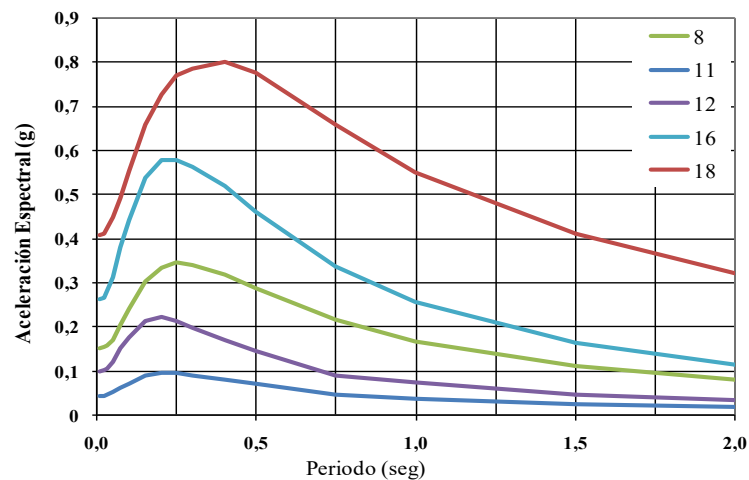
Para el uso de las relaciones de atenuación NGA se asoció de forma simplificada en la Tabla 2.19, la clasificación de la norma nacional (COVENIN 2001) con los valores de velocidad promedio de la onda de corte en los primeros 30 metros ( $V_{s30}$ ) y la profundidad de sedimentos hasta la roca  $Z_{1,0}$  y  $Z_{2,5}$  definidas éstas como las profundidades a la que se alcanzan velocidades de onda de corte de 1,0 y 2,5 km/seg, respectivamente. En este trabajo se supone que ambas profundidades son iguales, a efectos de simplificar el procedimiento.

**Tabla 2.19. Parámetros medios asociados a cada perfil de suelo de la norma COVENIN (2001).**

Perfil de Suelo	$V_{s30}$	$Z_{1,0} = Z_{2,5}$
S1	760	0
S2	325	100
S3	200	200

Se utilizó el Sistema de Información Geográfica para determinar la distancia ( $R_{rup}$ ) a la traza de ruptura superficial a la que se encontraba cada escuela y con ella se calculó la media de las aceleración máxima del terreno ( $A_j$ ) y la media de la forma espectral obtenidas de promediar las cinco relaciones de atenuación de la NGA para el sismo de Cariaco. En la Figura 2.15 se muestran los resultados para el caso particular de las escuelas 8, 11, 12, 16 y 18. La escuela número 18 corresponde al Liceo Raimundo Martínez Centeno; se puede notar que la media de valores de los NGA conlleva a aceleraciones algo menores que las estimadas previamente con las relaciones de atenuación de la anterior generación (Figura 2.14).

En la Tabla 2.20 se presentan las características de las 19 escuelas seleccionadas: Los parámetros de la curva de capacidad, el tipo de suelo, la distancia  $R_{rup}$  y la demanda en términos de aceleración del terreno ( $A_j$ ) y valor de forma espectral,  $f(T_e)$ .



Escuela	Suelo	$R_{rup}$ (km)	$A_j$ (g)
8	S3	26,10	0,15
11	S1	69,45	0,04
12	S1	30,50	0,10
16	S2	10,81	0,26
18	S3	0,47	0,41

**Figura 2.15. Formas espectrales promedio de las NGA para las escuelas 8, 11, 12, 16 y 18.**

**Tabla 2.20. Identificación de las 19 escuelas y sus parámetros de capacidad y demanda.**

Núm	Nombre	Código	$C_s$	$V_y/W$	$T_e$	$u_y$ (cm)	$u_u$ (cm)	Suelo	$R_{rup}$ (km)	$A_f(g)$	$f(T_e)$
1	U.E. José María Carrera	67Z3N3-S3	0,113	0,178	0,79	3,6	32,0	S3	0,81	0,40	1,572
2	Escuela Río Casanay	MCTL-S3	0,630	0,945	0,20	0,9	2,8	S3	6,76	0,30	1,989
3	U.E. Juan Pablo Rojas Paúl	47ZAN2-S2	0,075	0,120	0,27	1,2	7,2	S2	37,71	0,11	1,397
4	U.E. Chacaracual	55ZCN2-S2	0,138	0,190	0,58	1,9	11,4	S2	43,20	0,09	1,408
5	U.E. Carlos Francisco Grisanti	55ZCN2-S2	0,138	0,190	0,58	1,9	11,4	S2	38,38	0,10	1,398
6	U.E. Miguel Sánchez Pesquera	55ZCN2-S2	0,138	0,190	0,58	1,9	11,4	S2	29,40	0,13	1,386
7	Unidad Educativa Playa Grande	82Z4N2-S2	0,124	0,207	0,45	1,2	15,0	S2	20,43	0,18	1,750
8	U.E. Eustaquia Soledad Luiggi	47ZAN2-S3	0,075	0,120	0,58	1,2	7,2	S3	26,10	0,15	1,565
9	E.B. Santa Catalina	67Z3N3-S3	0,113	0,178	0,79	3,6	32,0	S3	19,96	0,18	1,593
10	U.E. Jesús A. Marcano	67Z3N3-S2	0,113	0,178	0,79	3,6	32,0	S2	25,53	0,15	1,191
11	E.B. Dr. Luis Napoleón Blanco	MNCTL-S1	0,450	0,495	0,20	0,5	1,0	S1	69,45	0,04	2,201
12	E.B. Nuestra Señora Del Rosario	MNCTL-S1	0,450	0,495	0,20	0,5	1,0	S1	30,50	0,10	2,240
13	U.E. Salvador Córdoba	67Z3N3-S1	0,090	0,142	0,79	2,8	25,6	S1	64,94	0,05	1,121
14	U.E. Francisco Alemán Parra	82Z4N3-S1	0,118	0,197	0,61	2,4	28,2	S1	12,95	0,21	0,967
15	E.B. Diego De Vallenilla	67Z3N3-S2	0,113	0,178	0,79	3,6	32,0	S2	36,52	0,11	1,250
16	U.E. Pedro Camejo	MCTL-S2	0,630	0,945	0,20	0,9	2,8	S2	10,81	0,26	2,192
17	E.B. Antonio Lemus Pérez	67Z3N3-S1	0,090	0,142	0,79	2,8	25,6	S1	47,58	0,09	1,250
18	Escuela Valentín Valiente	55ZCN2-S3	0,138	0,190	0,58	1,9	11,4	S3	0,47	0,41	1,705
19	Liceo Raimundo Martínez Centeno	67Z3N3-S3	0,113	0,178	0,79	3,6	32,0	S3	0,81	0,40	1,572

En la Tabla 2.21 se muestran los parámetros de las curvas de fragilidad, las probabilidades de ocurrencia de cada estado de daño para las aceleraciones estimadas en cada escuela, el índice de pérdida y el Daño Ponderado obtenido. También se muestran el Daño Observado obtenido de la interpretación de los informes de inspección recopilados (FEDE, 1997; Alonso y Figuera, 1997; De Santis, 1997). Se define  $\Delta d$  por la diferencia entre el daño ponderado y el daño observado.

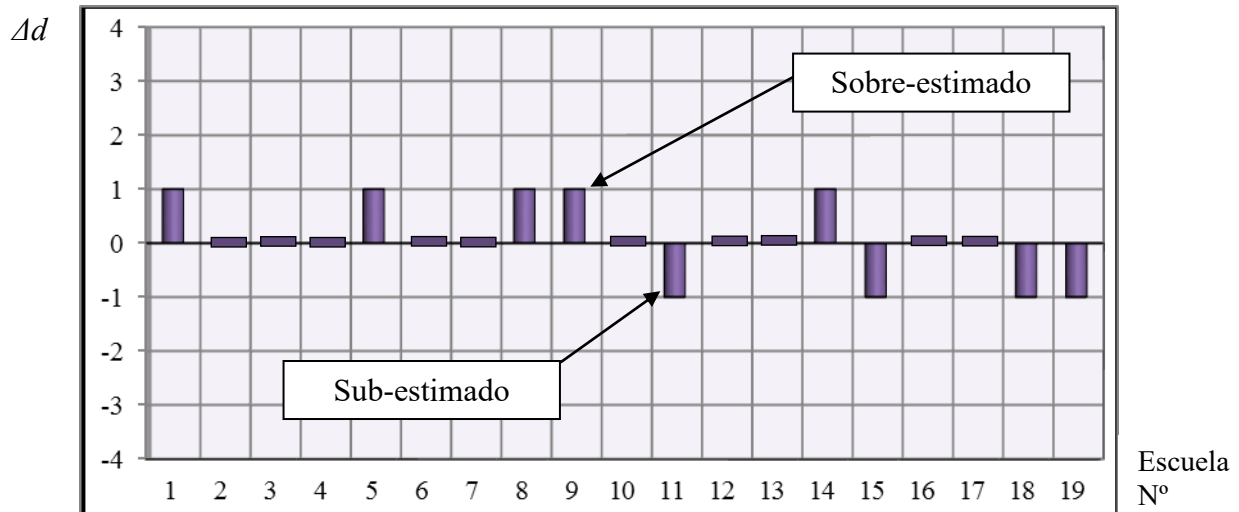
$$\Delta d = \text{Daño Ponderado} - \text{Daño Observado} \quad (2.22)$$

**Tabla 2.21. Parámetros de la fragilidad, probabilidades de ocurrencia de daño, Índice de Pérdida y comparación entre el daño ponderado y el observado.**

Num	$\bar{A}_1(g)$	$\bar{A}_2(g)$	$\bar{A}_3(g)$	$\bar{A}_4(g)$	$\Delta P_0$	$\Delta P_1$	$\Delta P_2$	$\Delta P_3$	$\Delta P_4$	$I_p$	Daño Ponderado	Daño Observado	$\Delta d$
1	0,09	0,12	0,35	0,93	0,00006	0,00409	0,38559	0,53099	0,07927	38,3	3	2	1
2	0,28	0,40	0,63	0,96	0,46017	0,24867	0,18181	0,06189	0,04746	10,2	1	1	0
3	0,06	0,09	0,19	0,45	0,08379	0,24256	0,54441	0,11960	0,00964	12,9	2	2	0
4	0,10	0,14	0,30	0,70	0,59871	0,24021	0,15354	0,00725	0,00030	2,4	0	0	0
5	0,10	0,14	0,31	0,71	0,50000	0,28230	0,20515	0,01201	0,00054	3,3	1	0	1
6	0,10	0,14	0,31	0,71	0,26435	0,31882	0,37502	0,03956	0,00226	6,6	1	1	0
7	0,09	0,12	0,40	0,89	0,03593	0,16452	0,74475	0,05101	0,00379	10,7	2	2	0
8	0,06	0,08	0,17	0,38	0,00755	0,07321	0,51795	0,34309	0,05821	28,3	2	1	1
9	0,08	0,12	0,34	0,92	0,03005	0,15401	0,71741	0,09526	0,00326	12,6	2	1	1
10	0,11	0,16	0,47	1,28	0,23885	0,32077	0,42878	0,01143	0,00017	5,5	1	1	0
11	0,12	0,19	0,27	0,39	0,98745	0,00999	0,00184	0,00000	0,00013	0,1	0	1	-1
12	0,12	0,18	0,27	0,38	0,64431	0,22003	0,08412	0,02412	0,02743	5,2	1	1	0
13	0,10	0,14	0,40	1,13	0,94845	0,03868	0,01286	0,00002	0,00000	0,2	0	0	0
14	0,15	0,22	0,08	1,90	0,22065	0,31918	0,45537	0,00468	0,00012	5,4	1	0	1
15	0,11	0,15	0,44	1,22	0,48006	0,29029	0,22701	0,00261	0,00003	2,9	1	2	-1
16	0,24	0,36	0,59	0,94	0,45224	0,27351	0,18734	0,05329	0,03362	8,4	1	1	0
17	0,09	0,12	0,36	1,01	0,45620	0,29870	0,24229	0,00277	0,00003	3,1	1	1	0
18	0,08	0,12	0,25	0,56	0,00003	0,00252	0,15131	0,54111	0,30503	59,1	3	4	-1
19	0,09	0,12	0,35	0,93	0,00006	0,00409	0,38559	0,53099	0,07927	38,3	3	4	-1

Los resultados mostrados en la Tabla 2.21 y graficados en la Figura 2.16 resaltan que de las 19 escuelas evaluadas el estado de Daño Ponderado de 10 de ellas coincide con el Daño Observado lo que representa el 53% aproximadamente, mientras que el modelo sobre-estima el daño en 5 escuelas (26%) y lo sub-estima en 4 escuelas de la muestra (21%), siendo éste el resultado más balanceado y con una pequeña tendencia a sobre estimar. Se puede apreciar que todas las escuelas que resultaron sobre-estimadas o sub-estimadas se encuentran sin embargo con una diferencia de daño  $\Delta d$  no mayor a uno. Conviene mencionar que estos resultados fueron obtenidos luego de realizar algunos ajustes a los valores de la sobrerresistencia cedente y de las desviaciones estándar del modelo, pero los valores resultantes de dichos parámetros se mantienen dentro de los rangos propuestos en FEMA (2003) tal como se indica en las Tablas 2.3 y 2.10.





**Figura 2.16. Diferencia entre el Daño Ponderado y el Daño Observado en una muestra de escuelas afectadas por el terremoto de Cariaco de 1997.**

Cabe destacar que la Escuela Valentín Valiente y el Liceo Raimundo Martínez Centeno, identificados por los números 18 y 19 respectivamente en las Tablas 2.20 y 2.21, resultaron estar subestimadas por el modelo el cual estima como más probable el daño Severo siendo en la realidad que ambas escuelas colapsaron. Sin embargo se puede notar en la Tabla 2.21 que para la Valentín Valiente existe una probabilidad de ocurrencia del daño completo de 30,5% y en el Raimundo Martínez Centeno de 9,5%, con lo cual se pone de manifiesto que el modelo probabilístico reconoce en cierta medida la posibilidad del colapso.

## 2.10.- Pérdidas Sociales y Económicas

Se asocian las pérdidas sociales al número de víctimas humanas clasificadas como Pérdidas Heridos Leves ( $P_{HL}$ ), Heridos Graves ( $P_{HG}$ ) y Fallecidos o Muertos ( $P_{FM}$ ). Estas pérdidas se calculan ponderando las probabilidades de ocurrencia para cada estado de daño con factores de pérdidas sociales ( $F_{HL}$ ,  $F_{HG}$  y  $F_{FM}$ ) como se muestra en las Ecuaciones 2.23, 2.24 y 2.25 e incorporando la población escolar ( $P_{esc}$ ) y un factor de ocupación ( $F_{ocu}$ ):

$$P_{HL} = P_{esc} F_{ocu} \cdot \sum_{i=0}^4 P_i \cdot F_{HL} \quad (2.23)$$

$$P_{HG} = P_{esc} F_{ocu} \cdot \sum_{i=0}^4 P_i \cdot F_{HG} \quad (2.24)$$

$$P_{FM} = P_{esc} F_{ocu} \cdot \sum_{i=0}^4 P_i \cdot F_{FM} \quad (2.25)$$

Para estimar las pérdidas sociales se adoptaron factores de pérdidas sociales ( $F_{HL}$ ,  $F_{HG}$  y  $F_{FM}$ ) con base en los propuestos en el ATC-13 (ATC, 1985) que han sido internacionalmente adoptados (Tabla 2.22). Los factores finalmente adoptados para este trabajo se muestran en la Tabla 2.23.

**Tabla 2.22. Factores de pérdidas sociales (heridos y fallecidos) para distintos estados de daño (tomado y procesado del ATC-13 (ATC, 1985)).**

Estado de daño	Factor de pérdida %	Factores de Pérdidas Sociales					
		Heridos Leves ( $F_{HL}$ )		Heridos Graves ( $F_{HG}$ )		Fallecidos o Muertos ( $F_{FM}$ )	
		Fracción	%	Fracción	%	Fracción	%
1	0,0		0		0		0
2	0,5	3 / 100000	0,003	1 / 250000	0,0004	1 / 1000000	0,0001
3	5,0	3 / 10000	0,03	1 / 25000	0,004	1 / 100000	0,001
4	20,0	3 / 1000	0,3	1 / 2000	0,05	1 / 10000	0,01
5	45,0	3 / 100	3	1 / 250	0,4	1 / 1000	0,1
6	80,0	3 / 10	30	1 / 25	4	1 / 100	1
7	100,0	2 / 5	40	2 / 5	40	1 / 5	20

**Tabla 2.23. Factores de pérdidas sociales (heridos y fallecidos) adoptados para cada estado de daño de este trabajo.**

Estado de daño	Factor de pérdida %	Factores de Pérdidas Sociales		
		Heridos Leves ( $F_{HL}$ )	Heridos Graves ( $F_{HG}$ )	Fallecidos o Muertos ( $F_{FM}$ )
		%	%	%
S/D	0	0	0	0
Leve	2	0,012	0,002	0,0005
Moderado	10	0,12	0,03	0,005
Severo	50	5,0	0,5	0,1
Completo	100	40	40	20

La población escolar ( $P_{esc}$ ) fue recopilada mediante el Registro Escolar Nacional 2007-2008 como se presentó en el Capítulo 1 y el factor de ocupación ( $F_{ocu}$ ) se asocia a la hora y época del año escolar en la que ocurra el terremoto.

Las Pérdidas Económicas Directas ( $P_{ECO}$ ) causadas por un terremoto particular son estimadas en bolívares a partir de la Ecuación 2.26:

$$P_{ECO} = A_c C_{uni} I_p \quad (2.26)$$

$$A_c = P_{esc} I_{ocu} \quad (2.26)$$

donde a partir de la población escolar ( $P_{esc}$ ) y un índice de ocupación nominal ( $I_{ocu}$ ) en  $m^2$ /persona, se estima el área total de construcción ( $A_c$ ) de una escuela, ya que el inventario de edificaciones no contempla este dato. El área es multiplicada por el costo unitario de construcción  $C_{uni}$  estimado en (Bs/ $m^2$ ) para estimar el costo total y luego por el índice de pérdida de cada escuela calculado para ese terremoto particular. Para el  $I_{ocu}$  se ha adoptado un valor de 3  $m^2$ /persona para zonas urbanas y 4  $m^2$ /persona para zonas rurales.

## 2.11.- Niveles de Riesgo Sísmico

Se definen cinco niveles de riesgo sísmico (Muy Bajo, Bajo, Moderado, Alto y Muy Alto) asociado a los rangos del índice de pérdida ( $I_p$ ) correspondiente al sismo de diseño con probabilidad de ocurrencia de 10% en 50 años o periodo medio de retorno de 475 años aproximadamente. Para determinar  $I_p$  en este caso se determinan las  $P_i$  de cada estado de daño ( $i$ ) a partir de las curvas de fragilidad para el valor de aceleración máxima del terreno ( $A_o$ ), correspondiente a la ubicación de cada escuela determinada simplificada a partir de un mapa de zonificación asociado a cierta probabilidad de ocurrencia o periodo de retorno, para ello se utiliza el Sistemas de Información Geográfica en el cual se han incorporado los mapas de zonificación sísmica. En la Tabla 2.23 se presentan los criterios utilizados para definir los niveles de riesgo (Coronel et al., 2010b, Coronel, 2012).

**Tabla 2.24. Definición de niveles de riesgo sísmico.**

Riesgo Ponderado	Nivel de Riesgo	$I_p$ (%)
0	Muy bajo	< 2,5
1	Bajo	2,5 – 10,5
2	Moderado	10,5 – 30,0
3	Alto	30,0 – 70,0
4	Muy alto	> 70,0

El resultado de niveles de riesgo sísmico está orientado a la priorización de edificaciones, ya que permite hacer comparaciones relativas asociadas a un evento sísmico con similar probabilidad de ocurrencia. Así mismo este resultado sirve de apoyo en la gestión del riesgo sísmico y la toma de decisiones.

## 2.12.- RiSEV: Herramienta para la Evaluación de Escenarios Sísmicos Basada en SIG

Para la estimación de daños, pérdidas y niveles de riesgo sísmico en las escuelas de Venezuela con base en el procedimiento antes descrito, se ha desarrollado una herramienta computacional en forma integrada dentro de la plataforma del Sistema de Información Geográfica (SIG) conocido como ArcGIS 9.2 (ESRI, 2009) a partir de la programación en el entorno del *Visual Basic Application* propio del sistema, la cual hemos llamado RiSEV referente a “Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela”.

En la Figura 2.17, se observa en forma general la planificación y organización de la herramienta desarrollada (Coronel et al., 2010a; Coronel, 2012).

Una primera fase de entrada de datos o pre-proceso está fundamentada en una interfaz gráfica compuesta de un menú principal (Figura 2.18, 2.19a y 2.19b) y de ventanas dentro del sistema mediante las cuales se puede manejar el inventario de edificios, seleccionar y modificar los parámetros propios de la metodología tanto de la amenaza (Figura 2.19a) como de la vulnerabilidad (Figura 2.19b).

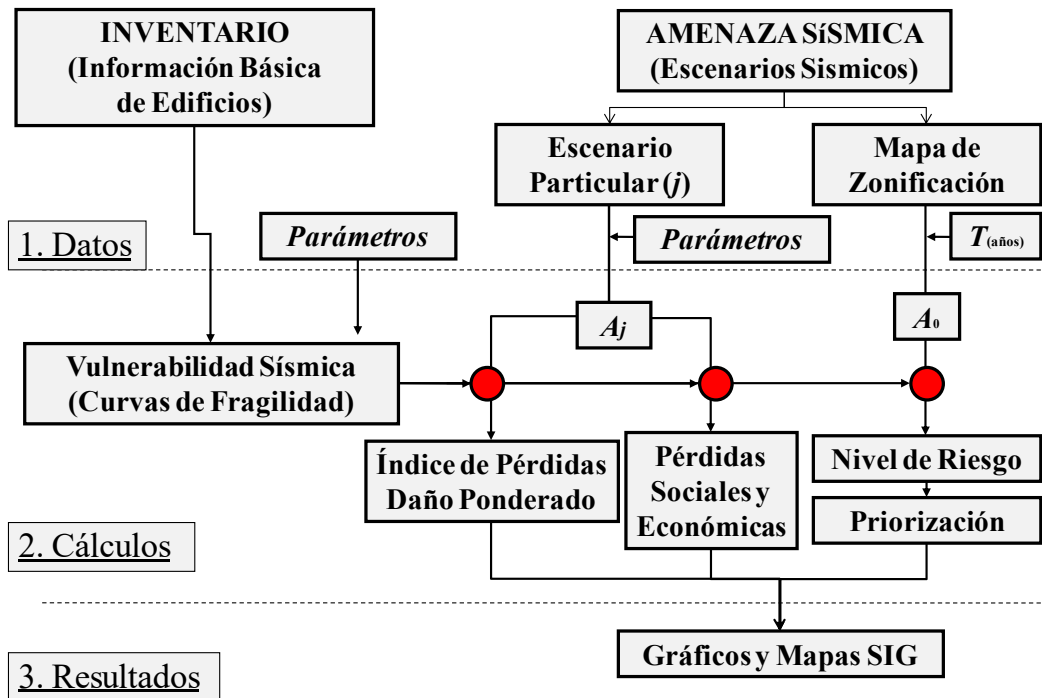


Figura 2.17. Esquema general de desarrollo de la herramienta RiSEV.

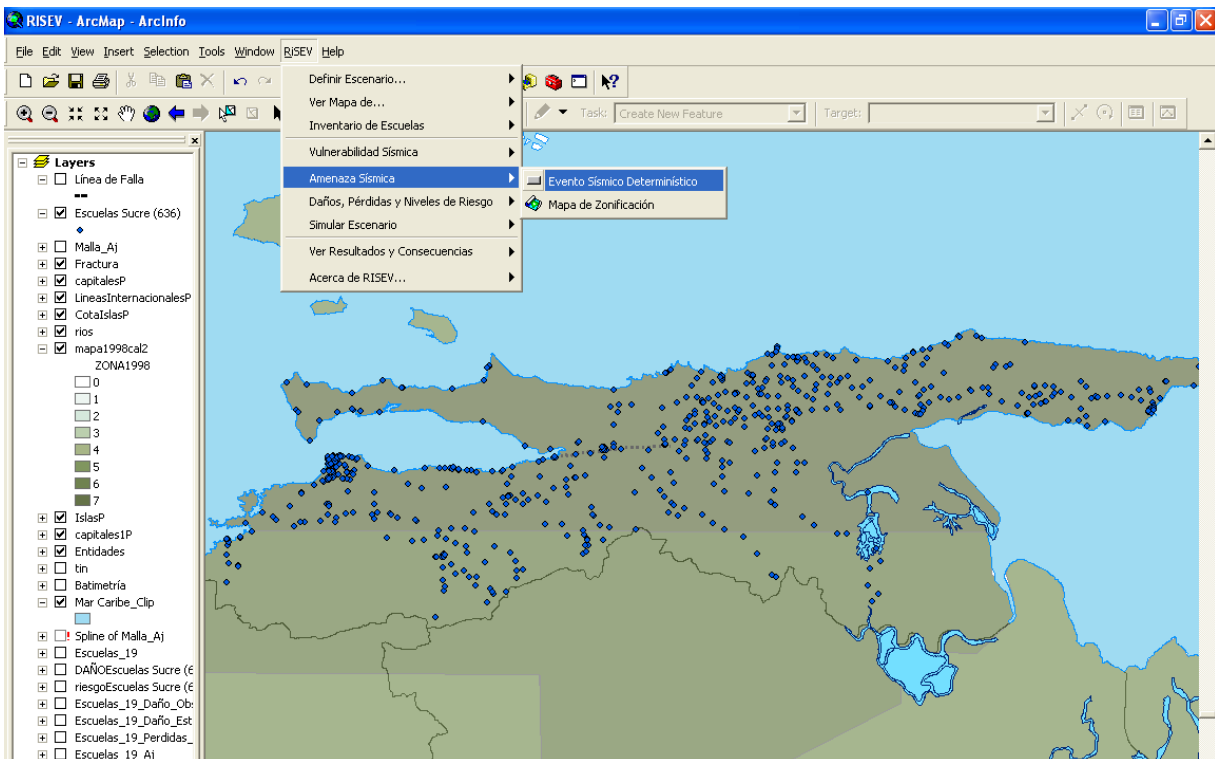
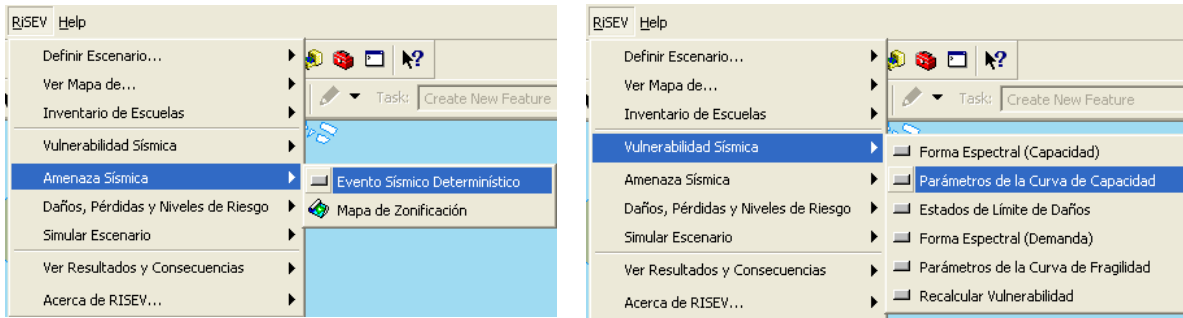


Figura 2.18. Entorno de trabajo y menú principal de la herramienta computacional.

a)

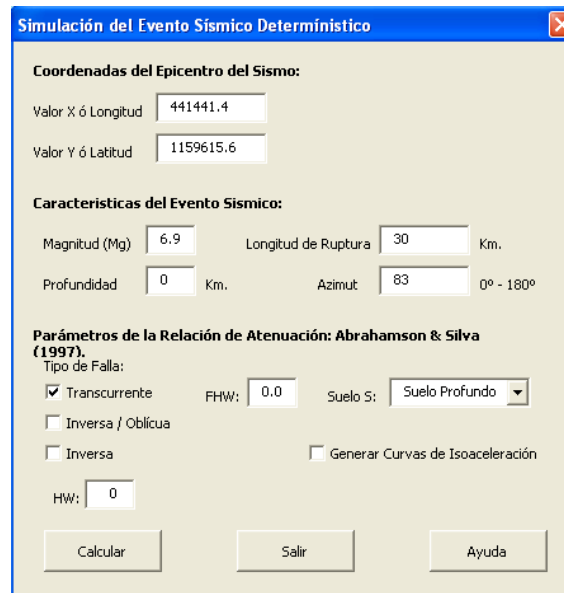
b)



**Figura 2.19. Menú Principal: a) Amenaza Sísmica; b) Vulnerabilidad Sísmica.**

La segunda fase de cálculo o proceso está dividida en tres aspectos: amenaza, vulnerabilidad y consecuencias.

Para la amenaza se deben definir los parámetros propios de los eventos sísmicos tales como la magnitud, coordenadas de ubicación del epicentro o punto medio de la ruptura, longitud de ruptura, profundidad focal, características locales, entre otros (Figura 2.20). Mediante distintos módulos de programación se dibuja la traza de la ruptura, se determinan las distancias de cada escuela a la ruptura, se estiman las aceleraciones en cada sitio y se calculan curvas de isoaceleración.

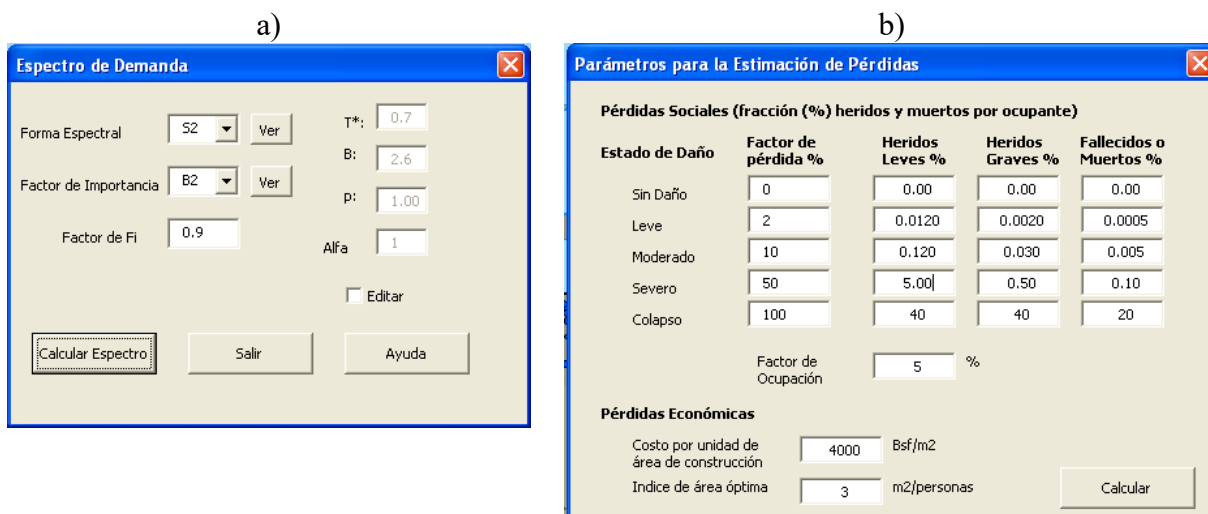


**Figura 2.20. Simulación de un evento sísmico particular.**

Para la vulnerabilidad se deben definir los parámetros necesarios para la capacidad y el espectro de demanda (Figura 2.21a), entre otros, mediante los cuales se determinan las curvas de capacidad y las curvas de fragilidad de cada edificación.

A partir de la aceleración en cada escuela y las curvas de fragilidad se estiman las probabilidades de ocurrencia de cada estado de daño. Posteriormente de acuerdo al escenario definido se determinan índices de pérdida, daños ponderados, pérdidas sociales y económicas o niveles de riesgo sísmico. Un ejemplo de datos asociados a pérdidas sociales se muestra en la Figura 2.21b.





**Figura 2.21. Manejo de parámetros: a) Espectro de demanda; b) Pérdidas sociales y económicas**

Cada sub-proceso de cálculo ha sido programado mediante módulos que permiten un mejor manejo de la información que es manejada mediante bases de datos y representada en mapas temáticos mediante el SIG.

Finalmente se tiene una tercera fase de resultados o post-proceso en la cual se representan los resultados obtenidos a través de mapas temáticos y gráficos (Coronel et al., 2010a; Coronel, 2012). En el Anexo 2.4 se presenta con más detalle la herramienta RiSEV desarrollada como parte de este proyecto.

### 2.13.- Escenarios Sísmicos para 636 Escuelas del Estado Sucre

Se evalúa sobre una muestra de 636 escuelas del Estado Sucre los efectos de dos escenarios sísmicos: i) un evento sísmico determinístico que representa una simulación del terremoto de Cariaco de 1997, cuyas características fueron descritas anteriormente, y; ii) el sismo de diseño con probabilidad de ocurrencia de 10% en 50 años o período medio de retorno de 475 años aproximadamente, para el cual se utilizó el mapa de zonificación sísmica de la norma con coeficiente de aceleración  $A_0$  de 0,35g y 0,40g para las zonas 6 y 7 respectivamente. Para el primero de ellos se determinan daños y pérdidas sociales y económicas y para el segundo niveles de riesgo sísmico (Coronel y López, 2012b).

#### 2.13.1.- Aceleraciones para el Terremoto de Cariaco de 1997.

El escenario del terremoto de Cariaco de 1997 de magnitud  $M_w=6,9$ , da origen a aceleraciones del terreno en suelo levemente mayores a 0,50g en las zonas cercanas. Se ha supuesto una distribución homogénea de suelo para todo el escenario al no poseer información más detallada. Al implementar relaciones de atenuación (Abrahamson & Silva, 1997) se obtiene una distribución de aceleraciones uniforme entorno a la ruptura superficial como se observa en la Figura 2.22.

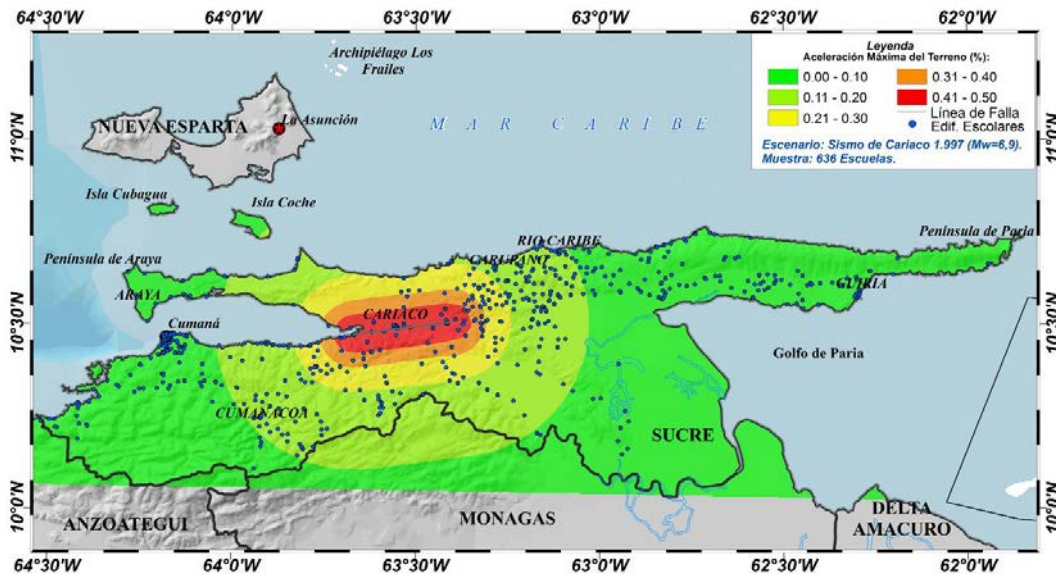


Figura 2.22. Distribución Espacial de las Aceleraciones Máximas del Terreno para el Sismo de Cariaco de 1997.

### 2.13.2.- Índices de Pérdida: Terremoto de Cariaco 1997

Para el escenario planteado se determinaron los índices de pérdida mediante la aplicación de la herramienta RiSEV. En la Figura 2.23 se presenta la distribución espacial del  $I_p$  mediante una representación puntal con cinco rangos: a) de 0 y 20%; b) entre 21 y 40%; c) 41 y 60%; d) 61 y 80% y; e) mayores a 80%. Se encontró para cada rango los siguientes porcentajes de escuelas respecto al total: a) 71,1%; b) 10,8%; c) 5,0%; d) 4,7% y; e) solo un 0,3%. Otra representación de este resultado se muestra en la Figura 2.24 haciendo uso de las herramientas del SIG. Se observan zonas de colores que permiten identificar los lugares de concentración de los  $I_p$  más altos. Esta distribución espacial es útil para la planificación.

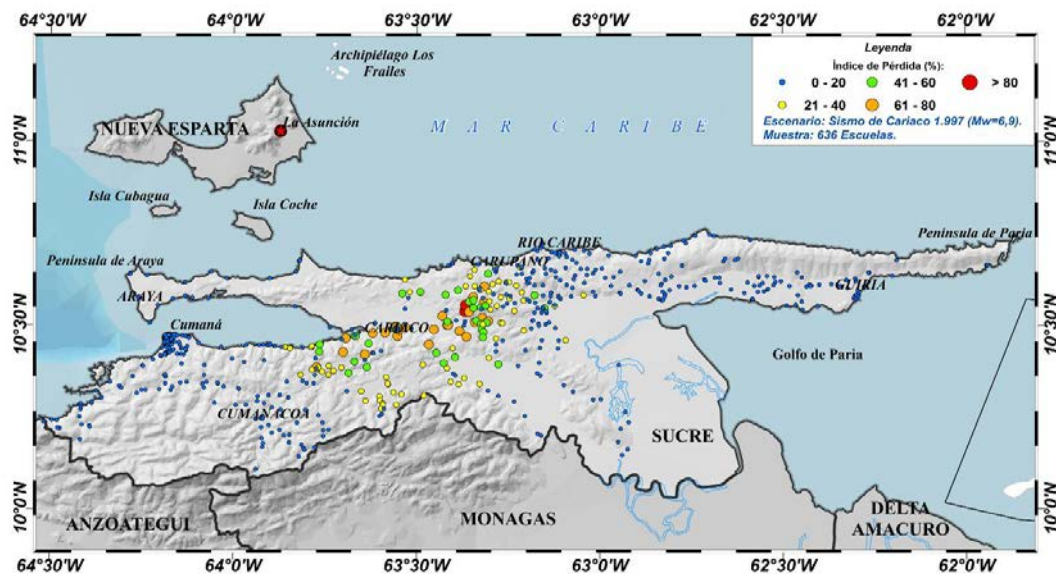


Figura 2.23. Distribución espacial del Índice de Pérdida por Escuela para el Escenario del Sismo de Cariaco de 1997.

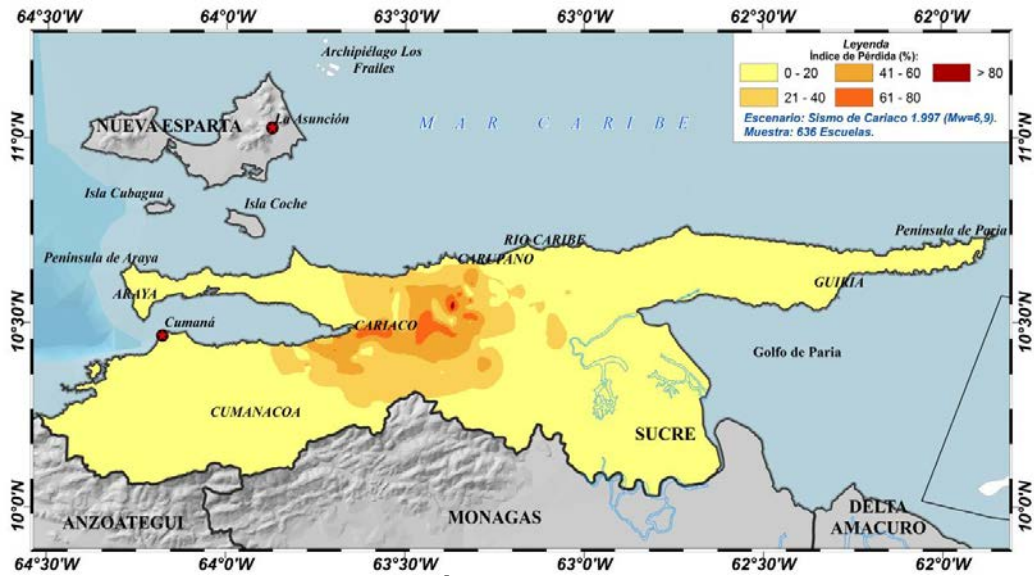
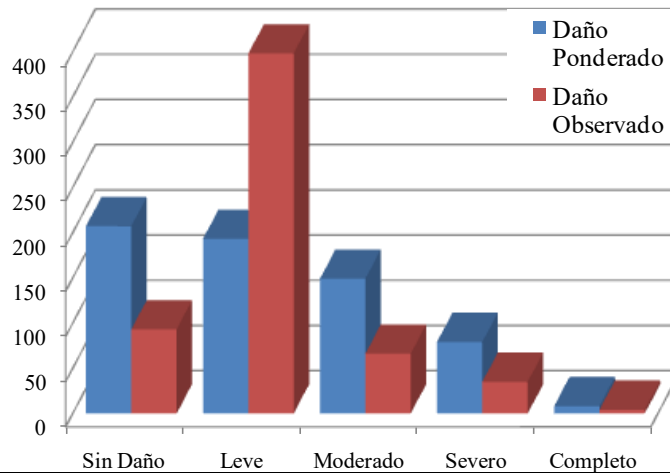


Figura 2.24. Distribución espacial del Índice de Pérdida por Zonas para el Escenario del Sismo de Cariaco de 1997.

2.13.3.- Daño Ponderado y Daño Observado

Como elemento de comparación y verificación se contrastan y analizan los resultados obtenidos de Daño Ponderado en la muestra de 636 escuelas con los daños observados en el sismo de Cariaco de 1997 de un grupo de 596 escuelas inspeccionadas (FEDE, 1997; Alonso y Figuera, 1997). En la Figura 2.25 se presentan las cantidades y porcentajes de escuelas por nivel de daño.



		Sin Daño	Leve	Moderado	Severo	Completo	
Daño Ponderado	Cant.	207	193	149	79	8	636 en total
	%	32,5%	30,3%	23,4%	12,4%	1,3%	
Daño Observado	Cant.	93	398	66	35	4	596 en total
	%	14,6%	62,6%	10,4%	5,5%	0,6%	

Figura 2.25. Distribución porcentual de los daños ponderados y daños observados debidos al sismo de Cariaco de 1997.

De la Figura 2.25 se puede resaltar una aproximación aceptable en el nivel de daño completo, con leves diferencias para los daños moderados y severos e importantes diferencias en los niveles de daño leve y sin daño.

Estos resultados pueden interpretarse con las descripciones de daño de la Tabla 2.9, en la que se acepta que para el estado Sin Daño Estructural en ciertos casos pudieran existir pequeños daños en elementos no estructurales, por lo que algunos edificios pudieron ser catalogados como de Daño Leve debido a la presencia de daños no estructurales.

En la Figura 2.26 se presenta la distribución espacial del Daño Ponderado, donde se observa la concentración de daño en el poblado de Cariaco debido a la cercanía a la traza de la falla.

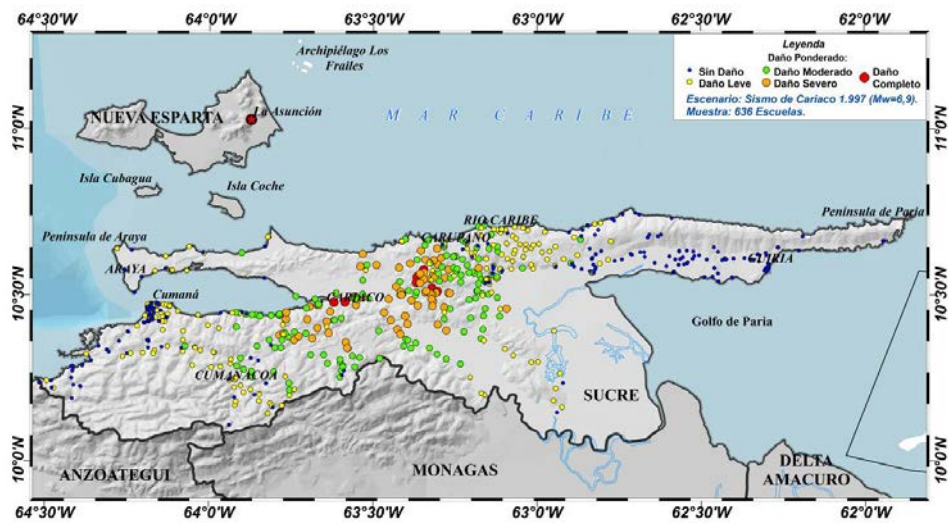


Figura 2.26. Distribución espacial del Daño Ponderado.

#### 2.13.4.- Probabilidades de Daño

Se presenta en la Figura 2.27 la distribución espacial de la probabilidad de ocurrencia del Daño Completo por escuela, observándose valores mayores a 60% en las cercanías de Cariaco.

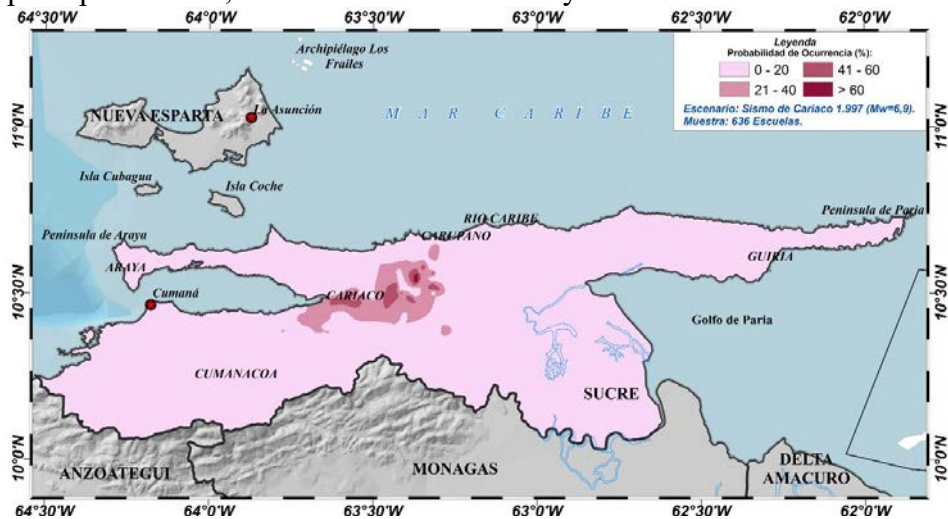


Figura 2.27. Distribución espacial de probabilidad de ocurrencia del Daño Completo.



2.13.5.- Pérdidas Sociales y Económicas

Se estimaron pérdidas sociales en términos de posibles heridos leves, heridos graves y fallecidos. En la Figura 2.28 se muestra la distribución espacial de las posibles pérdidas sociales fatales si se repitiera un sismo como el escenario de Cariaco de 1997. Se observan zonas cercanas a la ruptura en las que pudiera existir al menos 2 fallecidos por escuela.

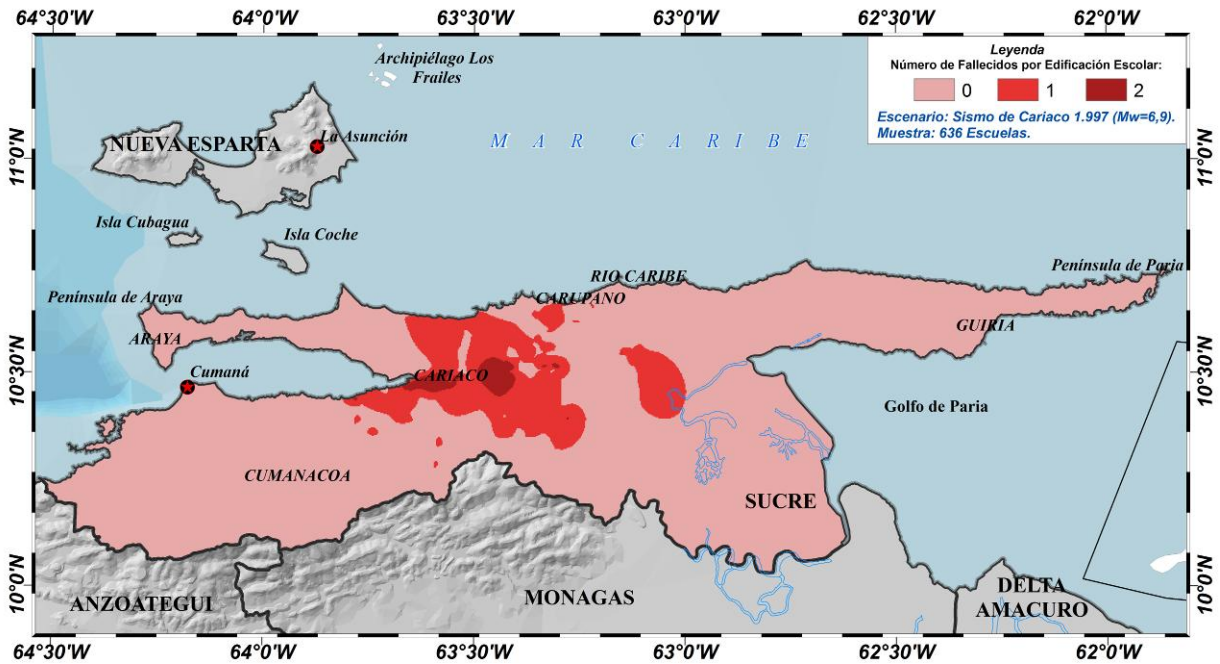


Figura 2.28. Distribución espacial de pérdidas sociales como posibles fallecidos por edificio escolar.

Totalizando los resultados de pérdidas sociales se obtiene el gráfico de la Figura 2.29, donde se observa que pudieran producirse hasta 92 heridos leves, 82 heridos graves y 41 posibles pérdidas fatales (fallecidos o muertos), para un total de 215 afectados. En el terremoto de Cariaco se reconoce fallecieron 23 personas en las edificaciones escolares colapsadas, con lo cual se puede decir que lo predicho en este trabajo representa un número aceptable a fin de que sea utilizado con fines de planificación, prevención y atención de emergencias.

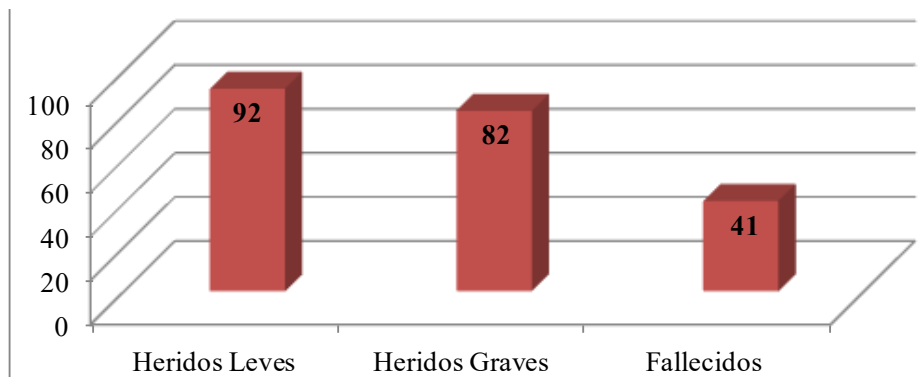


Figura 2.29. Distribución porcentual de pérdidas sociales.



Para esta aplicación, en una muestra de 636 escuelas del Estado Sucre, se estimó que las pérdidas económicas totales debidas a daños directos sobre la planta física escolar de la zona pudieran ser en el orden de 190 millones de Bolívares. En la Figura 2.30 se puede observar un mapa de distribución espacial de pérdida económica por escuela. Se puede observar las zonas más oscuras donde se estiman la pérdidas de 3 millones en algunas escuelas.

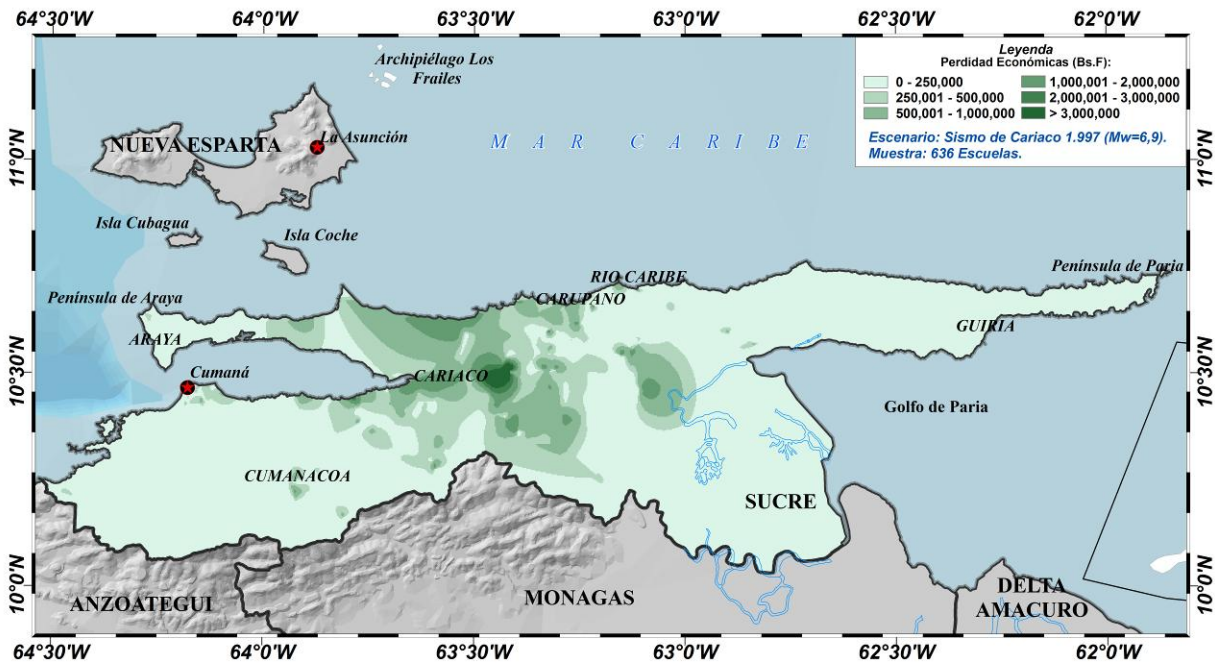


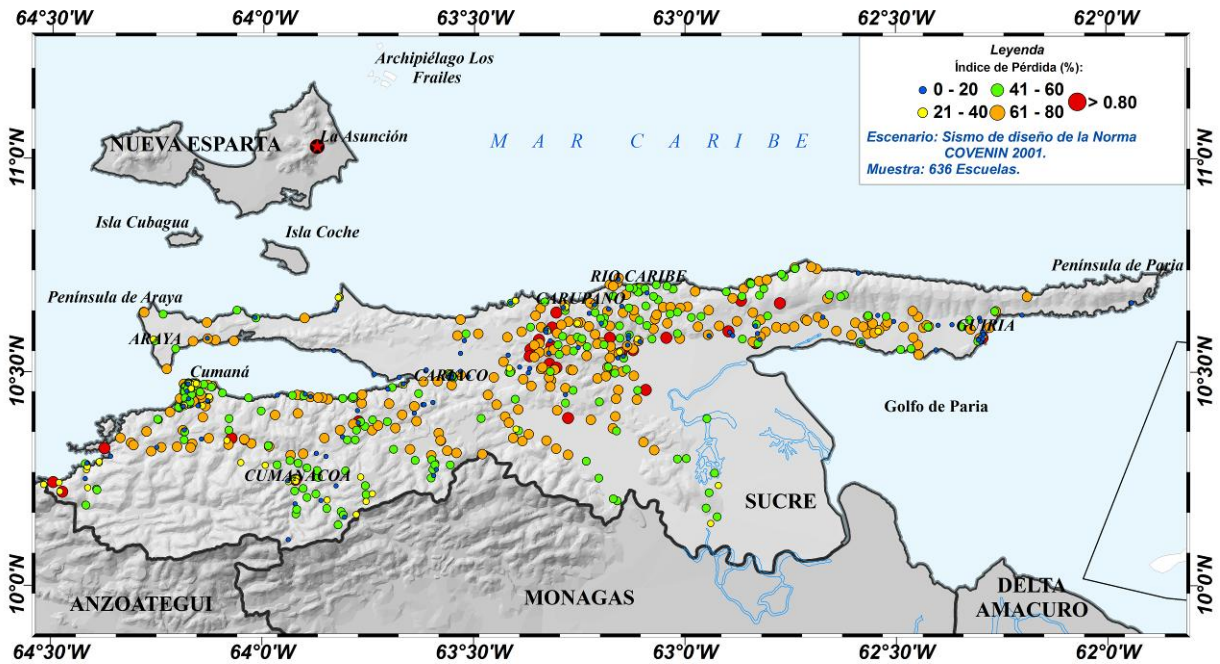
Figura 2.30. Distribución espacial de pérdidas económicas en Bolívares.

### 2.13.6.- Índices de Pérdida y Niveles de Riesgo: Sismo de Diseño COVENIN (2001)

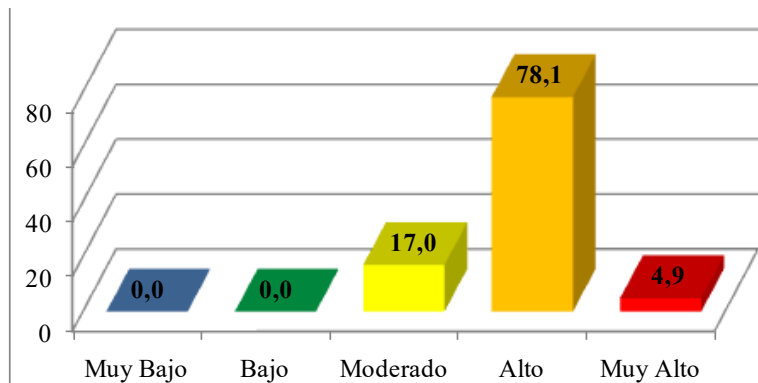
Con el objetivo de priorizar futuras acciones orientadas a la gestión de riesgo sísmico en las escuelas de Sucre, se presentan los  $I_p$  para el escenario del sismo de diseño de la norma COVENIN (2001) el cual está asociado a un periodo medio de retorno de 475 años aproximadamente. Esto se logra incorporando los valores de aceleración  $A_o$  de 0,35g y 0,40g para las zonas 6 y 7 respectivamente.

Los resultados de este escenario muestran que 31 escuelas (4,9%) del total presentan un valor crítico del  $I_p$  el cual supera el 80% por lo que se consideran prioritarias para pasar a la fase de evaluación detallada. Luego se encuentra un segundo grupo en el orden de prioridad de 251 escuelas (39,5%) con valores de  $I_p$  en el rango  $0,61 < I_p < 0,80$ . La distribución espacial de estos resultados puede verse en la Figura 2.31 en el cual se nota que al utilizar un nivel de amenaza uniforme se obtiene resultados distribuidos espacialmente y acorde a las características de vulnerabilidad de cada edificación.

Luego agrupando los resultados en los rangos antes asociados a niveles de riesgo sísmico (Tabla 2.24) podemos observar en el gráfico de la Figura 2.32 que 4,9% son clasificadas en riesgo sísmico Muy Alto, un alarmante 78,1% en riesgo Alto y finalmente un 17,0% como Moderado. En total un 83% presentan niveles de riesgo de Alto a Muy Alto.



**Figura 2.31. Distribución espacial de Índices de Pérdida por Escuela para el Escenario del Sismo de diseño de la norma COVENIN (2001).**



**Figura 2.32. Distribución Porcentual de Niveles de Riesgo Sísmico para el Escenario del Sismo de Diseño de la Norma COVENIN (2001).**

Estos resultados son complementados en el Anexo 2.5 en el cual se muestran los mapas de resultados de ambos escenarios.

#### 2.14.- Escenarios Sísmicos para 83 Escuelas de la Ciudad de Cumaná

Se expone una muestra de 83 escuelas de la Ciudad de Cumaná a dos escenarios sísmicos: i) un evento sísmico determinístico que representa una simulación del terremoto de Cumaná de 1929 de magnitud 6,6 cuya ruptura atravesó la ciudad, y; ii) el sismo de diseño con probabilidad de ocurrencia de 10% en 50 años o periodo medio de retorno de 475 años aproximadamente, para el cual se utilizó el mapa de zonificación sísmica de la norma con

coeficiente de aceleración  $A_o$  de 0,40g para la Zona 7. Se han incorporado las características locales de suelo a partir del mapa reportado por Grases et al., (2004). Para el primero de ellos se determinan daños y pérdidas sociales y económicas y para el segundo niveles de riesgo sísmico (Coronel y López, 2012b).

2.14.1.- Aceleraciones para el Terremoto de Cumaná de 1929.

El escenario del terremoto de Cumaná de 1929 de magnitud 6,6, cuya ruptura superficial entró cerca de 4 km en la Ciudad (Audemard, 2007) da origen a aceleraciones del terreno de levemente mayores a 0,50g en las zonas cercanas (Figura 2.33) para las condiciones de suelo S1, S2 y S3 conocidas en cada sitio por el mapa publicado por Grases et al., (2004), el cual se presentó en el Capítulo 1. Se han ajustado la aceleraciones  $A_j$  y formas espectrales al promedio de las relaciones de atenuación de la NGA (Abrahamson & Silva, 2008; Boore & Atkinson, 2008; Campbell & Bozorgnia, 2008; Chiou & Youngs, 2008; Idriss, 2008). Al implementar relaciones de atenuación se obtiene una distribución de aceleraciones uniforme alrededor de la traza de ruptura superficial como se observa en la Figura 2.22, tomando en cuenta las características de suelo. En el Anexo 2.6 se muestra la distribución de aceleraciones en roca.

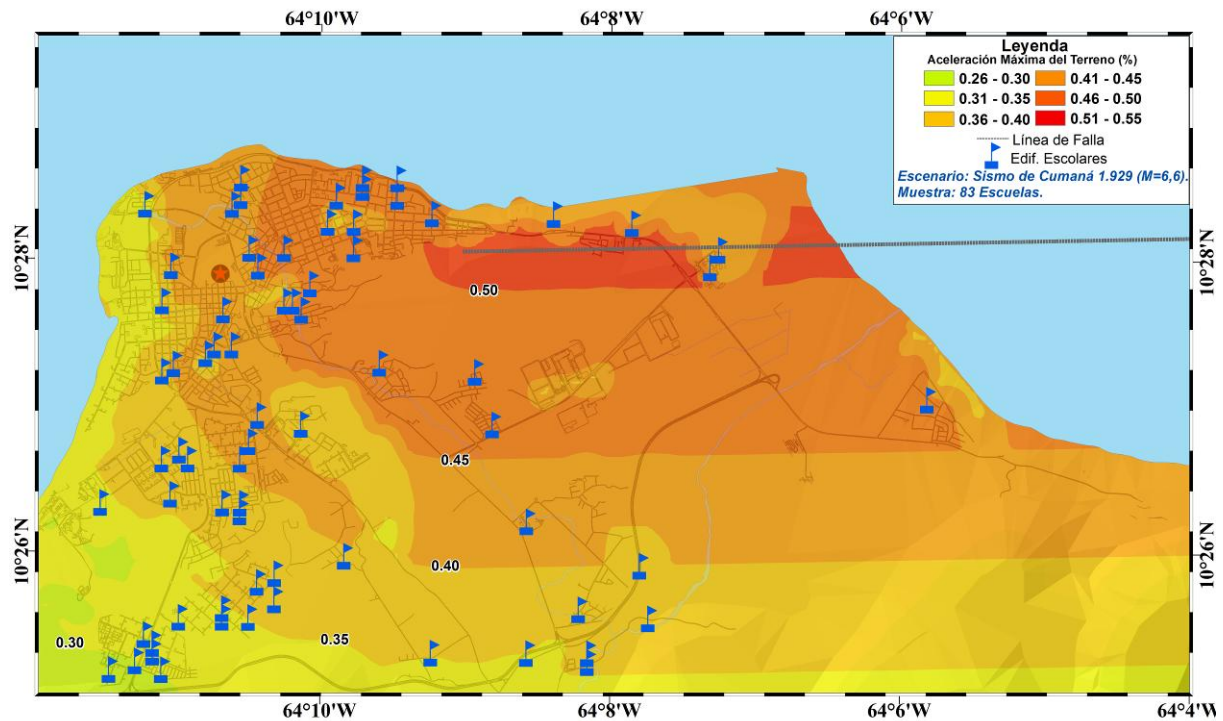
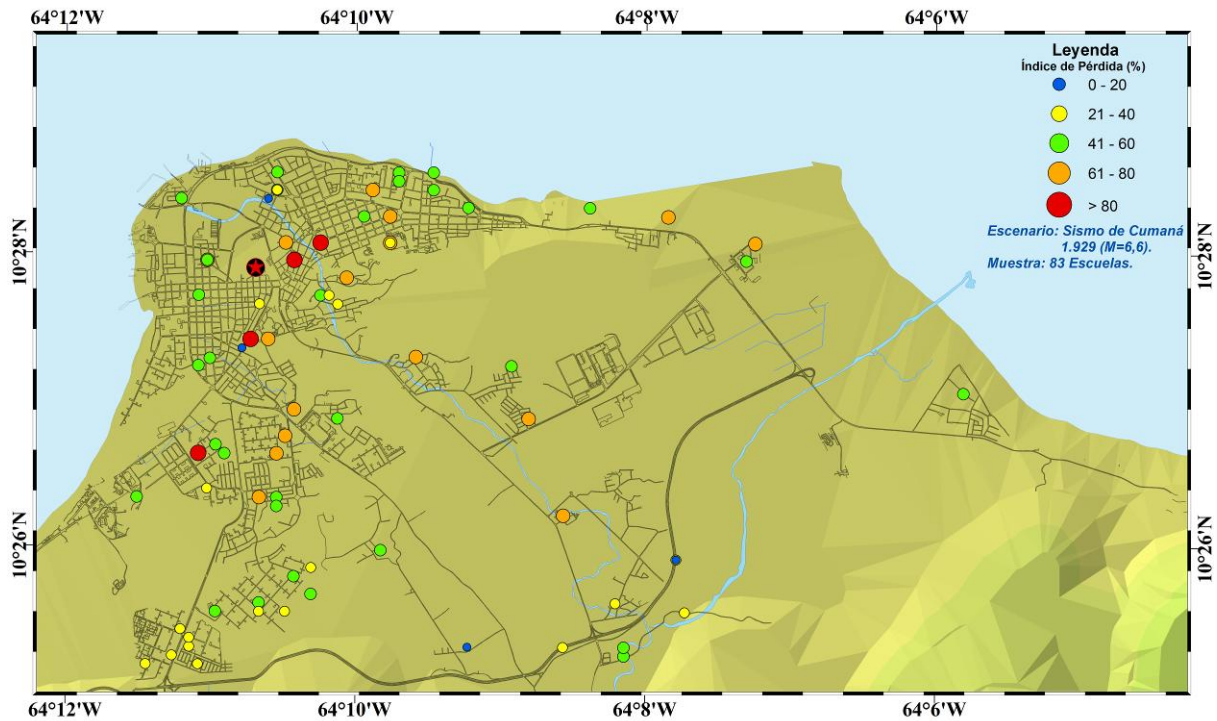


Figura 2.33. Distribución Espacial de las Aceleraciones Máximas del Terreno para el Escenario del Sismo de Cumaná de 1929.

2.14.2.- Índices de Pérdida: Terremoto de Cumaná de 1929.

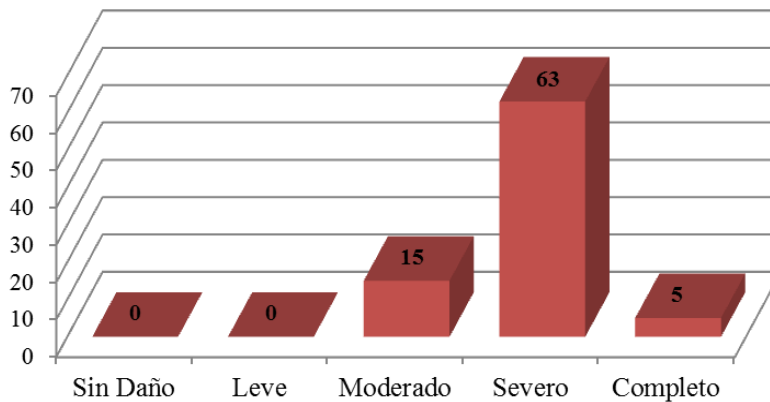
En la Figura 2.34 se muestran los valores del Índice de Pérdida ( $I_p$ ) (Tabla 2.11) donde se destaca que cinco escuelas presentan un  $I_p$  mayor de 80%, asociadas a un Daño Completo.



**Figura 2.34. Distribución Espacial del Índice de Pérdida por Escuela para el Escenario del Sismo de Cumaná de 1929.**

2.14.3.- Daño Ponderado

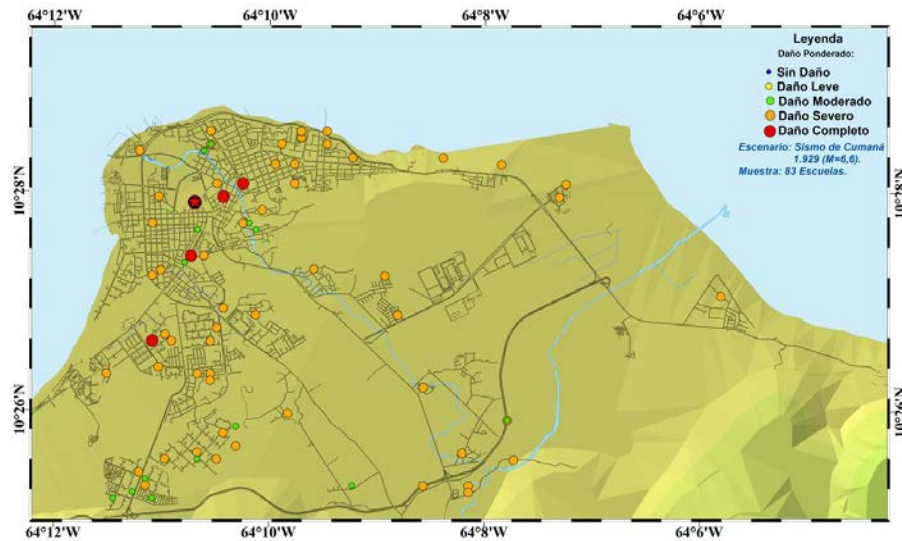
En el gráfico de la Figura 2.35 se muestra la distribución porcentual de daño ponderado y en la Figura 2.36 la distribución espacial.



**Figura 2.35. Distribución porcentual del Daño Ponderado.**

Se observa que de 83 escuelas solo 5 (6%) resultarían probablemente con daño completo, mientras que la mayoría de ellas representadas por un 75% (63 escuelas) resultarían con daño severo.



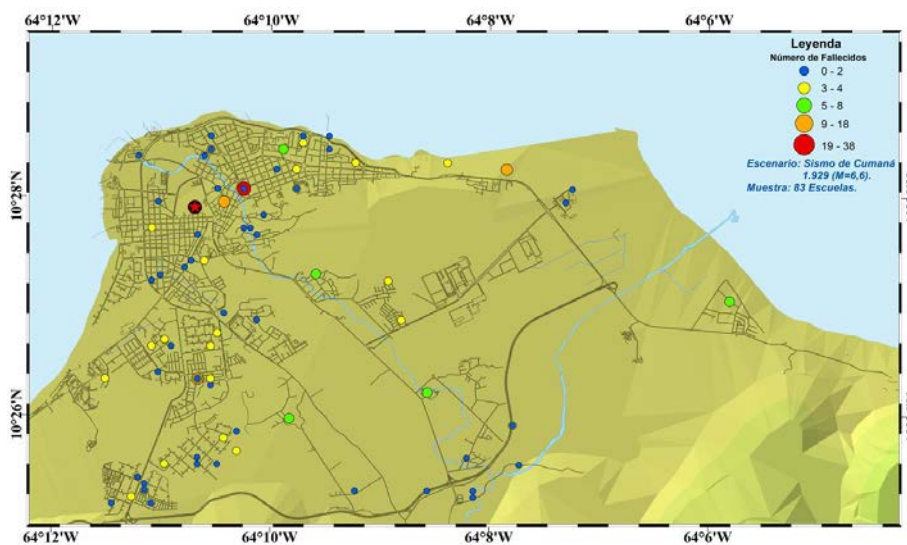


**Figura 2.36. Distribución Espacial del Daño Ponderado por Escuela para el Escenario del Sismo de Cumaná de 1929.**

#### 2.14.4.- Pérdidas Sociales y Económicas

En términos de pérdidas sociales se estima que pudieran resultar afectadas 1.116 personas de las cuales 469 serían posibles heridos leves, 432 heridos graves y 215 fallecidos o muertos. En la Figura 2.37 se muestra la distribución espacial de posibles fallecidos por escuela donde se resaltan tres escuelas, en una de ellas se estiman más de 19 pérdidas de vidas y las otras dos entre 9 y 18, el resto de estos mapas se pueden consultar en el Anexo 2.6 de este mismo Capítulo.

Para este escenario se estimó que las pérdidas económicas totales debidas a daños directos sobre la planta física escolar de la zona sería en el orden de 250 millones de Bolívares, solamente sobre la muestra de las 83 escuelas consideradas.



**Figura 2.37. Distribución Espacial de Posibles Fallecidos debido a un Sismo similar al de Cumaná de 1929.**

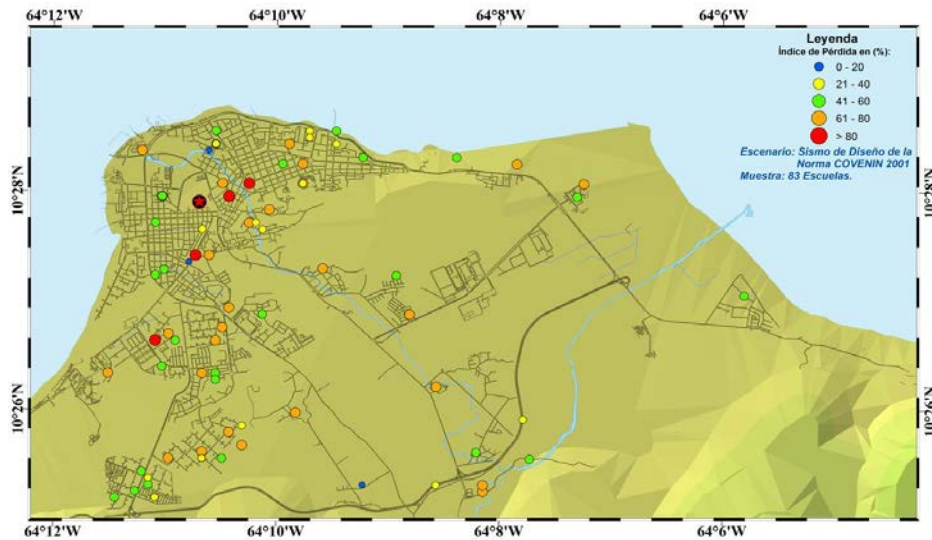


### 2.14.5.- Índices de Pérdida y Niveles de Riesgo: Sismo de Diseño COVENIN (2001)

A fin de priorizar futuras acciones de gestión de riesgo sísmico en este grupo de 83 escuelas de la Ciudad de Cumaná, se presentan los valores del Índice de Pérdida ( $I_p$ ) para el escenario del sismo de diseño de la norma COVENIN (2001) el cual está asociado a un periodo medio de retorno de 475 años aproximadamente. Para el caso de Cumaná se utilizó el valor de aceleración  $A_o$  de 0,40g correspondiente a la Zona 7.

Los resultados de este escenario son muy similares al del sismo de 1929 dado que las aceleraciones que este evento produce en el entorno de Cumana son muy similares a las del sismo de la norma. Las mismas 5 escuelas resultan ser las que requieren atención prioritaria, mientras que 30 de las 83, cerca de un 36%, presentan un  $I_p$  en el rango  $0,61 < I_p < 0,80$ .

Analizando los niveles de riesgo se encuentra que se obtiene un resultado similar al escenario del sismo de 1929. En riesgo Muy Alto están las cinco escuelas antes resaltadas, en un nivel de riesgo Alto están un 75% de las escuelas y en riesgo Moderado solo están un 15% de ellas.



**Figura 2.38. Distribución Espacial de Índices de Pérdida por Escuela para el Escenario del Sismo de diseño de la norma COVENIN (2001).**

### 2.15.- Escenarios Sísmicos para 569 Escuelas del Área Metropolitana de Caracas

Se expone una muestra de 569 escuelas del Área Metropolitana de Caracas a dos escenarios sísmicos: i) un evento sísmico determinístico que representa una simulación del terremoto de Caracas de 1967 de magnitud 6,6 cuya ruptura estuvo a aproximadamente 25 km de la ciudad, y; ii) el sismo de diseño con probabilidad de ocurrencia de 10% en 50 años o periodo medio de retorno de 475 años, para el cual se utilizó el mapa de zonificación sísmica de la norma con coeficiente de aceleración  $A_o$  de 0,30g para las Zona 5 y se incorporó el mapa de microzonificación sísmica de Caracas (FUNVISIS, 2009) el cual presenta valores de  $A_o$  iguales a 0,265g, 0,28g y 0,30g dependiendo de la ubicación de la escuela. Se han incorporado las características de suelo, los efectos locales y las formas espectrales de la microzonificación

sísmica. Para el primero de ellos se determinan daños y pérdidas sociales y económicas y para el segundo niveles de riesgo sísmico (Coronel y López, 2012b).

2.15.1.- Aceleraciones para el Terremoto de Caracas de 1967.

Al simular el escenario del Terremoto de Caracas de 1967 se han considerado los efectos de sitio a partir de la información suministrada por el mapa de microzonificación sísmica (Figura 2.39). En el Anexo 2.7 se puede consultar la distribución espacial de aceleraciones máximas en roca obtenidas a partir de las relaciones de atenuación. Para esta aplicación se ha utilizado la aceleración en superficie la cual se puede observar en la Figura 2.40 donde se puede notar la amplificación en los sectores de Los Palos Grandes y San Bernardino producto de las grandes profundidades de los depósitos aluviales.

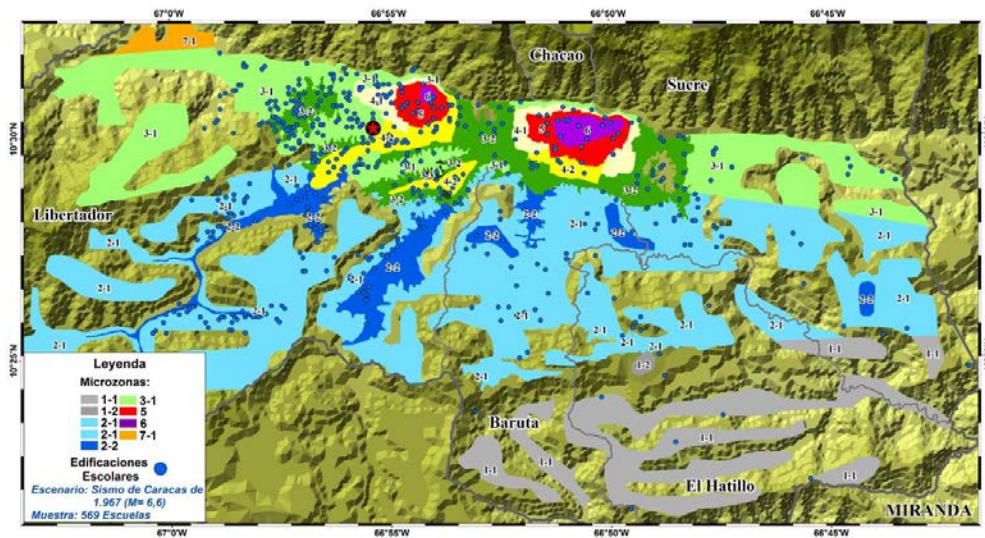


Figura 2.39. Distribución Espacial de la Muestra de 569 Escuelas en el Área Metropolitana de Caracas.

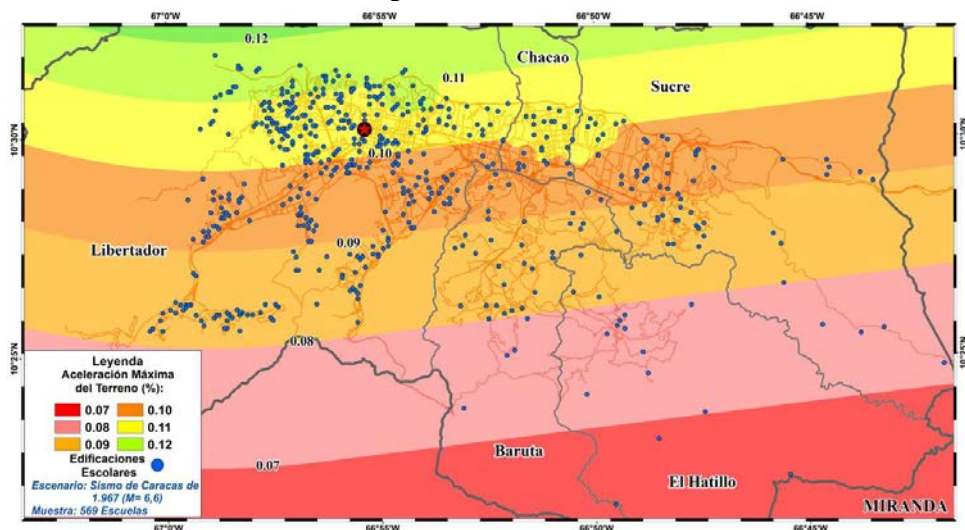
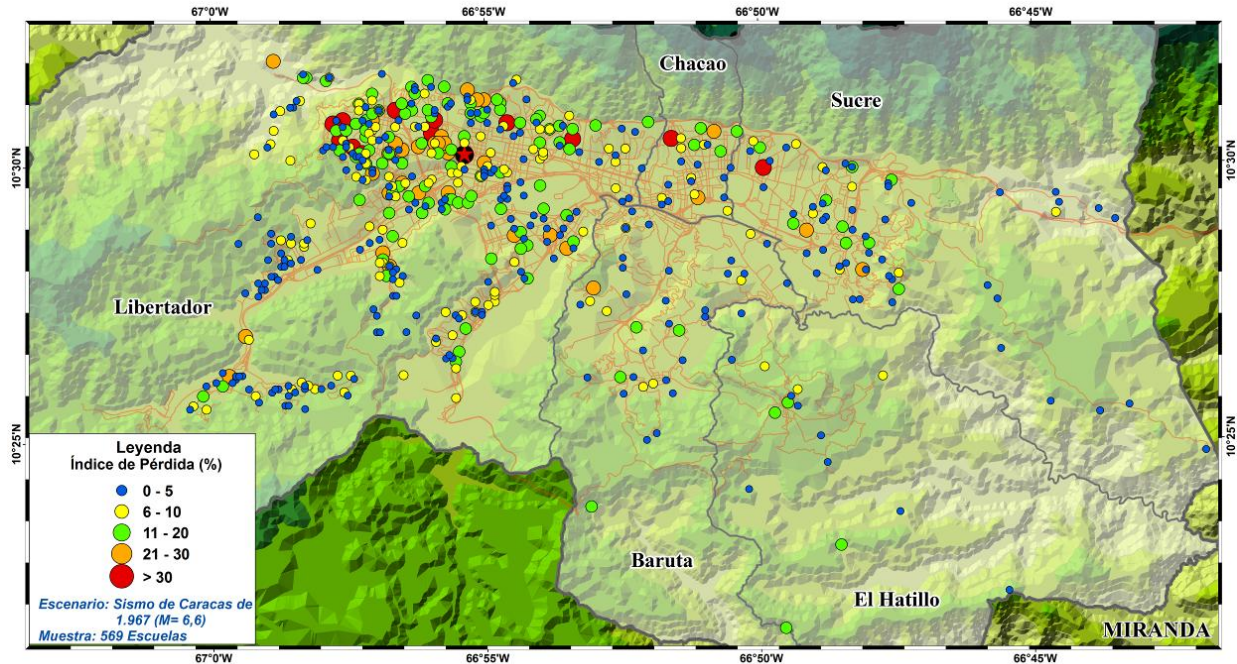


Figura 2.40. Distribución Espacial de las Aceleraciones Máximas del Terreno para el Escenario del Sismo de Caracas de 1967.



### 2.15.2.- Índices de Pérdida: Terremoto de Caracas de 1967.

Se obtuvo como resultado de la aplicación que 2,3% de las escuelas presentarían un Índice de Pérdida ( $I_p$ ) mayor de 30%, mientras que 6% tendrían un  $I_p$  entre 20 y 30%. En la Figura 2.41 se observa la distribución espacial de los índices de pérdida asociados a este escenario donde se observa la concentración de valores más altos al noroeste de la ciudad con algunos otros al noreste, prevaleciendo el sector norte debido a las mayores aceleraciones y el sector oeste por prevalecer edificaciones escolares más antiguas.

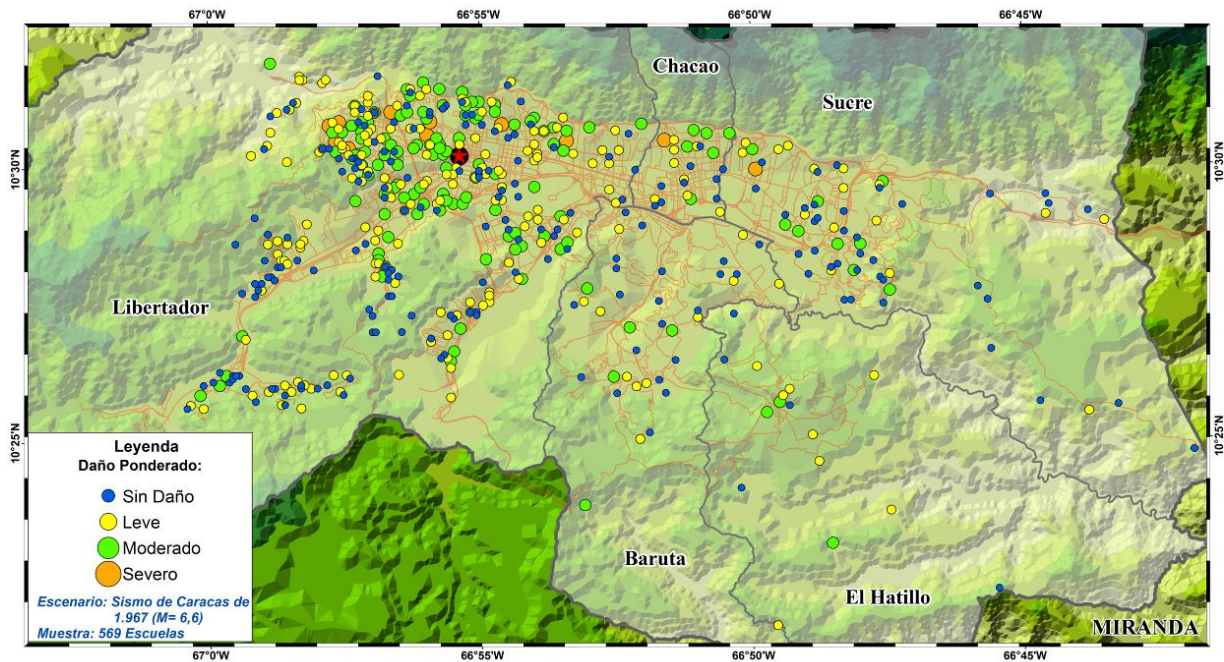


**Figura 2.41. Distribución Espacial de Índices de Pérdida por Escuela para el Escenario del Sismo de Caracas de 1967.**

### 2.15.3.- Daño Ponderado

En términos de daño ponderado se resalta que ninguna escuela llega al daño completo, pero 13 (2,3%) de ellas resultarían severamente dañadas. Luego 134 con daño moderado (23,6%), 207 con daño leve, representando un 36,4%, y finalmente 215 sin daño para un 37,8%.

En la Figura 2.42 se muestra la distribución espacial del Daño Ponderado en la cual se nota que las edificaciones con mayores daños se concentran hacia el norte dada la mayor cercanía a la ruptura sísmica y en mayor medida al oeste de Caracas en el Municipio Libertador debido a la antigüedad de sus edificaciones, con la leve excepción de una escuela al norte del Municipio Chacao y otra al norte del Municipio Sucre.



**Figura 2.42. Distribución Espacial del Daño Ponderado por Escuela para el Escenario del Sismo de Caracas de 1967.**

#### 2.15.4.- Pérdidas Sociales y Económicas

Se estima que el impacto social en términos de pérdidas humanas pudiera resultar en cerca de 120 personas afectadas de las cuales 59 serían posibles heridos leves, 41 heridos graves y 20 posibles fallecidos. En el Anexo 2.7 se muestra la distribución espacial de pérdidas sociales por escuela.

Para este escenario se estimó que las pérdidas económicas totales debidas a daños directos sobre la planta física escolar de la zona sería en el orden de 275 millones de Bolívares, solamente sobre la muestra de las 569 escuelas consideradas en el Área Metropolitana de Caracas.

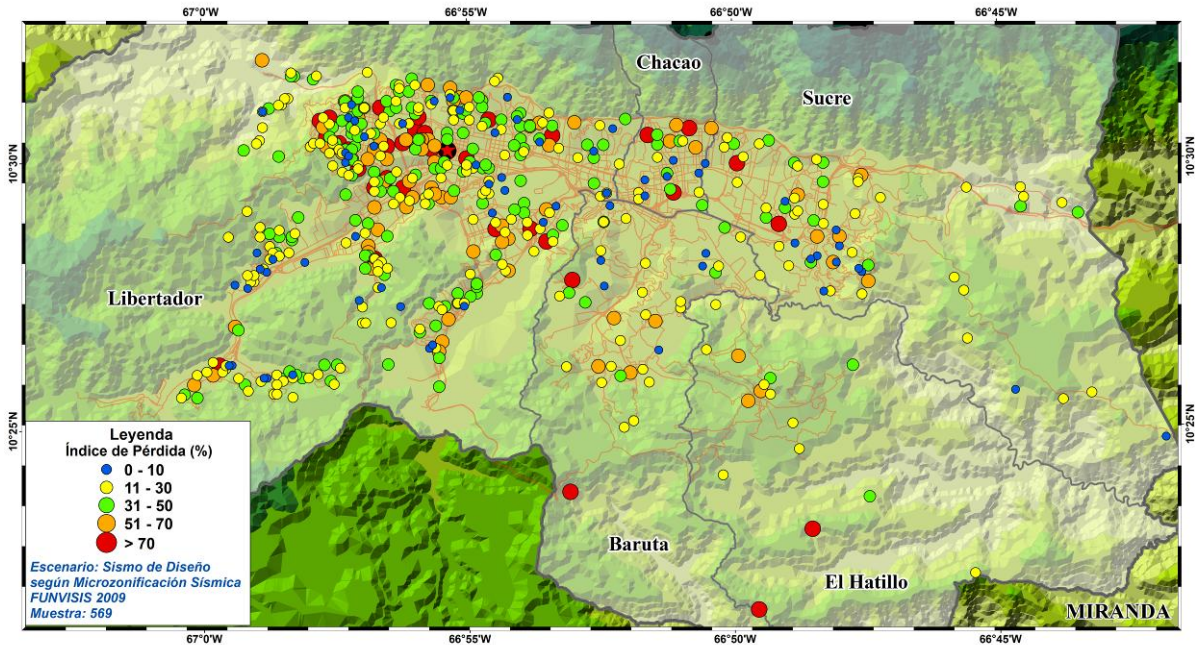
#### 2.15.5.- Índices de Pérdida y Niveles de Riesgo: Sismo de Diseño (FUNVISIS, 2009)

Para la priorización con fines de gestión de riesgo sísmico en la muestra de 569 escuelas de la Ciudad de Caracas se utilizó en este caso los resultados del proyecto de microzonificación sísmica (FUNVISIS, 2009) el cual presenta un mapa de macrozonas con coeficientes de aceleración máxima del terreno  $A_0$  de 0,265, 0,28 y 0,30g para periodo medio de retorno de 475 años aproximadamente. Esto permite refinar más la priorización en comparación a utilizar el único valor que presenta la norma COVENIN (2001) para toda Caracas de 0,30g.

De esta aplicación se obtuvo que un 0,9% (5 escuelas) son las más prioritarias ya que se encuentran en un nivel de riesgo sísmico Muy Alto, luego 272 escuelas (47,8%) con nivel de riesgo Alto, 199 escuelas (35 escuelas) en riesgo Moderado y 16,3% (93 escuelas) en riesgo Bajo. Cabe destacar que ninguna de las escuelas de la muestra está en un nivel de riesgo Muy Bajo. En la Figura 2.43 se muestra la distribución espacial del  $I_p$  para el caso del sismo de diseño donde se nota una principal concentración de edificaciones con  $I_p$  mayores a 70% al



noroeste de la Ciudad de Caracas siendo estas escuelas las más prioritarias, seguidas de 36 escuelas (6,3%) con  $I_p$  entre 51 y 70%.



**Figura 2.43. Distribución Espacial de Índices de Pérdida por Escuela para el Escenario del Sismo de Diseño, según la Microzonificación Sísmica FUNVISIS (2009).**

#### 2.15.6.- Escenario Sísmico Nacional

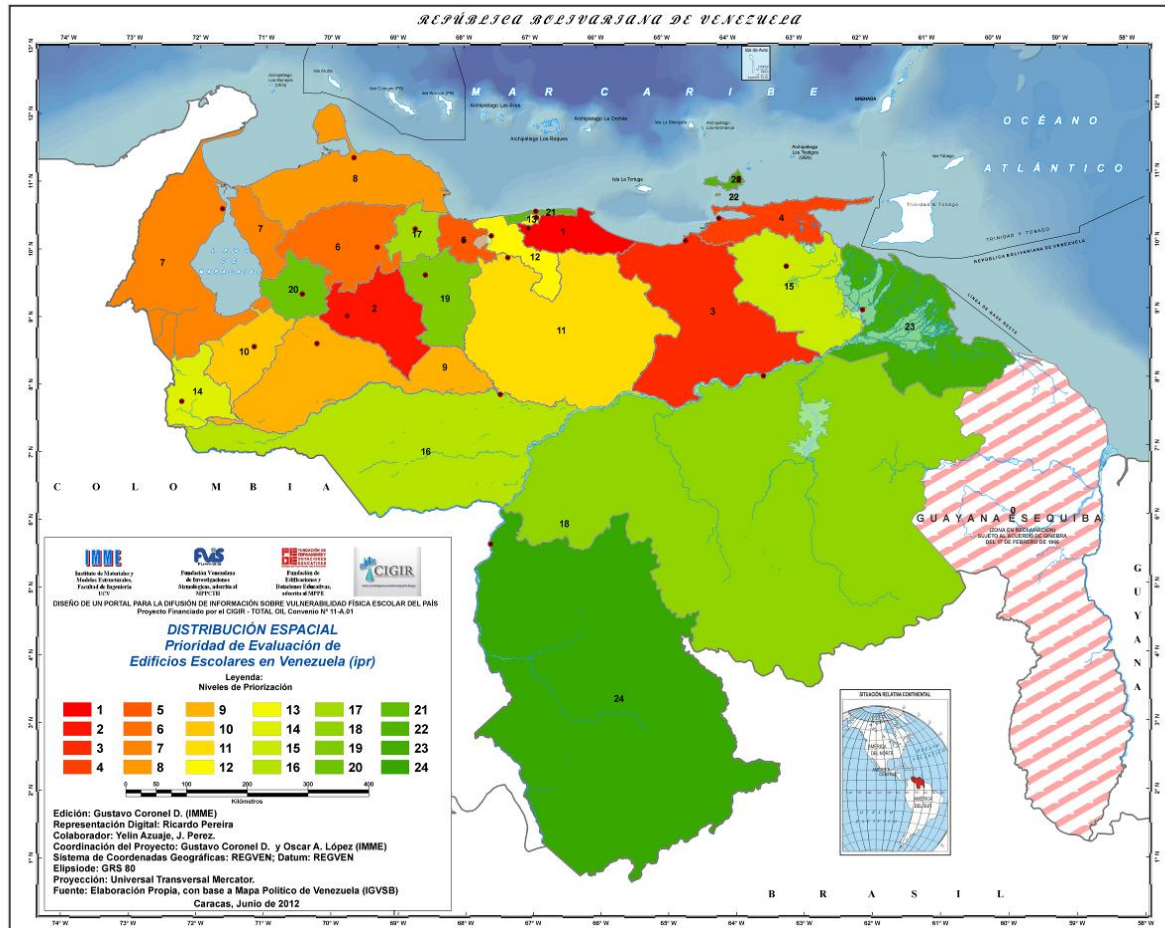
Esta estrategia se enfoca en la aplicación a escala nacional de la metodología logrando obtener como resultado niveles de riesgo sísmico y una priorización de las regiones del país que requieren de mayor dedicación y orientación de recursos para la gestión del riesgo sísmico. Se basa en aplicar sistemáticamente la metodología para evaluación de niveles de riesgo sísmico, asumiendo simplificada como amenaza la aceleración con fines de diseño asociada al mapa de zonificación sísmica de Venezuela de la norma COVENIN (2001), donde los valores de  $A_0$  son de 0,10, 0,15, 0,20, 0,25, 0,30, 0,35 y 0,40 para las zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 respectivamente. Para la aplicación se utilizó un valor de 0,05 para la zona 0 el cual no está contemplado en la norma.

Para ello se utilizó un inventario con la información más completa sobre los edificios escolares de toda Venezuela presentado en el Capítulo 1. En total 10.730 escuelas fueron analizadas mediante la herramienta desarrollada sobre el SIG (RiSEV).

Se obtuvo como resultado para todo el país que sólo un 0,26% son Muy Prioritarias (Riesgo Muy Alto), luego un 26% resultan Prioritarias (Riesgo Alto), mientras un 35,6% son de Conveniente Evaluación (Riesgo Moderado), un 37,7% Poco Prioritarias (Riesgo Bajo) y finalmente sólo un 0,23% serian de Innecesaria Evaluación. Este resultado fue totalizado por región, es decir por estado, con la finalidad de obtener una priorización regional. La totalización se hizo ponderando la cantidad de escuelas por cada nivel de prioridad dándole mayor peso a las Muy Prioritarias y menor a las Innecesarias. El resultado se muestra



gráficamente en la Figura 2.44, en la cual la mayor prioridad regional (mayor riesgo sísmico) la obtuvieron los estados Miranda, Portuguesa, Anzoátegui, Sucre, Carabobo y Lara. Siendo el menos prioritario (Riesgo Muy Bajo) el estado Amazonas como era de esperar. Ello relega la importancia de la amenaza, asociada al mapa de zonificación, y de la vulnerabilidad de los edificios, asociada a las características estructurales básicas de las edificaciones escolares como el año de construcción y el número de pisos.



**Figura 2.44. Prioridad (Nivel de Riesgo) por Regiones.**

## 2.16.- Conclusiones

1- Se desarrolló una metodología para la determinación de curvas de fragilidad de edificios escolares que suministra la probabilidad de excedencia de un estado de daño prefijado dada la ocurrencia de un evento sísmico. Se encontró que las curvas de fragilidad son bastante sensibles a los valores del período efectivo de vibración, del factor de ductilidad última y del factor de sobrerresistencia cedente, parámetros básicos seleccionados para cuantificar el desempeño sismorresistentes de las estructuras escolares bajo la hipótesis de que fueron diseñadas y construidas en cumplimiento con las normas vigentes en la época de la construcción. Un índice de pérdida del edificio es definido ponderando las probabilidades de

ocurrencia y los factores de pérdida económica para todos los estados de daño. La metodología descrita fue sistematizada mediante un programa computacional en *Visual Basic* que permite actualizar y modificar información en la medida que se mejore la cantidad y calidad de la misma, y visualizar inmediatamente resultados en forma gráfica facilitando la calibración y ajuste de los modelos.

2- Las curvas de fragilidad fueron calibradas y ajustadas a partir de la información proveniente de los efectos del sismo de Cariaco de 1997 sobre las escuelas localizadas en el estado Sucre.

3- Las curvas de fragilidad ponen de manifiesto que los edificios escolares más antiguos poseen un mayor grado de vulnerabilidad que aquellos construidos con las normas modernas. Para un evento sísmico con una aceleración de 0,40g, valor de diseño estipulado en las zonas de mayor amenaza del país, la probabilidad de alcanzar el estado de Daño Completo de edificios en la Ciudad de Cumaná de 2 pisos, aperticados de concreto armado, sobre suelo denso (S2), diseñados con las normas de 1939, 1947, 1955, 1967 y 1982 es 90, 35, 56, 36 y 16 veces mayor que la probabilidad del mismo edificio construido con la norma de 1998 (2001). Para edificios con similares características ubicados en la Ciudad de Caracas y una aceleración de 0,30g, la probabilidad de alcanzar el estado de Daño Completo de cada edificio si fue diseñado con las normas de 1939, 1947, 1955, 1967 y 1982 es 69, 68, 91, 19 y 7 veces mayor que la probabilidad del mismo edificio construido con la norma de 1998 (2001).

4- Para un evento sísmico con una aceleración de 0,30g, la probabilidad de alcanzar el estado de Daño Completo de un edificio diseñado con las normas de 1939, 1947, 1955, 1967 y 1982 para la Ciudad de Caracas, con similares características es 69, 68, 91, 19 y 7 veces mayor que la probabilidad del mismo edificio construido con la norma de 2001 (1998).

5- Las curvas de fragilidad obtenidas son similares a las desarrolladas con una metodología distinta y presentadas en HAZUS (FEMA-NIBS, 2009) para el caso de un nivel de Daño Completo en escuelas antiguas, pero indican una mayor vulnerabilidad para el caso de un nivel de Daño Severo.

6- Las curvas de fragilidad estimadas mediante esta metodología permiten representar de forma aproximada la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones escolares. En aquellos casos particulares de escuelas tipo en los que se tenga resultados de estudios detallados, se desarrollaran curvas de fragilidad específicas, independientemente que hayan cumplido o no con la norma de construcción vigente para la época. Estas curvas serán utilizadas para estimar daños en los edificios escolares de Venezuela debidos a la ocurrencia de futuros terremotos, a través de su implementación en un programa integrado a una plataforma SIG, con la finalidad de servir de apoyo en la gestión del riesgo sísmico.

7- Se desarrolló una herramienta computacional integrada en un SIG que permite estimar daños y pérdidas sociales y económicas en cada escuela dado un escenario sísmico particular, y permite también el cálculo de niveles de riesgo con base a mapas de zonificación sísmica, todo ello basado en las curvas de fragilidad aquí desarrolladas.

8- Se expuso una muestra de 639 edificaciones escolares del Estado Sucre a una simulación del sismo de Cariaco de 1997 ( $M_w=6,9$ ). Se concluye que probablemente un 1,3% de escuelas resultarían completamente dañadas, un 12,4% resultarían severamente dañadas, un 23,4%

resultarían con daños moderados y un 30,3% y un 32,5% con daño leve y sin daño respectivamente, lo cual representa un resultado aceptable al comparar con los daños observados luego de ese terremoto. En pérdidas sociales resultarían posiblemente afectadas 215 personas de las cuales habrían cerca de 92 heridos leves, 82 heridos graves y 41 pérdidas fatales. Las pérdidas económicas oscilarían en el orden de los 190 millones de bolívares. Por otro lado se obtuvo que un 4,9% representativo de 31 escuelas resultarían con valores críticos del Índice de Pérdida lo cual las hace prioritarias para una evaluación detallada de su vulnerabilidad y la eventual toma de medidas de refuerzo estructural.

9.- Se evaluó una muestra de 83 escuelas en la ciudad de Cumaná bajo una simulación del terremoto de Cumaná de 1929 (M=6,6). Como resultado se tendría un daño completo de al menos 5 escuelas y otras 63 con daño severo, esto debido a la cercanía a la traza de ruptura de la falla, dando origen a pérdidas sociales en el orden de 1.116 personas de las cuales 469 serían posibles heridos leves, 432 heridos graves y 215 fallecidos o muertos. El impacto económico sobre la infraestructura educativa se estima en cerca de 250 millones de Bolívares. Se obtuvo que 5 escuelas resultarían ser las de atención prioritaria debido al muy alto riesgo, seguidas de otras 30 escuelas en riesgo alto.

10.- Se expuso una muestra de 569 edificios escolares del Área Metropolitana de Caracas a la simulación del terremoto de Caracas de 1967 (Mw=6,6). Se concluye que al menos 13 escuelas resultarían severamente dañadas pero sin llegar al colapso, para un 2,3% del total. Cerca de 59 personas podrían resultar heridas levemente, 41 gravemente y pudiera haber algunos pocos fallecidos como pérdidas sociales. Las pérdidas económicas ascenderían a 275 millones de Bolívares. Finalmente con fines de priorización se obtuvo que tan solo 5 escuelas (0,88%) presentaron un nivel de riesgo sísmico Muy Alto, siendo éstas las más prioritarias, seguidas de 272 escuelas clasificadas con un nivel de riesgo Alto.

11.- Se aplicó la metodología a escala nacional para ello se utilizó en inventario con la información más completa sobre edificios escolares de toda Venezuela, en total 10.730 escuelas fueron analizadas mediante la herramienta computacional desarrollada sobre un SIG. Se obtuvo como resultado para todo el país que sólo un 0,26% son Muy Prioritarias (Riesgo Muy Alto), un 26% resultan Prioritarias (Riesgo Alto) y un 35,6% de Conveniente Evaluación o Riesgo Moderado. Esta información permite orientar la planificación y la atención a los estados que requerirían prioritariamente mayor dedicación y recurso para la Gestión del Riesgo Sísmico en las Escuelas.

12.- Finalmente se puede sintetizar, resaltar y concluir que de los 28.878 planteles educativos en Venezuela, las estadísticas nos indican que cerca de la mitad (49,5%) se encuentran en zonas de elevada amenaza sísmica (zonas 5,6 y 7) y de las cuales un 21% pudieron haber sido construidas antes de 1967 con normas menos exigentes y posiblemente sean vulnerables. Esto nos permite concluir que aproximadamente un 10% (~2800) de las escuelas del país pudieran estar en riesgo y deben ser consideradas como prioritarias, para las cuales se recomienda una pronta inspección y evaluación detallada. Por otro lado de las 552 escuelas de tipo Antiguo I, Antiguo II y Cajetón conocidas por su elevada vulnerabilidad, encontramos que 304 de ellas se encuentra en las zonas de elevada amenaza lo cual se traduce en un riesgo sísmico latente, para lo cual se recomienda el desarrollo de proyecto de refuerzo estructural y sismorresistente y su pronta ejecución.

13.- Estos resultados son un aporte para la toma de decisiones, la planificación y la gestión del riesgo sísmico en las escuelas de Venezuela, en la respuesta y atención de emergencia, la priorización para la reducción del riesgo, así como para la divulgación y socialización de este conocimiento con fines de fortalecer la cultura de prevención sísmica en las escuelas y la resiliencia en las comunidades del país.

## 2.17.- Referencias

1. Abrahamson N.A. and Silva W. J. (2008). *Summary of the Abrahamson & Silva NGA Ground-Motion Relations*. Earthquake Spectra, Vol. 24, No. 1, pages 67-97.
2. Abrahamson N.A. and Silva W. J. (1997). *Empirical Response Spectral Attenuation Relations for Shallow Crustal Earthquakes*. Seismological Research Letters, 68, N° 1, 1.997, 94-127.
3. Alonso J. L. y Figuera F. (1997). *Evaluación Estructural de Centros Educativos Dañados Durante el Terremoto de Cariaco del 9 de Julio de 1997, Estado Sucre*. Informe Técnico Vol. I y II realizado para FEDE, Caracas, Septiembre de 1997.
4. ATC (1985). *Earthquake Damage Evaluation Data for California*. ATC-13. Applied Technology Council, Redwood City, California. USA.
5. Audemard F. (2007). *Revised seismic history of the El Pilar fault, Northeastern Venezuela, from the Cariaco 1997 earthquake and recent preliminary paleoseismic results*. Journal of Seismology, DOI 10.1007/s10950-007- 9054-2.
6. Audemard F. (2006). *Surface Rupture of the Cariaco July 09, 1997 Earthquake on the El Pilar Fault, Northeastern Venezuela*. Tectonophysics 424 (2006), pages 19–39.
7. Barbat A. H., Pujades L.G., Lantada N. (2008). *Seismic Damage Evaluation in Urban Areas Using the Capacity Spectrum Method: Application to Barcelona*. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 28 (2008), pp. 851–865.
8. Bermúdez C. A., Barbat A. H., Pujades L. G. and González-Drigo J. R. (2008). *Seismic Vulnerability and Fragility of Steel Buildings*. The 14th World Conference on Earthquake Engineering. October 12-17, 2008, Beijing.
9. Blondet M., Muñoz A., Velásquez J. y León H. (2005). *Estimación de pérdidas sísmicas en edificaciones educativas Peruanas*. IX Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Concepción, Chile, 2005.
10. Bonett R. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*. Tesis Doctoral. UPC. Barcelona. España.
11. Bonilla R., López O. A., Castilla E., Torres R., Marinilli A., Annicchiarico W., Garcés F., Maldonado Z. (2000). *El Terremoto de Cariaco del 9 de julio de 1997*. BT IMME V. 38, 2, p 1-50.
12. Boore D. and Atkinson M. (2008). *Ground-Motion Prediction Equations for the Average Horizontal Component of PGA, PGV, and 5%-Damped PSA at Spectral Periods between 0.01 s and 10.0 s*. Earthquake Spectra, Vol. 24, No. 1, pages 99-138.

13. Campbell K. and Bozorgnia Y. (2008). *NGA Ground Motion Model for the Geometric Mean Horizontal Component of PGA, PGV, PGD and 5% Damped Linear Elastic Response Spectra for Periods Ranging from 0.01 to 10 s*. Earthquake Spectra, Vol. 24, No. 1, pages 139-171.
14. Castilla E. and Marinilli A. (2000). *Structural Behavior of Raimundo Martínez Centeno Highschool on 07/09/1.997 Cariaco Earthquake*. XII WCEE, New Zealand.
15. Chiou B. and Youngs R. (2008). *An NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra*. Earthquake Spectra, Vol. 24, No. 1, pages 173-216.
16. Coronel D. G, y Betancourt N., Báez S. V. y López O. A. (2010a). *RiSEV: un Sistema para la Evaluación de Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela Basado en SIG*. Presentado y publicado en las memorias del I Congreso Venezolano de Sistemas de Información Geográfica (COVESIG 2010), del 29 de septiembre al 01 de octubre, Mérida, Venezuela.
17. Coronel D. Gustavo, López Oscar A. y Betancourt Nelson (2010b). *Evaluación de Niveles de Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela Mediante Curvas de Fragilidad*. Presentado y publicado en las memorias del X Congreso Chileno de Ingeniería Antisísmica. Mayo 22-27, 2010 Santiago, Chile.
18. Coronel D. Gustavo (2012). *Estimación de Daños y Pérdidas en Escenarios Regionales: Aplicación a Edificios Escolares de Venezuela*. Trabajo de Grado de Maestría en Ingeniería Sismorresistente. Facultad de Ingeniería de la UCV. Tutor: O. A. López A (A ser presentado).
19. Coronel D. G. y López O. A. (2012a). *Curvas de Fragilidad Sísmicas para Edificios Escolares de Venezuela*. Boletín Técnico del IMME (Sometido).
20. Coronel D. G. y López O. A. (2012b). *Regional Seismic Damage, Loss and Risk Scenarios of Venezuelan School Buildings*. 15th World Conference on Earthquake Engineering (submitted).
21. COVENIN (1980). *Estructuras de Acero para Edificaciones. Proyecto, Fabricación y Construcción*. Norma COVENIN MINDUR 1618:80. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela.
22. COVENIN (1981). *Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones; Análisis y Diseño*. Norma COVENIN MINDUR 1753:81. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela.
23. COVENIN (1982). *Edificaciones Antisísmicas*. Norma COVENIN 1756:82. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela.
24. COVENIN (1987). *Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones; Análisis y Diseño*. Norma COVENIN MINDUR 1753:87. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela.
25. COVENIN (1998a). *Edificaciones Sismorresistentes*. Norma COVENIN 1756:98. Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN, FONDONORMA, MINDUR y FUNVISIS. Caracas, Venezuela.



26. COVENIN (1998b). *Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites*. Norma COVENIN MINDUR 1618:98. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela.
27. COVENIN (2001). *Edificaciones Sismorresistentes*. Norma COVENIN 1756:01. Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN, FONDONORMA y FUNVISIS. Caracas, Venezuela.
28. ESRI (2009). *Sistema de Información Geográfica, ArcGIS 9.2, versión académica*. Environmental Systems Research Institute (ESRI). <http://www.esri.com/>.
29. FEDE (1997). *Evaluación de los Centros Educativos del Edo. Sucre Reporte de Fallas por Plantel*. Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE), Caracas 19 de agosto de 1997.
30. FEDE (2001). *Planteles Construidos con Sistemas "R"*. Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE).
31. FEMA (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. FEMA 356. Federal Emergency Management Agency. Washington D.C.
32. FEMA (2003). *NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures*. FEMA 450. Federal Emergency Management Agency. Washington D.C.
33. FEMA (2005). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. FEMA 440. ATC-55 Project, Washington D.C.
34. FEMA-NIBS (2009). *Multi-hazard Loss Estimation Methodology Earthquake Model HAZUS-MH MR4, Advance Engineering Building Module, Technical and User's Manual*. Federal Emergency Management Agency (FEMA) and National Institute of Building Sciences (NIBS). Washington D.C.
35. Fernández N. (1998). *Estudio de la Sensibilidad de las Causas que Provocaron el Colapso de la Escuela Valentín Valiente en el Sismo de Cariaco del 9 de Julio de 1.997*. Trabajo Especial de Grado de Ing. Civil, F. de Ing., Universidad Central de Venezuela, Tutor: Prof. E. Castilla.
36. Giovinazzi S., Lagomarsino S., Pampanin S. (2006). *Vulnerability Methods and Damage Scenario for Seismic Risk Analysis as Support to Retrofit Strategies: an European Perspective*. 2006 NZSEE Conference.
37. Grases J., Malaver A., Montes L., Gonzales M., Herrera C., Acosta L., Lugo M., Madriz J., Hernández J. y Vargas R. (2004). *Amenazas Naturales y Vulnerabilidad en Cumaná*. Boletín Técnico IMME, Vol. 42, N. 3, pp 57-80.
38. Hernández J. J. (2009). *Confiabilidad Sísmica-estructural de Edificaciones Existentes de Caracas*. Proyecto pensar en Venezuela. Colegio de Ingenieros de Venezuela. Capítulo DMC. Jornadas 18 y 19 de septiembre de 2009. Caracas, Venezuela.

39. Hwang H., and Lin, Y. K. (2002). *Seismic Loss Assessment of Memphis City School Buildings*. Proceedings of the Seventh U. S. National Conference on Earthquake Engineering, Boston, 2002.
40. Idriss I. M. (2008). *An NGA Empirical Model for Estimating the Horizontal Spectral Values Generated By Shallow Crustal Earthquakes*. Earthquake Spectra, Vol. 24, No. 1, page 217.
41. IMME (2004). *Evaluación de Muros Portantes del Proyecto de Investigación “Desarrollo de Sistema de Muros de Mampostería Estructural Confinada de Rápido Montaje para la Vivienda de Bajo Costo”*. Informe N° 209790-A del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Facultad de Ingeniería de la UCV. Responsables: Fernández N. y Marinilli A., pp. 1-42, Caracas, Venezuela.
42. Kircher, Charles A., Aladdin A. Nassar, Onder Kustu and William T. Holmes (1997). *Development of Building Damage Functions for Earthquake Loss Estimation*. Earthquake Spectra, Vol. 13, No. 4, (Oakland, California: Earthquake Engineering Research Institute).
43. Lagomarsino, S., Penna, A. (2003). *Guidelines for the Implementation of the II Level Vulnerability Methodology*. WP4: Vulnerability assessment of current buildings. Risk-UE Project: An Advanced Approach to Earthquake Risk Scenarios with Application to different European Towns.
44. López O. A. (2009). *Indicadores de Riesgo Sísmico en Edificios Escolares de Venezuela*. Boletín Técnico IMME, Vol. 47, N. 1, pp 17-46.
45. López O. A. y Espinoza L. F. (2007). *Derrumbe del Liceo RMC durante el Terremoto de Cariaco de 1.997*. Boletín Técnico IMME, Vol. 45, N. 2, pp 35-57.
46. López O. A., Cruz M. (1996). *Number of Modes for the Seismic Design of Buildings*. Earthquake Engineering and Structural Dynamics. Vol. 25, No 8, p837-855.
47. López O. A., Hernández J. J., Del Re G., Puig J. and Espinoza L. (2007). *Reducing Seismic Risk of School Buildings in Venezuela*. Earthquake Spectra, Vol. 23, N. 4, pp 771-790.
48. López O. A., Marinilli A., Bonilla R., Fernández N., Domínguez J., Coronel D. G., Baloa T. y Vielma R. (2010). *Evaluación Sismorresistente de Edificios Escolares en Venezuela*. Rev. Fac. de Ing. de la UCV, Vol. 25, No. 4, 2010.
49. Marinilli A., Fernández N., López O. A. y Coronel D. G. (2010). *Seismic Inspection of School Buildings in Venezuela*. 9th U.S. National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering (9USN/10CCEE). July 25-29, Toronto, Canada.
50. Marinilli, Angelo. *Simplified Stochastic Analysis of Reinforced Concrete Frames under Seismic Loads*. The 14th World Conference on Earthquake Engineering. October 12-17, 2008, Beijing.
51. Microsoft Visual Studio (2008). *Visual Basic 2008 Express Edition*. Disponible en <http://www.microsoft.com/express/windows/>.
52. MOP (1939). *Norma para el Cálculo de Edificios*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios. Caracas, Venezuela.

53. MOP (1947). *Norma para el Cálculo de Edificios*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios e Instalaciones Industriales. Caracas, Venezuela.
54. MOP (1955). *Norma para el Cálculo de Edificios*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios e Instalaciones Industriales. Caracas, Venezuela.
55. MOP (1967). *Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios. Caracas, Venezuela.
56. Moreno R., (2006). *Evaluación del Riesgo Sísmico en Edificios Mediante Análisis Estático No Lineal: Aplicación a Diversos Escenarios Sísmicos de Barcelona*. Tesis Doctoral UPC.
57. NTCM (2004). *Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería*. Comité de Normas del Distrito Federal, México, D. F.
58. RISK-UE (2004). *The European Risk-UE Project: An Advanced Approach to Earthquake Risk Scenarios*. (2001-2004). [www.risk-ue.net](http://www.risk-ue.net).
59. Safina Salvador, Andrade Mónica, Schmitz Michael, Jraige Cristian and Espinosa Luis (2008). *Seismic Response of Reinforced Concrete Buildings in Caracas, Venezuela*. The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China.
60. SINACOES (2008). *Sistema Nacional de Control de Estudio*. Anteriormente llamado SIGEDUN. Ministerio del Poder Popular para la Educación. <http://planteles.me.gob.ve/>.
61. Wells, Donal L. and Coppersmith, Kevin J. *New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement*. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 4, pp. 974-1002, August 1994.

## **Anexo 2.1**

### Notación y Simbología

A continuación se presentan las notaciones y/o simbología empleada este Capítulo del Informe y su descripción:

- $A$  » coeficiente de aceleración horizontal correspondiente al cociente entre la aceleración máxima del terreno y la aceleración de gravedad.
- $\bar{A}_1$  » coeficiente de aceleración del terreno asociada al inicio del estado de daño (1) denominado "daño leve".
- $\bar{A}_2$  » coeficiente de aceleración del terreno asociada al inicio del estado de daño (2) denominado "daño moderado".
- $\bar{A}_3$  » coeficiente de aceleración del terreno asociada al inicio del estado de daño (3) denominado "daño severo".
- $\bar{A}_4$  » coeficiente de aceleración del terreno asociada al inicio del estado de daño (4) denominado "daño completo".
- $A_C$  » área de construcción de la edificación, en metros cuadrados.
- $A_c$  » Área de construcción de la escuela en metros cuadrados. Estimada a partir del índice de ocupación nominal y la población escolar.
- $\bar{A}_i$  » coeficiente de aceleración del terreno asociada al inicio del estado de daño ( $i$ ), para cada estado de daño desde  $i=1$  hasta 4.
- $A_j$  » coeficiente de aceleración máxima del terreno estimada en un sitio determinado mediante relaciones de atenuación apropiadas y debida a la ocurrencia de un evento sísmico ( $k$ ).
- $A_o$  » coeficiente de aceleración máxima del terreno estimada en un sitio determinado mediante mapas de zonificación sísmica asociados a determinado periodo de retorno.
- $C_s$  » coeficiente sísmico de diseño establecido en las normas como una fracción del peso ( $W$ ).
- $C_{uni}$  » costo estimado de construcción unitario (Bolívares por metro cuadrado).
- $d$  » daño sobre la estructura debido a un sismo.
- $F_i$  » factor de pérdida asociado al estado de daño  $i$ , como el porcentaje (%) del costo de la obra que se pierde durante el evento sísmico.



- $F_{FM}$  » factor de afectación sobre los ocupantes en términos de fallecidos o muertos asociado al estado de daño  $i$ .
- $F_{HG}$  » factor de afectación sobre los ocupantes en términos de heridos graves asociado al estado de daño  $i$ .
- $F_{HL}$  » factor de afectación sobre los ocupantes en términos de heridos leves asociado al estado de daño  $i$ .
- $F_{ocu}$  » Factor de ocupación de la edificación al momento de la ocurrencia de un sismo. Está asociado en edificios escolares a la hora de ocurrencia y a la época del año escolar.
- $g$  » aceleración de la gravedad tomada como 980 cm/seg<sup>2</sup>.
- $H = h_n$  » Altura total de la edificación, medid desde el nivel base hasta el tope.
- $i$  » índice que representa los estados de daños discretos, definidos como: ( $i=0$ ) sin daño ( $i=1$ ) daño leve; ( $i=2$ ) daño moderado; ( $i=3$ ) daño severo; ( $i=4$ ) daño completo.
- $I_{ocu}$  » Índice de ocupación nominal es el área nominal que ocupa un estudiante en una escuela respecto al área de construcción total.
- $I_p$  » Índice de Pérdida
- $I_R$  » índice de riesgo, referido al daño físico (estructural).
- $j$  » índice que representa a cada evento sísmico, definido de forma determinística.
- $L_{rup}$  » longitud de ruptura.
- $M_w$  » magnitud de momento.
- $N$  » Número de pisos de la edificación.
- $P[d>i/A]$  » probabilidad de que el estado de daño sobre la estructura ( $d$ ) exceda determinado estado de daño ( $i$ ) dado el coeficiente de aceleración  $A$ .
- $P_1$  » probabilidad de ocurrencia del estado de daño ( $1$ ) denominado "leve", para la aceleración del terreno  $A$ .
- $P_2$  » probabilidad de ocurrencia del estado de daño ( $2$ ) denominado "moderado", para la aceleración del terreno  $A$ .

$P_3$	»	probabilidad de ocurrencia del estado de daño (3) denominado "severo", para la aceleración del terreno A.
$P_4$	»	probabilidad de ocurrencia del estado de daño (4) denominado "completo", para la aceleración del terreno A.
$P_{ECO}$	»	pérdida económica en termino de costo de reposición estimado en Bolívares.
$P_{esc}$	»	Población escolar que habita la escuela, obtenido del Registro Escolar Nacional 2007-2008.
$P_{FM}$	»	pérdida en número estimado de personas muertas o fallecidas.
$P_{HG}$	»	pérdida en número estimado de personas con heridas graves.
$P_{HL}$	»	pérdida en número estimado de personas con heridas leves.
$P_i$	»	probabilidad de ocurrencia del estado de daño ( $i$ ) para cada estado de daño desde $i=1$ hasta 4.
$P_{IS}$	»	pérdida indirecta en términos de impacto social en la educación.
$R$	»	factor de reducción de respuesta.
$T$	»	periodo medio de retorno asociado a la ocurrencia de sismos.
$T^*$	»	periodo característico del espectro elástico definido por COVENIN (2001).
$T^+$	»	periodo característico del espectro de diseño definido por COVENIN (2001).
$T_a$	»	periodo de la edificación (en segundos) estimado con base a relaciones empíricas, según la norma COVENIN (2001). Es utilizado en este trabajo para estimar el coeficiente sísmico en los casos donde es requerido.
$T_e$	»	Periodo efectivo de la estructura.
$T_o$	»	periodo característico del espectro elástico definido por COVENIN (2001).
$u_1$	»	desplazamiento en el tope de la estructura asociado al inicio del estado de daño (1) denominado en este trabajo "daño leve".
$u_2$	»	desplazamiento en el tope de la estructura asociado al inicio del estado de daño (2) denominado en este trabajo "daño moderado".

- $u_3$  » desplazamiento en el tope de la estructura asociado al inicio del estado de daño (3) denominado en este trabajo "daño severo".
- $u_4$  » desplazamiento en el tope de la estructura a asociado al inicio del estado de daño (4) denominado en este trabajo "daño completo".
- $u_d$  » demanda de desplazamiento en el tope de la estructura inducida por un sismo determinado. En este trabajo es determinada a partir del método de los coeficientes (FEMA, 2005).
- $u_i$  » desplazamiento en el tope de la estructura a asociado al inicio del estado de daño ( $i$ ), para cada estado de daño desde  $i=1$  hasta 4.
- $u_u$  » desplazamiento en el tope de la estructura asociado al agotamiento, daño completo o colapso parcial o total de la estructura.
- $u_y$  » desplazamiento en el tope de la estructura adoptado para representar la cedencia generalizada de la edificación.
- $V$  » fuerza cortante en la base.
- $V_u$  » fuerza cortante última del sistema elastoplástico representativo.
- $V_y$  » fuerza cortante cedente del sistema elastoplástico representativo.
- $V_y/W$  » Relación entre la Fuerza Cortante Cedente ( $V_y$ ) y el peso ( $W$ ) del edificio, supuesta igual a el coeficiente de diseño de cada norma, incorporando la sobrerresistencia cedente.
- $W$  » peso total del edificio establecido en las normas para la determinación del coeficiente sísmico de diseño.
- $\alpha$  » factor de importancia.
- $\alpha_1$  » factor de participación del modo fundamental en el desplazamiento del último piso.
- $\beta$  » factor de magnificación promedio (COVENIN, 2001).
- $\beta_1 = \mu_0$  » fracción de la masa del edificio contenida en el modo fundamental.
- $\beta_{Ai}$  » desviación estándar del  $\ln(A)$ , asociada a cada estado de daño ( $i$ ).
- $\Delta d$  » Diferencia entre el daño observado y el daño ponderado.

$\lambda$	»	factor que relaciona la ductilidad nominal con la ductilidad última.
$\pi$	»	constante de valor 3,141592.
$\varphi$	»	factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal (COVENIN, 2001).
$\Omega_D$	»	sobrerresistencia asociada al diseño.
$\Omega_M$	»	sobrerresistencia de la estructura que puede ser asociada a la sobrerresistencia de los materiales de construcción.
$\Omega_o$	»	sobrerresistencia total de la estructura.
$\Omega_S$	»	sobrerresistencia asociada a la redundancia del sistema estructural.
$\Omega_u$	»	sobrerresistencia última de la estructura.
$\Omega_y$	»	sobrerresistencia cedente.

## **Anexo 2.2**

### Consulta a Expertos



## **Introducción**

Como una de las iniciativas planteadas en esta investigación, se llevó a cabo una encuesta o consulta a un grupo de expertos venezolanos en el área de ingeniería estructural y sismorresistente, con el fin de dar un soporte adicional a los valores medios del factor de ductilidad nominal adoptados en este trabajo para los resultados presentados. Con base en algunos de los criterios del conocido “*Método Delphi*”, se preparó un cuestionario o encuesta para la consulta, la misma se hizo llegar de forma selectiva al grupo de expertos, en la mayoría de los casos a través de correos electrónicos y en otros en forma física. Se logró obtener la respuesta a la encuesta de 10 expertos, de una cantidad un poco mayor de consultados. Finalmente se presenta la respuesta estadística del grupo consultado.

## **Objetivo y criterios de la consulta**

El objetivo de la consulta fue recopilar una estadística basada en el criterio de expertos venezolanos en el área de ingeniería estructural y sismorresistente, sobre los posibles rangos de valores del factor de capacidad dúctil nominal de edificaciones escolares de poca altura, diseñadas y construidas con normas asociadas a ciertas épocas.

## **Definición del factor de ductilidad nominal**

En este trabajo se ha denominado como factor de ductilidad nominal ( $\mu$ ), a el factor mediante el cual se puede relacionar el desplazamiento elástico de la estructura con el desplazamiento inelástico asociado a un estado de daño reparable (establecido en las normas) para un evento sísmico periodo de retorno de 475 años, o de 10% probabilidad de ocurrencia en 50 años.

## **Metodología Empleada**

El *Método Delphi* es una metodología de investigación multidisciplinaria para la realización de pronósticos y predicciones. Es una técnica subjetiva basada en la opinión de expertos. Su objetivo es la consecución de un consenso basado en la discusión entre expertos. Es un proceso repetitivo. Su funcionamiento se basa en la elaboración de un cuestionario que ha de ser contestado por los expertos. Una vez recibida la información, se vuelve a realizar otro cuestionario basado en el anterior para ser contestado de nuevo. Finalmente el responsable del estudio elaborará sus conclusiones a partir de la explotación estadística de los datos obtenidos. El método tiene cuatro etapas sucesivas de envíos de cuestionarios, de los que se sintetizan las respuestas para elaborar la siguiente consulta, hasta llegar a un resultado de consenso. Tras un primer test de aproximación, en la segunda consulta los expertos deben volver a responder viendo los resultados de la primera y justificar sus divergencias con el grupo. En la tercera consulta, se pide a cada experto debe comentar los argumentos que disienten de la mayoría y en el cuarto turno se reclama la opinión sobre el consenso final. Los principios fundamentales del método son: el anonimato de los intervinientes, la repetitividad y realimentación controlada y la respuesta del grupo en forma estadística.

## Selección de las épocas

En la consulta se establecieron cuatro épocas para la asignación del rango de  $\mu$ , a continuación se discute sobre su selección.

Se seleccionaron cuatro periodos o épocas definidas por: i) antes de 1967; ii) entre 1967 y 1982; iii) entre 1982 y 1998 y iv) después de 1998.

En el caso del primer periodo antes de 1967 la fecha se ve reflejada en el cambio de normativa para el diseño y construcción producto del terremoto de Caracas ocurrido en julio de 1967. Ese año se presenta la norma provisional del MOP (MOP, 1967) para sustituir la anterior (MOP, 1955), por lo cual este periodo viene marcado por el diseño que se realizaba con las normas MOP (1955), MOP (1947) y MOP (1939).

El segundo periodo 1967-1982 está marcado con la aparición de nuevas y modernas normas para la época, con significativas mejoras de carácter sismorresistente, esta fueron la COVENIN 1753-80 (COVENIN, 1980) para estructuras de concreto y la COVENIN 1618-81 (COVENIN, 1981) para estructuras de acero, aunado la norma sísmica COVENIN 1756-82 (COVENIN, 1982). Esto significó un progreso en la capacidad sismorresistente las edificaciones venezolanas.

El tercer y cuarto periodo, quizás el más discutido, está marcado por el periodo entre 1982-1998 y posterior al 1998 respectivamente. La escogencia de estos rangos puede justificarse en primera instancia con el cambio de la norma sísmica COVENIN 1756-98 (COVENIN, 1998). Si bien es cierto que la ductilidad está directamente asociada al nivel de diseño sismorresistente empleado y no a la fuerza de diseño, esta fecha puede representar una consolidación del conocimiento en la práctica constructiva venezolana con los requerimientos expuesto e la norma de diseño para edificaciones de concreto COVENIN 1753-87 (COVENIN, 1987) y bien coincide con la nueva norma para el diseño de edificaciones de acero COVENIN1618-98 (COVENIN, 1998a). Una revisión más refinada de combinaciones entre normas de diseño y normas sísmicas puede consultarse en Hernández (2009).

## Resultados obtenidos

Se presenta el resultado estadístico del grupo de expertos consultado. En la Tabla A.2.2.1 se presentan los valores medios y las desviaciones estándar asociadas del factor de ductilidad nominal, para los periodos expuestos.

**Tabla A.2.2.1. Valore medios y desviación estándar de la consulta del factor  $\mu$ .**

	Edificio Construido:			
	Antes de 1967	Entre 1967 y 1982	Entre 1982 y 1998 (ND3)	Después de 1998 (ND3)
<b>Media (<math>\mu</math>)</b>	1,70	2,85	4,05	4,61
<b>Desviación estándar (<math>\sigma_\mu</math>)</b>	0,66	1,06	1,22	1,15
<b>Media + <math>\sigma_\mu</math></b>	2,36	3,91	5,28	5,75
<b>Media - <math>\sigma_\mu</math></b>	1,04	1,79	2,83	3,46

En las Figuras A.2.2.1, A.2.2.2, A.2.2.3 y A.2.2.4, se presentan los resultados puntuales de cada respuesta respetando el anonimato de experto consultado.

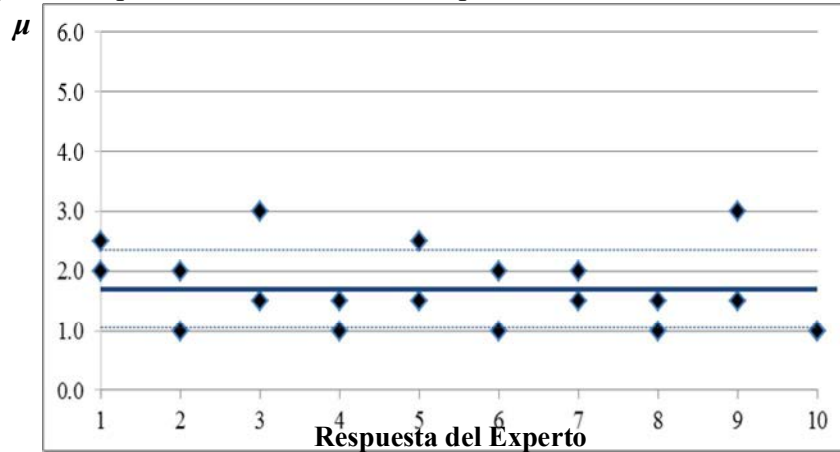


Figura A.2.2.1. Respuesta de valores de  $\mu$  para escuelas construidas antes de 1967.

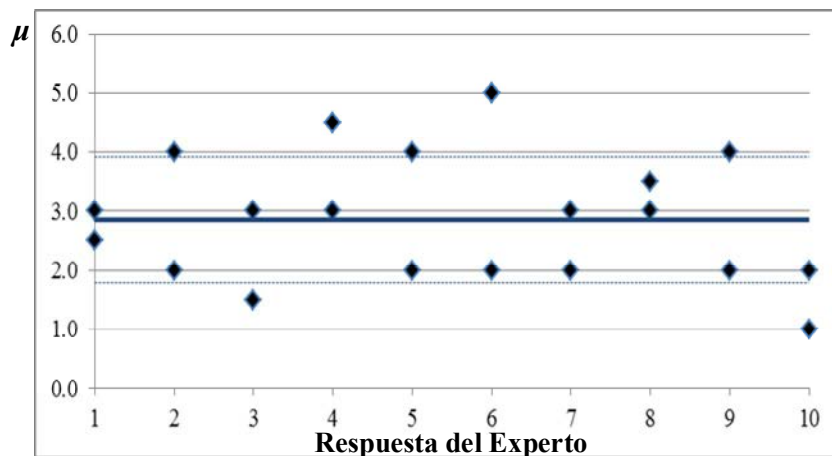


Figura A.2.2.2. Respuesta de valores de  $\mu$  para escuelas construidas entre 1967 y 1982.

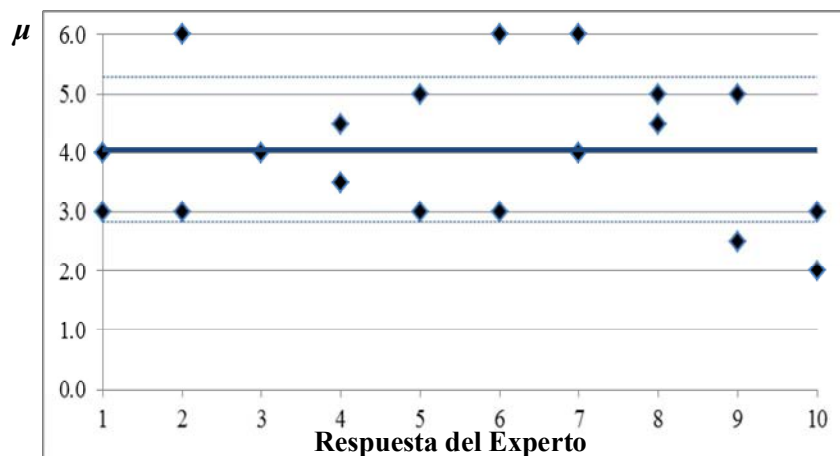
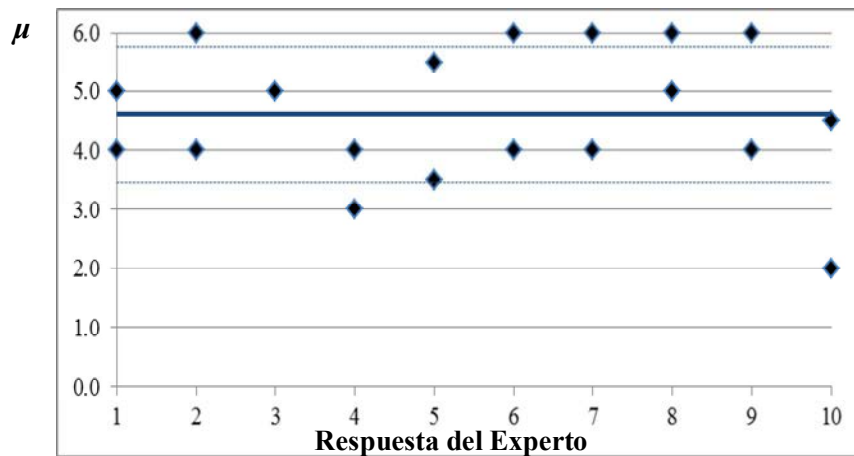


Figura A.2.2.3. Respuesta de valores de  $\mu$  para escuelas construidas entre 1982 y 1998.



**Figura A.2.2.4. Respuesta de valores de  $\mu$  para escuelas construidas después de 1998.**

Se agradece la participación de los expertos en el área de ingeniería estructural y sismorresistente que amablemente dedicaron algunos minutos de su valioso tiempo en dar respuesta a la consulta enviada, los se mencionan a continuación en estricto orden alfabético:

Alfredo Morón
Arnaldo Gutiérrez
Francisco Corredor
José Grases
José Luis Alonso
José Parra
Norberto Fernández
Oscar Andrés López
Salador Safina
William Lobo Q.

De igual forma se agradece aquellos expertos a los cuales se les hizo llegar la encuesta y que con base a sus criterios y experiencias decidieron no responder la encuesta.

Finalmente se muestra a continuación el formato de la encuesta enviado a los expertos y a partir del cual se obtuvieron los resultados:

## CONSULTA A EXPERTOS

### 1) Datos

- ✓ Dado un edificio escolar construido en Venezuela en una época determinada, cumpliendo con la norma de diseño y construcción vigente en el momento.
- ✓ Se conoce la curva cortante basal – desplazamiento en el último piso, la cual se ha obtenido ya sea de ensayos o de análisis estático no lineal y se ha idealizado como bilineal (ver Figura 1).
- ✓ Se define el factor de ductilidad nominal ( $\mu$ ) como:

$$\mu = \frac{u_i}{u_y}$$

- ✓ Se desea estimar un rango de valores para el factor de ductilidad ( $\mu$ ).

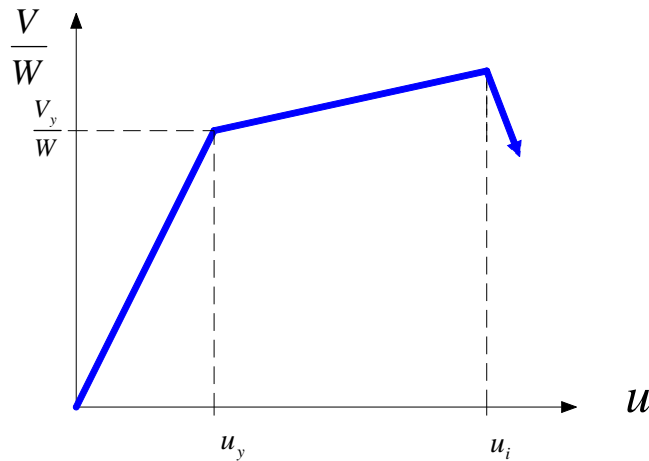


Figura A.2.2.5. Idealización bilineal de la Curva de Capacidad.

### 2) Pregunta

- ✓ Le agradecemos colocar en la tabla siguiente su mejor estimado del rango de valores posibles de  $\mu$  para un edificio del tipo escolar, de pocos pisos, construido en las épocas allí indicadas, las cuales se corresponden con los cambios en las normas.

		Edificio Construido:			
		Antes de 1967	Entre 1967 y 1982	Entre 1982 y 1998 (ND3)	Después de 1998 (ND3)
Rango de Valores posibles de $\mu$	Menor				
	Mayor				

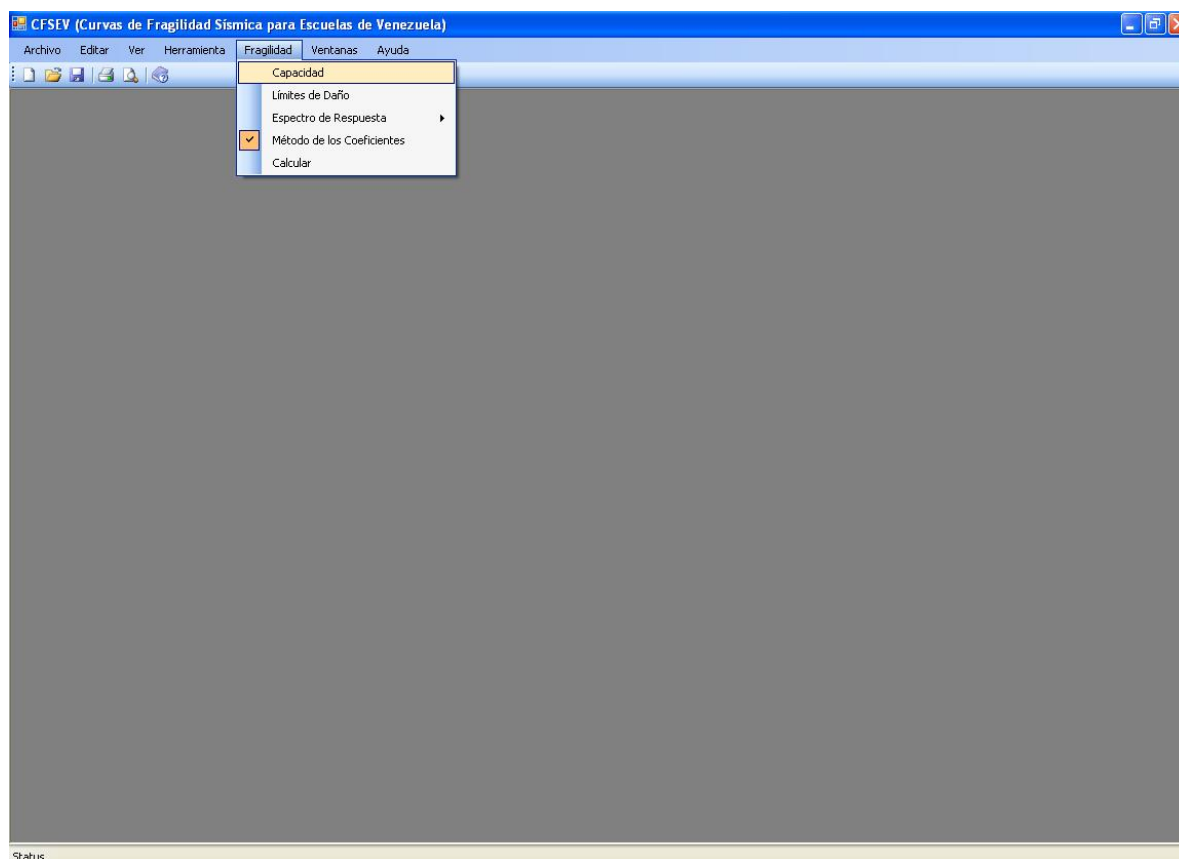


## **Anexo 2.3**

CFSEV Manual de Usuario

## Introducción

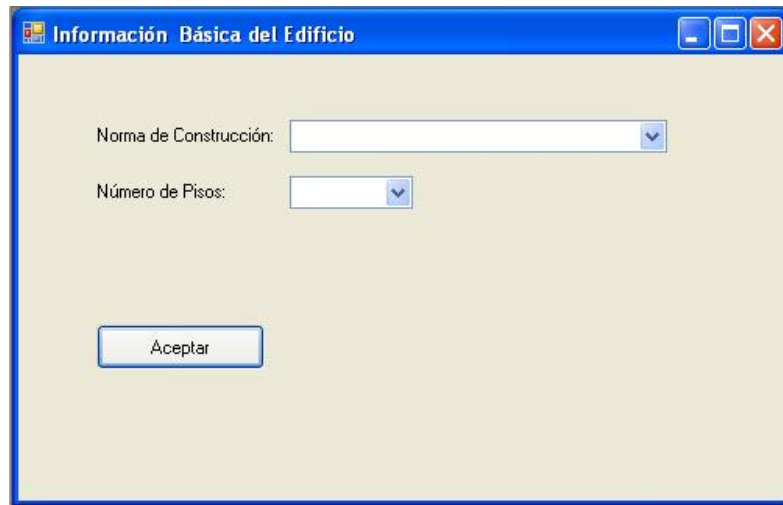
El programa CFSEV es una herramienta de implementación de la metodología desarrollada en este trabajo para la determinación de Curvas de Fragilidad Sísmicas para Escuelas de Venezuela, fue realizado bajo ambiente *Windows* mediante *Visual Basic 2008 Express Edition* (Microsoft Visual Studio, 2008). Permite dado los datos básicos de un edificio escolar estimar la curva de capacidad y las curvas de fragilidad sísmicas de un edificio. En este breve manual de usuario se presentaran las ventanas o formularios disponibles en el programa con comentarios para el llenado de los datos y lectura de los resultados.



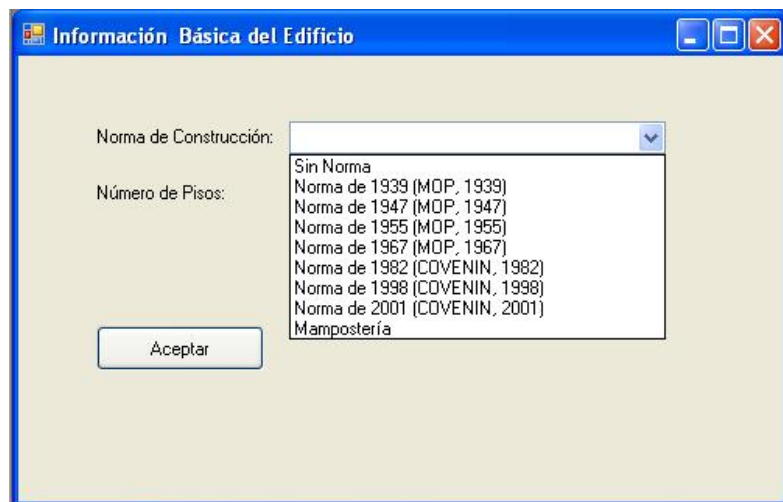
Menú principal de programa CFSEV en cual consta de los siguientes cinco sub-menú:



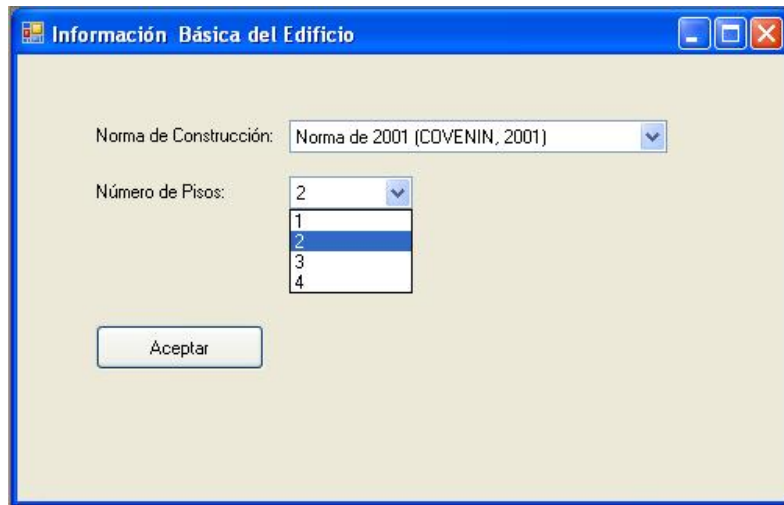
El submenú Capacidad abre los siguientes formularios de datos:



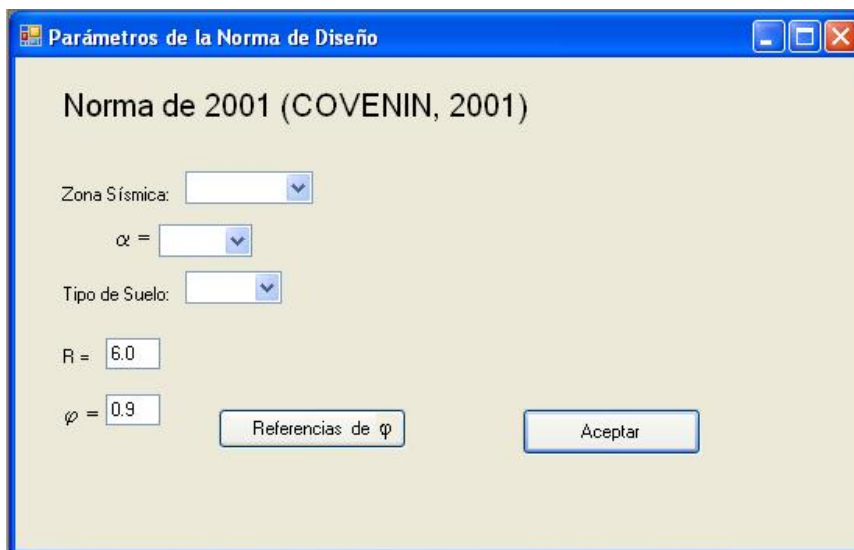
Selección de la norma de construcción y diseño Venezonala entre las 9 opciones asociadas al año de construcción.



Selección del número de pisos del edificio escolar, típicamente entre 1 y 4 pisos.



Seleccionado los datos básicos se deben seleccionar y llenar los datos asociados a cada una de las normas. Para la norma COVENIN (2001) y COVENIN (1998) se deben llenar los parámetros asociados al diseño sísmico o espectro de diseño.



Parámetros de la Norma de Diseño

Norma de 1998 (COVENIN, 1998)

Zona Sísmica:

$\alpha =$

Tipo de Suelo:

R =

$\varphi =$

Parámetros de la Norma de Diseño

Norma de 1982 (COVENIN, 1982)

Zona Sísmica:

$\alpha =$

Tipo de Suelo:

D =



The screenshot shows a dialog box titled "Parámetros de la Norma de Diseño" with a blue header bar. The main content area is light beige and contains the text "Norma de 1967 (MOP, 1967)". Below this, there are four dropdown menus: "Zona Sísmica:", "Tipo de Estructura:", "Tipo de Suelo:", and "Grupo:". Each dropdown menu is currently closed. At the bottom right of the dialog, there is a button labeled "Aceptar".

The screenshot shows a dialog box titled "Parámetros de la Norma de Diseño" with a blue header bar. The main content area is light beige and contains the text "Norma de 1955 (MOP, 1955)". Below this, there is a dropdown menu labeled "Zona Sísmica:". The dropdown menu is open, showing three options: "Zona A", "Zona B", and "Zona C", with "Zona C" selected. At the bottom right of the dialog, there is a button labeled "Aceptar".

Parámetros de la Norma de Diseño

Norma de 1947 (MOP, 1947)

Zona Sísmica:

Zona C  
Zona A  
Zona B

Aceptar

Parámetros de la Norma de Diseño

Norma de 1939 (MOP, 1939)

Zona Sísmica:

Zona 0  
Zona 1

Aceptar

En el caso particular de escuelas de 1 piso de mampostería, se debe seleccionar:

The image shows a software dialog box titled "Parámetros de la Norma de Diseño". Inside, the "Mampostería" section contains two dropdown menus. The first, "Zona Sísmica", is set to "Zona 1". The second, "Tipo de Mampostería", is open, showing a list of four options: "Confinada Techo Liviano", "Confinada Techo Pesado", "No Confinada Techo Liviano", and "No Confinada Techo Pesado". The first option is highlighted. Below the dropdowns is an "Aceptar" button.

Luego de llenar los datos de la norma correspondiente al edificio escolar en estudio, aparece el siguiente formulario el cual presenta los valores por defecto utilizados en este trabajo necesario en la metodología desarrollada. Estos valores pueden ser editados por el usuario si considera que de alguna manera puede colocar un valor particular con mayor precisión.

**Párametros de la Capacidad**

**Parámetros de sobrerresistencia cedente y última para los periodos indicados:**

Antes de 1967		Entre 1967 y 1982		Después de 1982	
(Nivel de Diseño Bajo, ND1)		(Nivel de Diseño Medio, ND2)		(Nivel de Diseño Especial, ND3)	
$\Omega_y$	$\Omega_u$	$\Omega_y$	$\Omega_u$	$\Omega_y$	$\Omega_u$
1.60	1.50	1.70	1.50	1.80	1.50

**Parámetros indicados de acuerdo al número de pisos:**

					Antes de 1982	Después de 1982
N	hn (m)	$\alpha_1$	$\beta_1$	Ta (seg)	Te (seg)	Te (seg)
1	3	1.00	1.00	0.16	0.34	0.27
2	6	1.15	0.96	0.27	0.58	0.45
3	9	1.20	0.93	0.36	0.79	0.61
4	12	1.25	0.91	0.45	0.99	0.76

**Valores del factor de ductilidad nominal ( $\mu$ ) para distintos periodos:**

Antes de 1967	Entre 1967 y 1982	Entre 1982 y 1998 (ND3)	Después de 1998 (ND3)
2.0	3.0	4.0	4.5

$\lambda =$

**Valores del factor Fw**

N	MOP 1939	MOP 1947	MOP 1955	MOP 1967	COVENIN 1982	COVENIN 1998 y 2001
1	0.857	0.857	0.857	0.857	0.857	0.857
2 - 4	1.143	1.000	0.857	0.929	0.929	1.000

Luego se debe ingresar al submenú Límites de Daño si se desean editar los valores por defecto.



**CFSEV (Curvas de Fragilidad Sísmica para Escuelas de Venezuela)**

Archivo Editar Ver Herramienta **Fragilidad** Ventanas Ayuda

- Capacidad
- Límites de Daño**
- Espectro de Respuesta
- Método de los Coeficientes
- Calcular

**Límites de Daño:**

Ingresar Datos por:

$U_1 = 0.70 U_y$

$U_2 = 1.00 U_y$

$U_3 = 1.00 U_y + 0.25 (U_u - U_y)$

$U_4 = 1.00 U_u$

Seguidamente se debe ingresar al submenú Espectro de Respuesta o Demanda en el cual se puede seleccionar varias opciones de formas espectrales a utilizar para caracterizar la demanda sísmica.

**CFSEV (Curvas de Fragilidad Sísmica para Escuelas de Venezuela)**

Archivo Editar Ver Herramienta **Fragilidad** Ventanas Ayuda

- Capacidad
- Límites de Daño
- Espectro de Respuesta**
  - Espectro COVENIN 2001
  - Espectro PM25
  - Espectro López et al, 2006
  - Espectro NGA, 2008
  - Espectro Particular
- Método de los Coeficientes
- Calcular

**Parámetros del Espectro de Respuesta (COVENIN, 2001)**

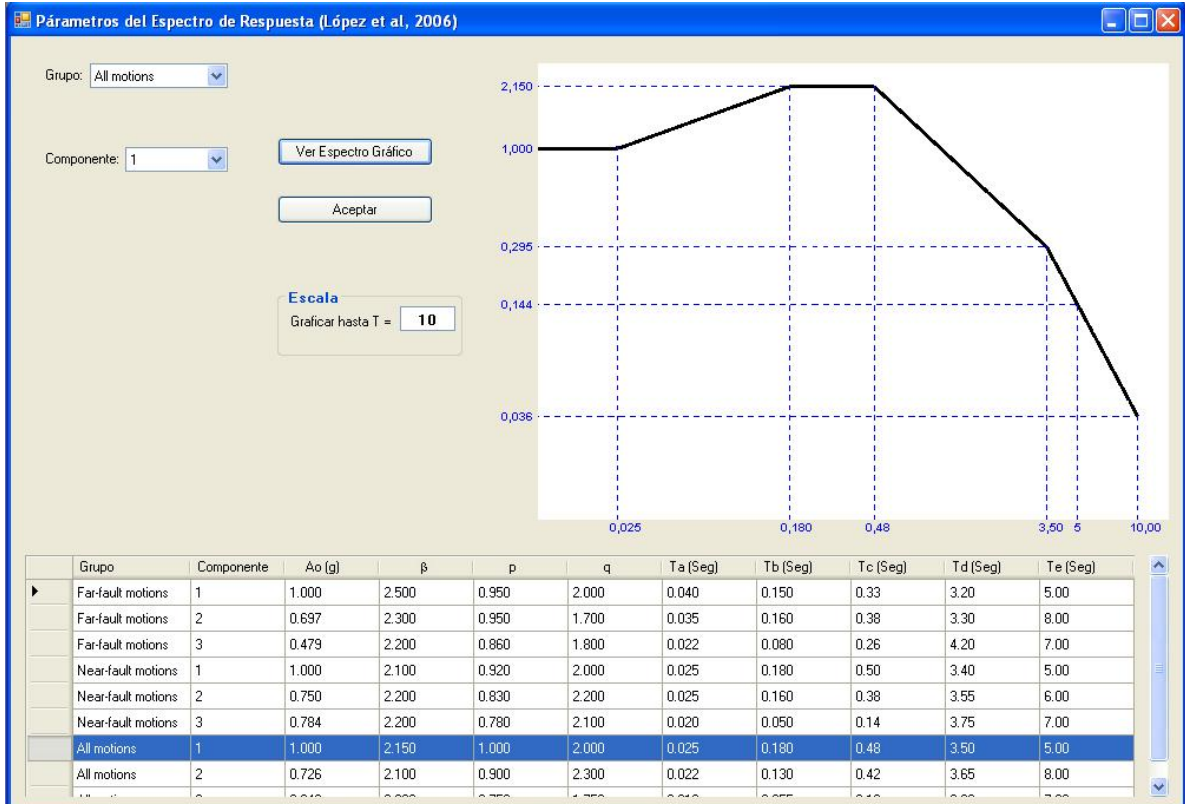
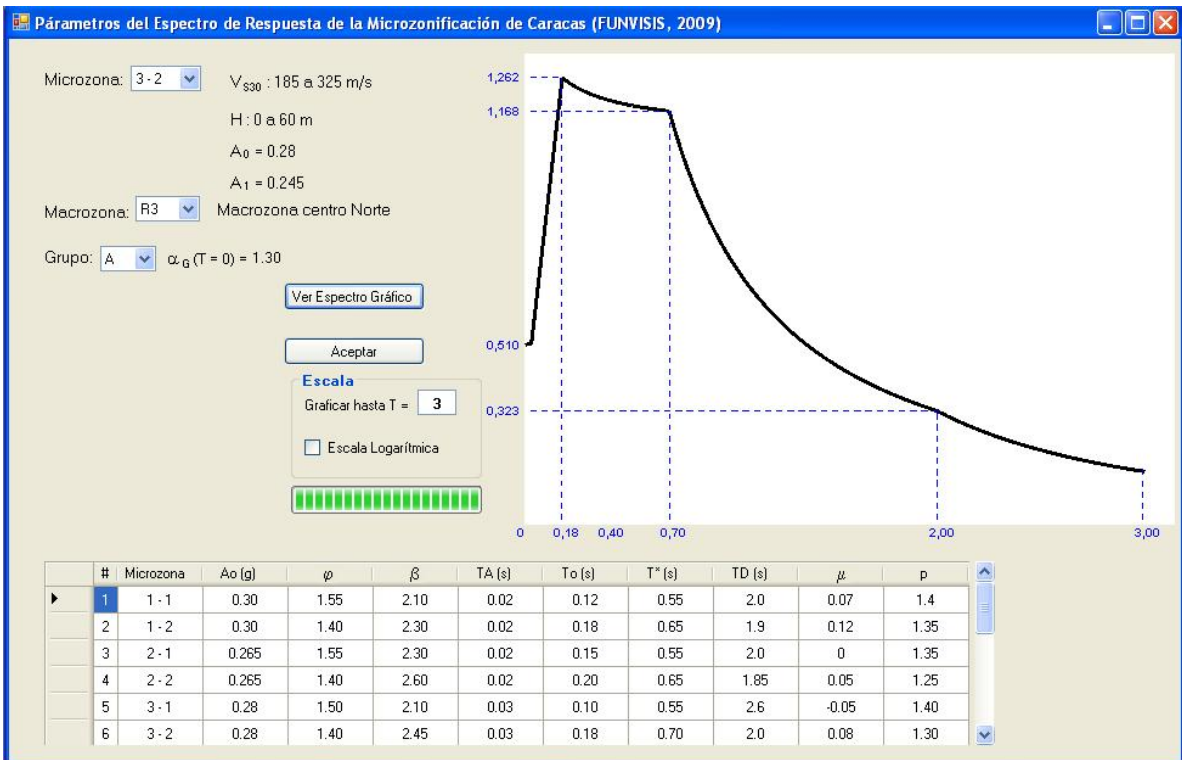
Forma Espectral:

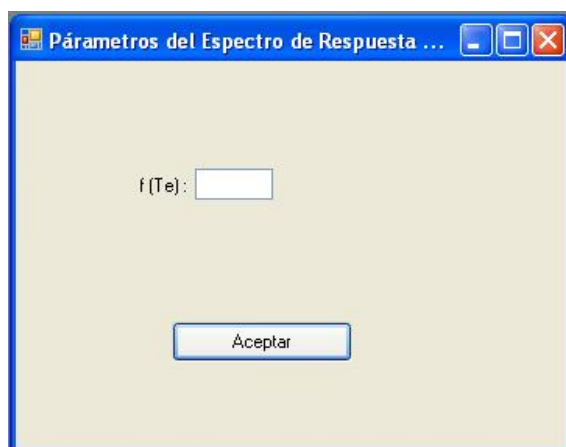
Beta:  T\*:  P:

Factor de Importancia:  F. Imp.:

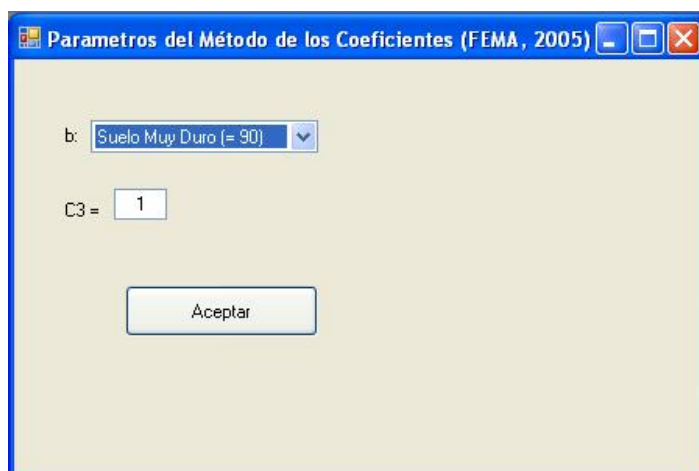
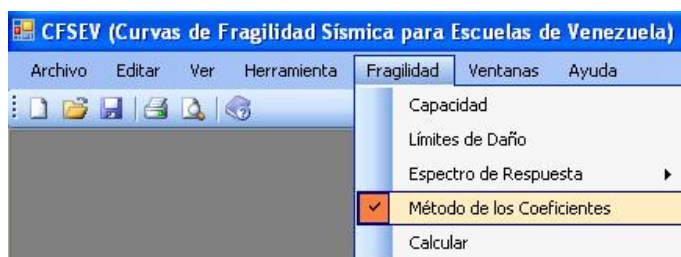
Factor de  $\phi$



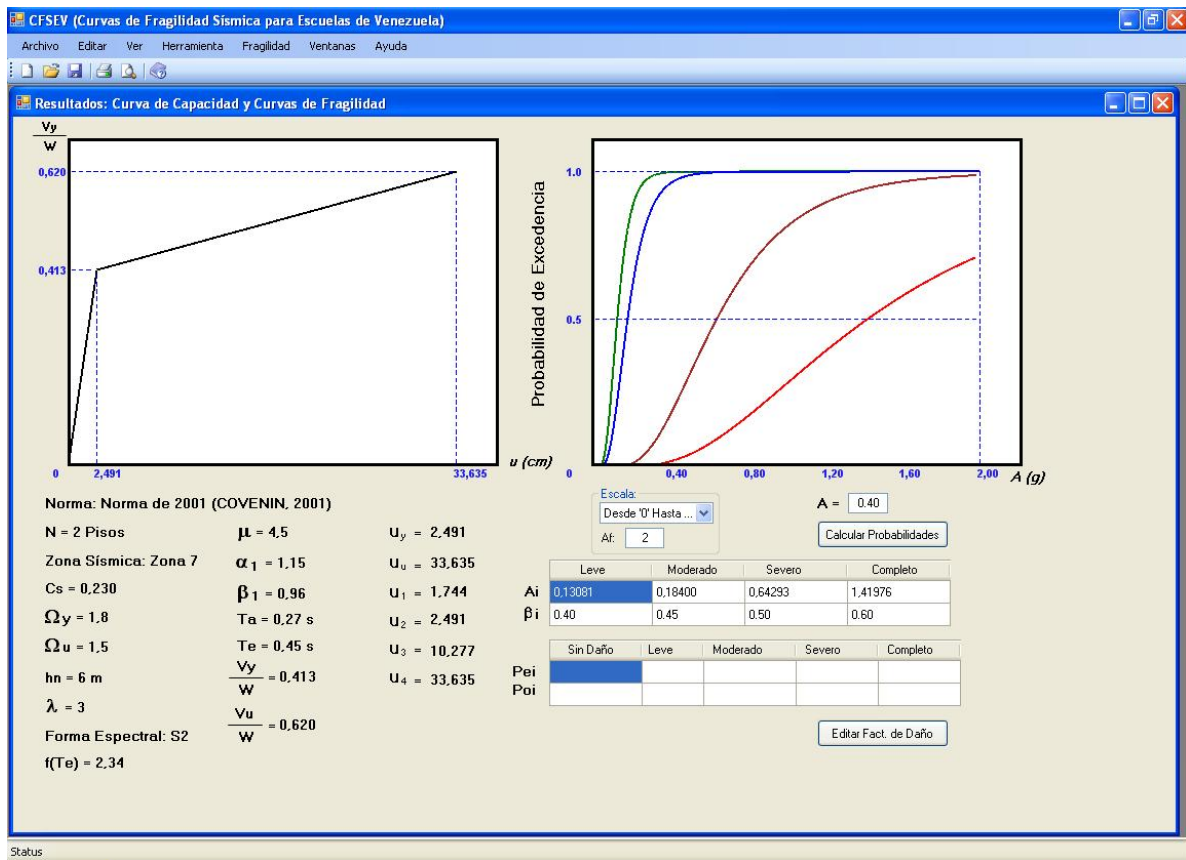




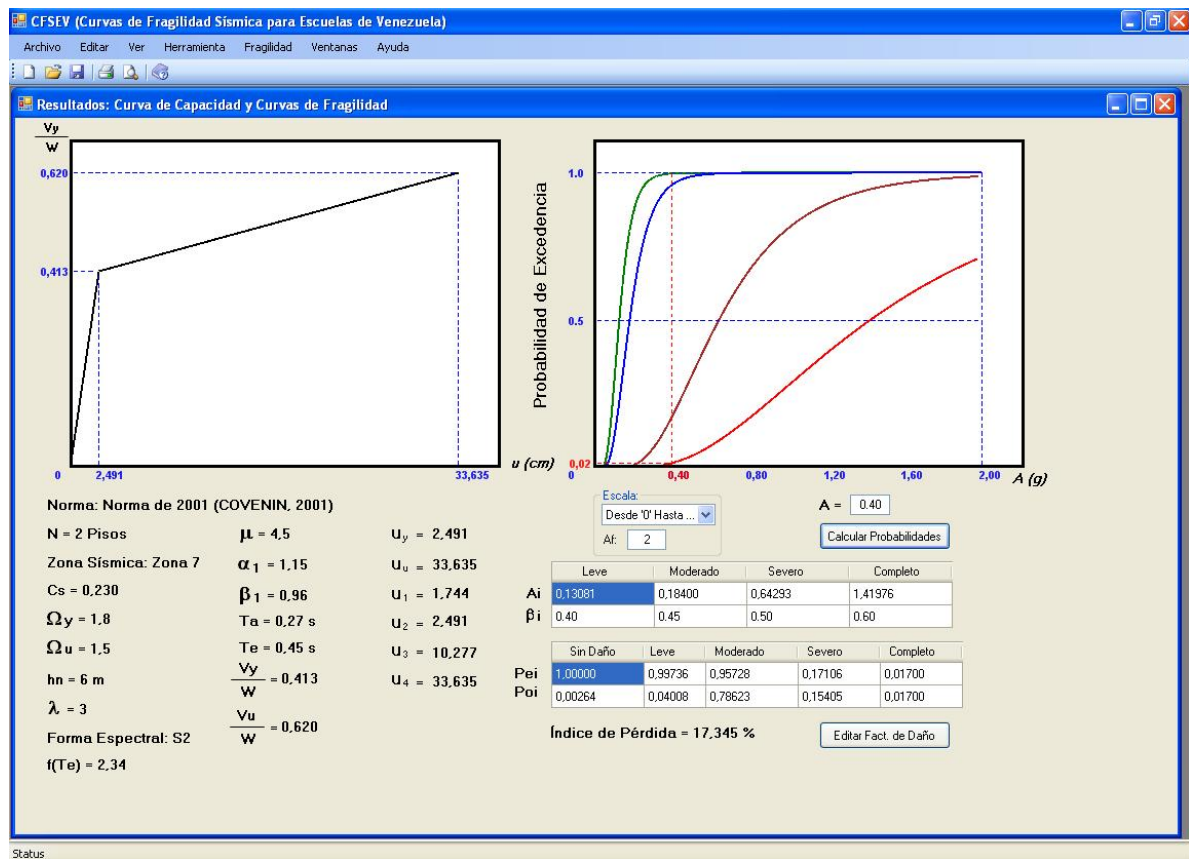
Una vez definida la forma espectral se debe colocar parámetros asociados al método de los coeficientes:



Finalmente en el submenú Calcular se pueden visualizar los resultados de la metodología de manera bastante gráfica.



En el formulario de resultado se pueden ver a la izquierda la curva de capacidad y a la derecha a las 4 curvas de fragilidad sísmica aproximadas. También se puede colocar en valor de coeficiente de aceleración del terreno y determinar el índice de pérdida dado ese terremoto.



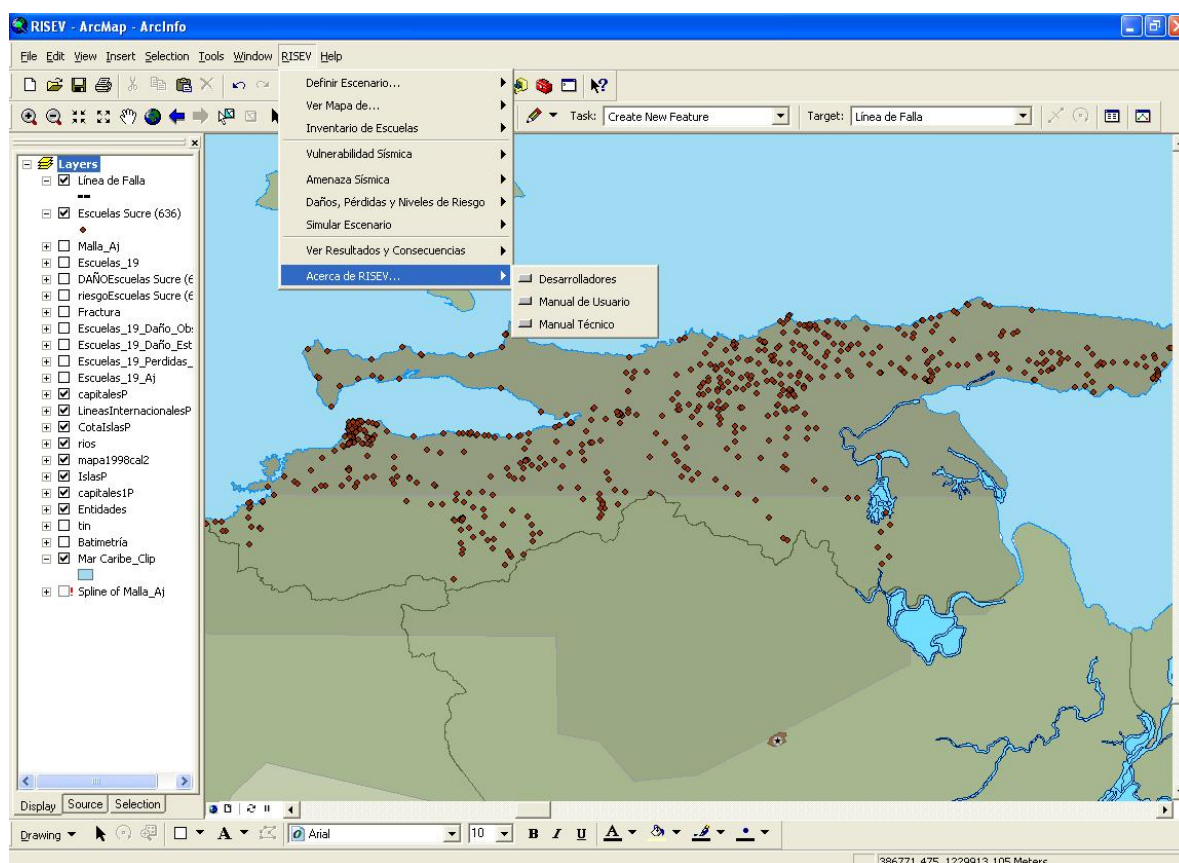
## **Anexo 2.4**

RiSEV Manual de Usuario

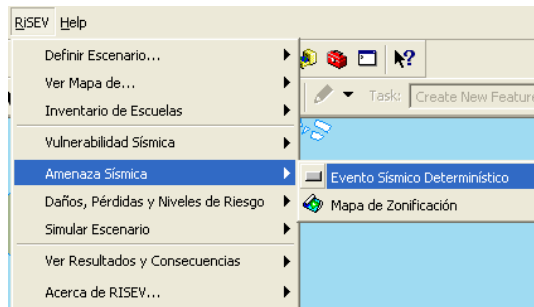


## Introducción

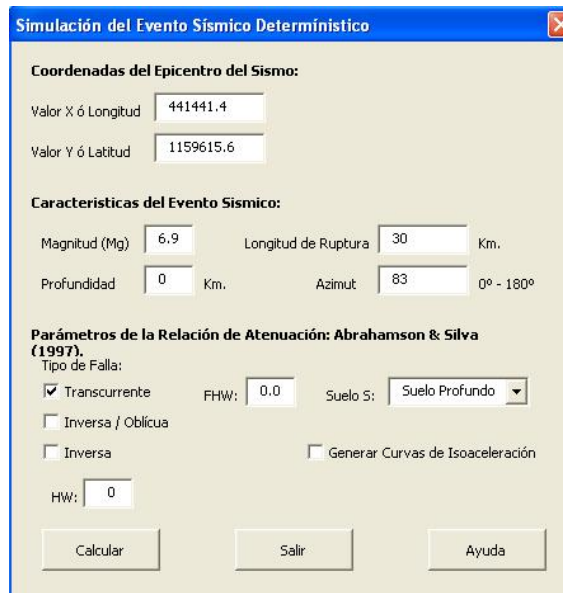
El programa RiSEV es una herramienta de implementación de la metodología desarrollada en este trabajo para la determinación de Daños, Pérdidas y Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela, fue realizado a partir de la programación en el entorno del *Visual Basic Application* (VBA) interno del Sistema de Información Geográfica (SIG) conocido como ArcGIS 9.2 (ESRI, 2009). De una base de datos de edificaciones escolares con los datos básicos de cada uno de los edificios, estimar la curva de capacidad y las curvas de fragilidad sísmicas de todos los edificios de la base de datos. Por otro lado permite simular un evento sísmico particular mediante el cual se estiman las aceleraciones en cada sitio de la escuela. En este breve manual de usuario se presentaran las ventanas o formularios disponibles en el programa RiSEV con comentarios para el llenado de los datos y lectura de los resultados.



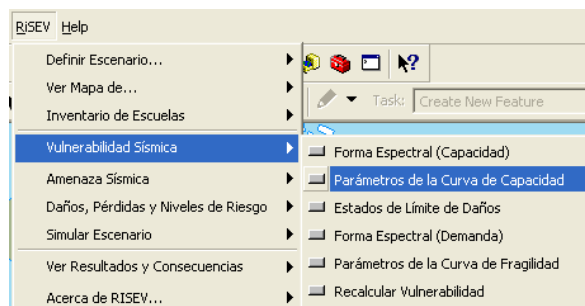
Menú principal de programa RiSEV en cual consta de los siguientes cinco sub-menú:



Para la simulación de evento sísmico se debe colocar las coordenadas del epicentro en UTM, la magnitud de momento, longitud de la ruptura, profundidad y azimut de la ruptura. También deberán darse los parámetros acordes a la relación de atenuación seleccionada.



Luego de simulado el evento sísmico deberán darse los parámetros asociados a la vulnerabilidad sísmica, necesario para construir las curvas de fragilidad.



**Espectro de Capacidad**

Forma Espectral: S2 Ver T\*: 0.7

Factor de Importancia: B2 Ver B: 2.6

Factor de Fi: 0.9 Alfa: 1

Editar

Calcular Espectro Salir Ayuda

**Capacidad**

**Valores adoptados de sobrerresistencia cedente y última para los periodos indicados:**

Antes de 1967 (Nivel de diseño bajo, ND1)		Entre 1967 y 1982 (Nivel de diseño Medio, ND2)		Después de 1982 (Nivel de diseño especial, ND3)	
$\Omega_y$	$\Omega_u$	$\Omega_y$	$\Omega_u$	$\Omega_y$	$\Omega_u$
1.60	1.50	1.70	1.50	1.80	1.50

**Valores de los parámetros indicados de acuerdo al número de pisos:**

Nº	hn (m)	$\alpha_1$	$\beta_1$	Ta (seg)	Antes de 1982	Después de 1982
					Te(seg)	Te(seg)
1	3	1.00	1.00	0.16	0.34	0.27
2	6	1.15	0.96	0.27	0.58	0.45
3	9	1.20	0.93	0.36	0.79	0.61
4	12	1.25	0.91	0.45	0.99	0.76

**Valores del factor de ductibilidad ( $\mu$ ) para distintos periodos:**

Antes de 1967	Entre 1967 y 1982	Entre 1982 y 1998 (ND3)	Después de 1998 (ND3)	$\lambda$ :
2.0	3.0	4.0	4.5	3.0

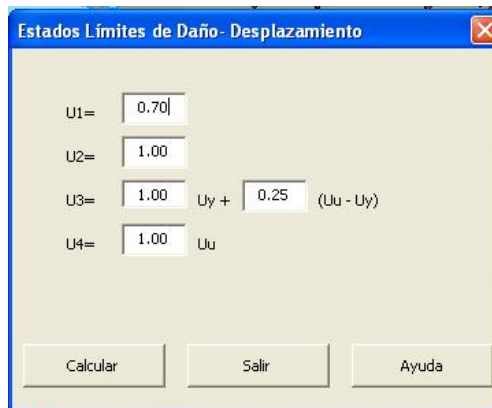
**Valores de fw según la Norma:**

Para 1 Piso: 0.857

Para más de 1 Piso:

1939	1947	1955	1967	1982	1998, 2001
1.143	1.00	0.857	0.929	0.929	1.00

Calcular Salir Ayuda



Estados Límites de Daño - Desplazamiento

U1= 0.70


U2= 1.00

U3= 1.00 U<sub>y</sub> + 0.25 (U<sub>u</sub> - U<sub>y</sub>)

U4= 1.00 U<sub>u</sub>

Calcular Salir Ayuda

Para representar la forma espectral de la demanda se debe seleccionar:




Espectro de Demanda

Selección de Espectro de Demanda

Norma COVENIN 2001

Abrahamson & Silva (NGA 2008)

Continuar



Espectro de Demanda

Forma Espectral: S2 Ver

Factor de Importancia: B2 Ver

Factor de Fi: 0.9

T\*: 0.7

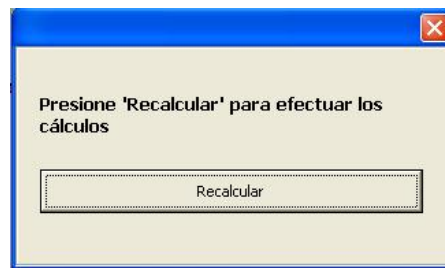
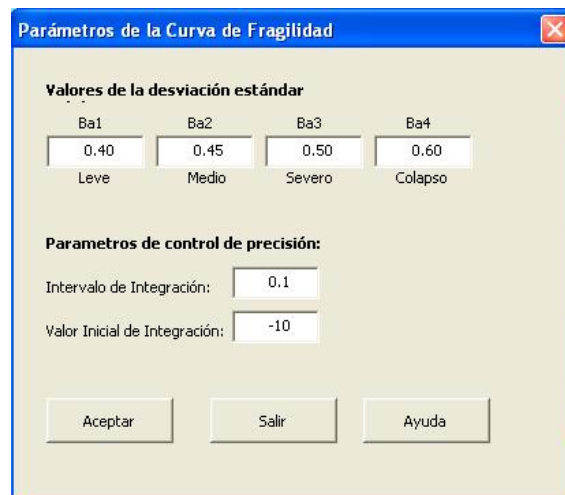
B: 2.6

p: 1.00

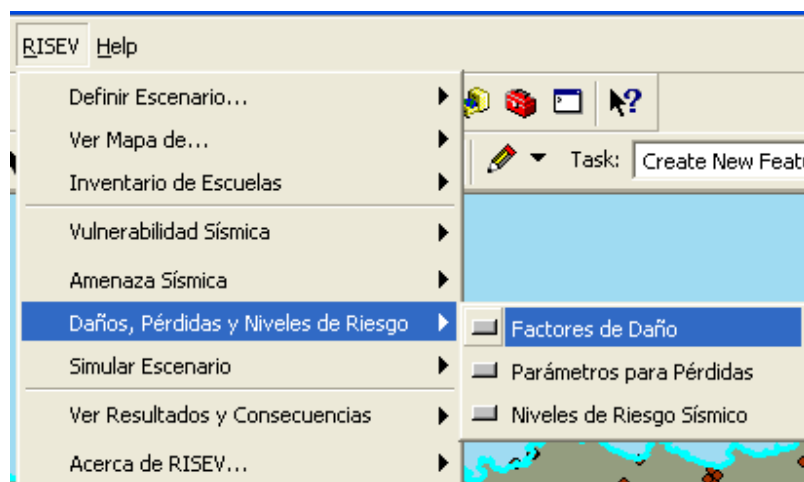
Alfa: 1

Editar

Calcular Espectro Salir Ayuda



Luego para la determinación de consecuencias (daños, pérdidas sociales y económicas y niveles de riesgo sísmico) se pueden modificar los siguientes parámetros.

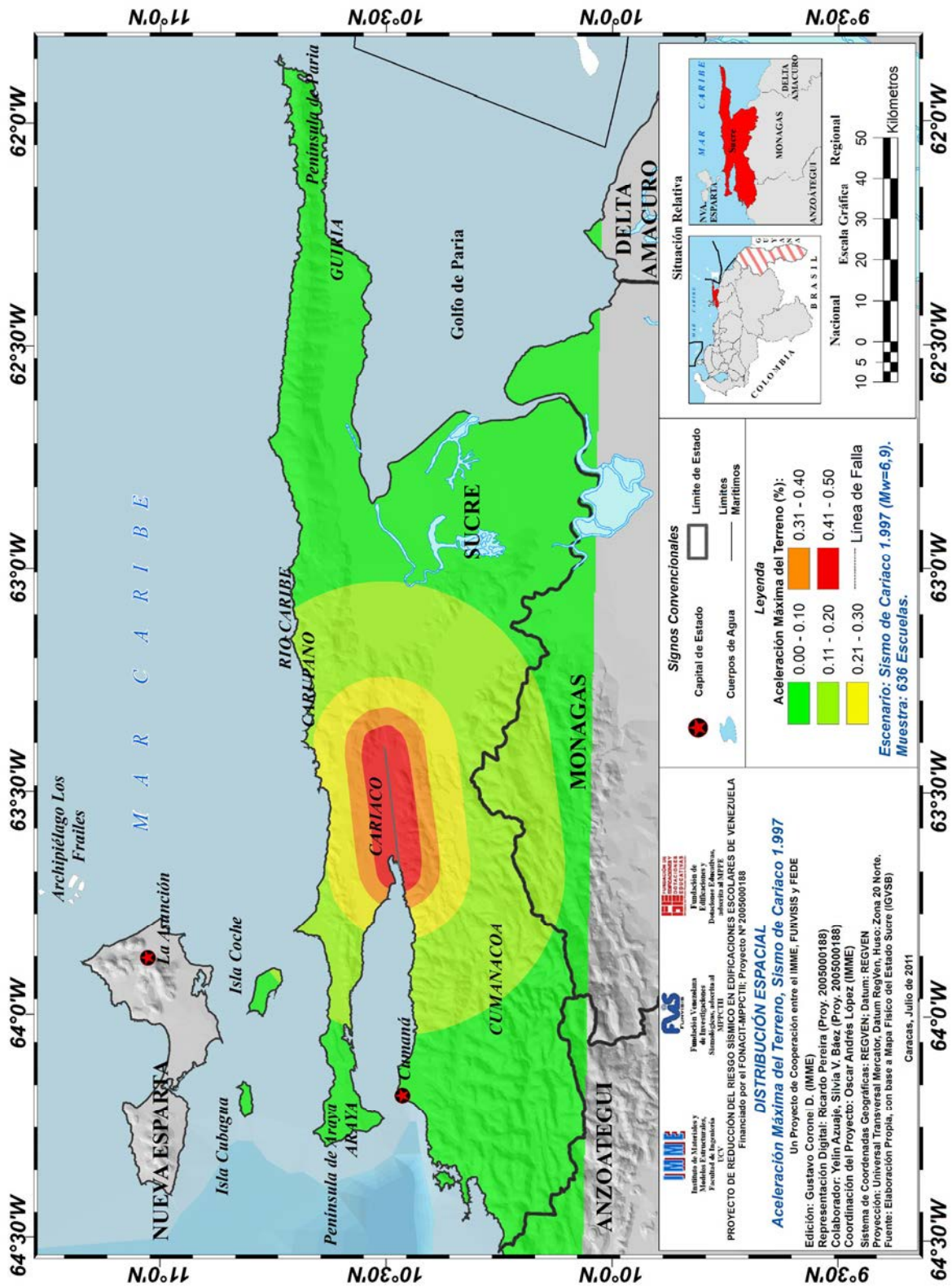


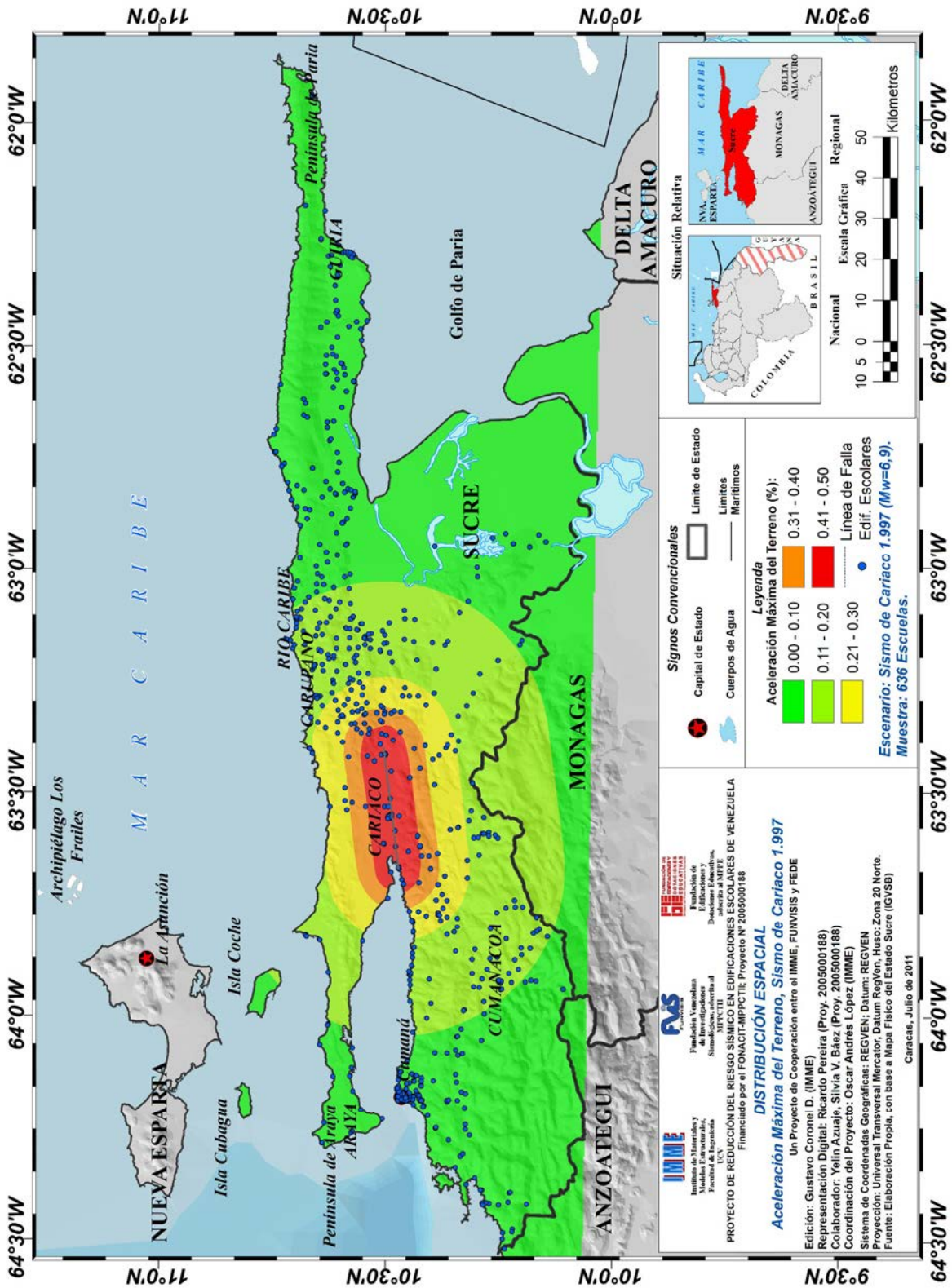


## **Anexo 2.5**

Mapas de Resultados:

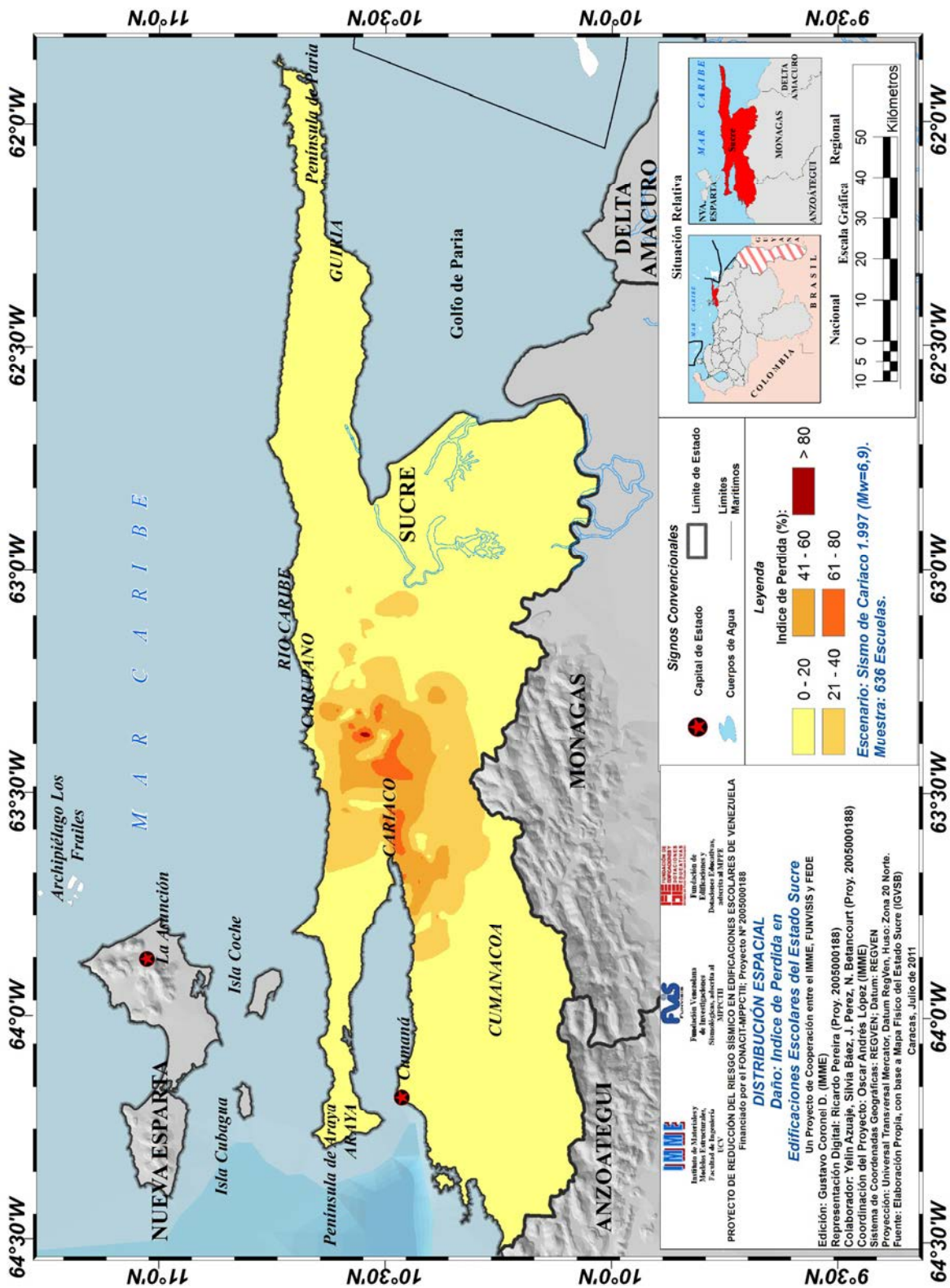
Escenarios del Estado Sucre



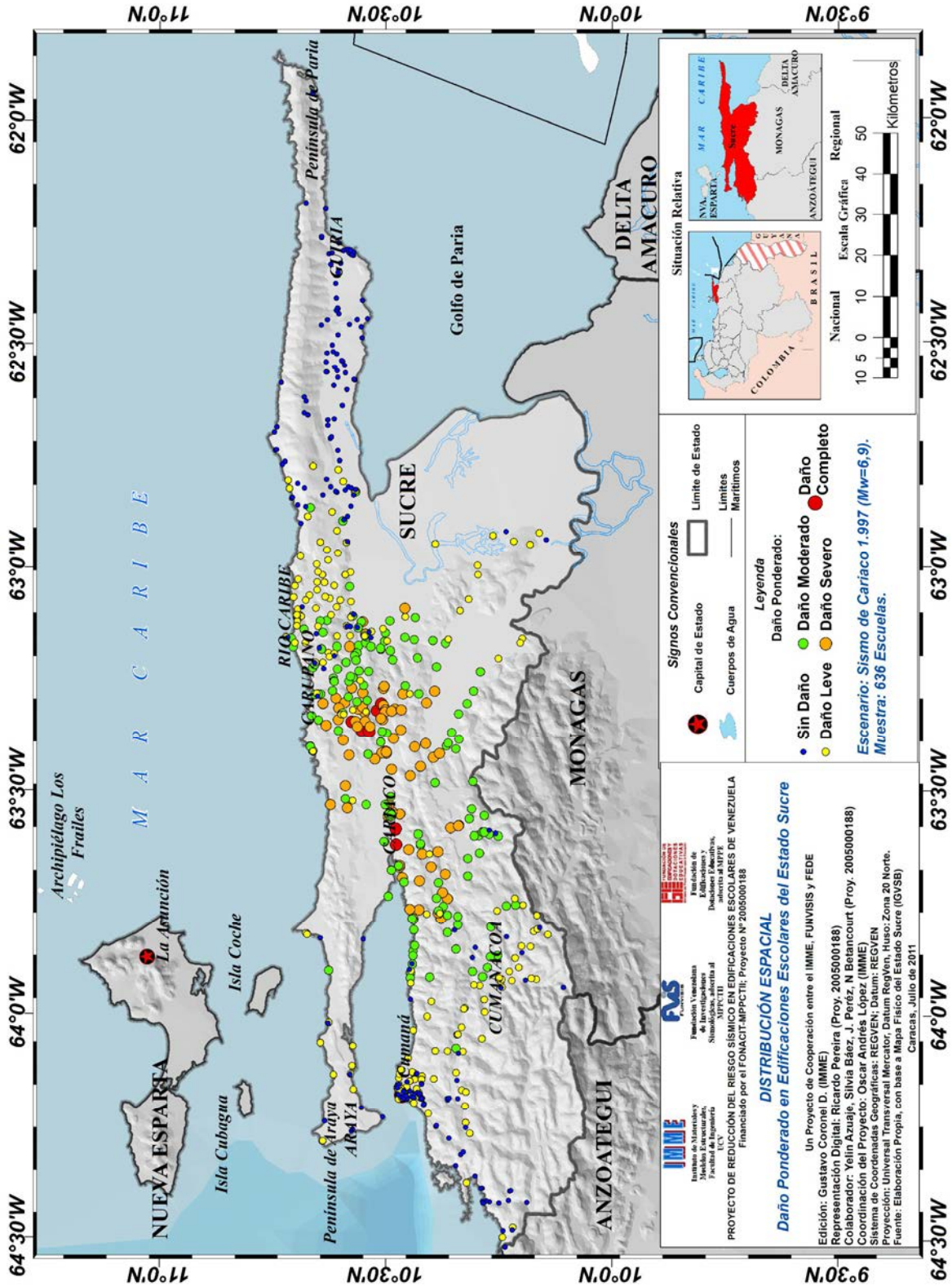


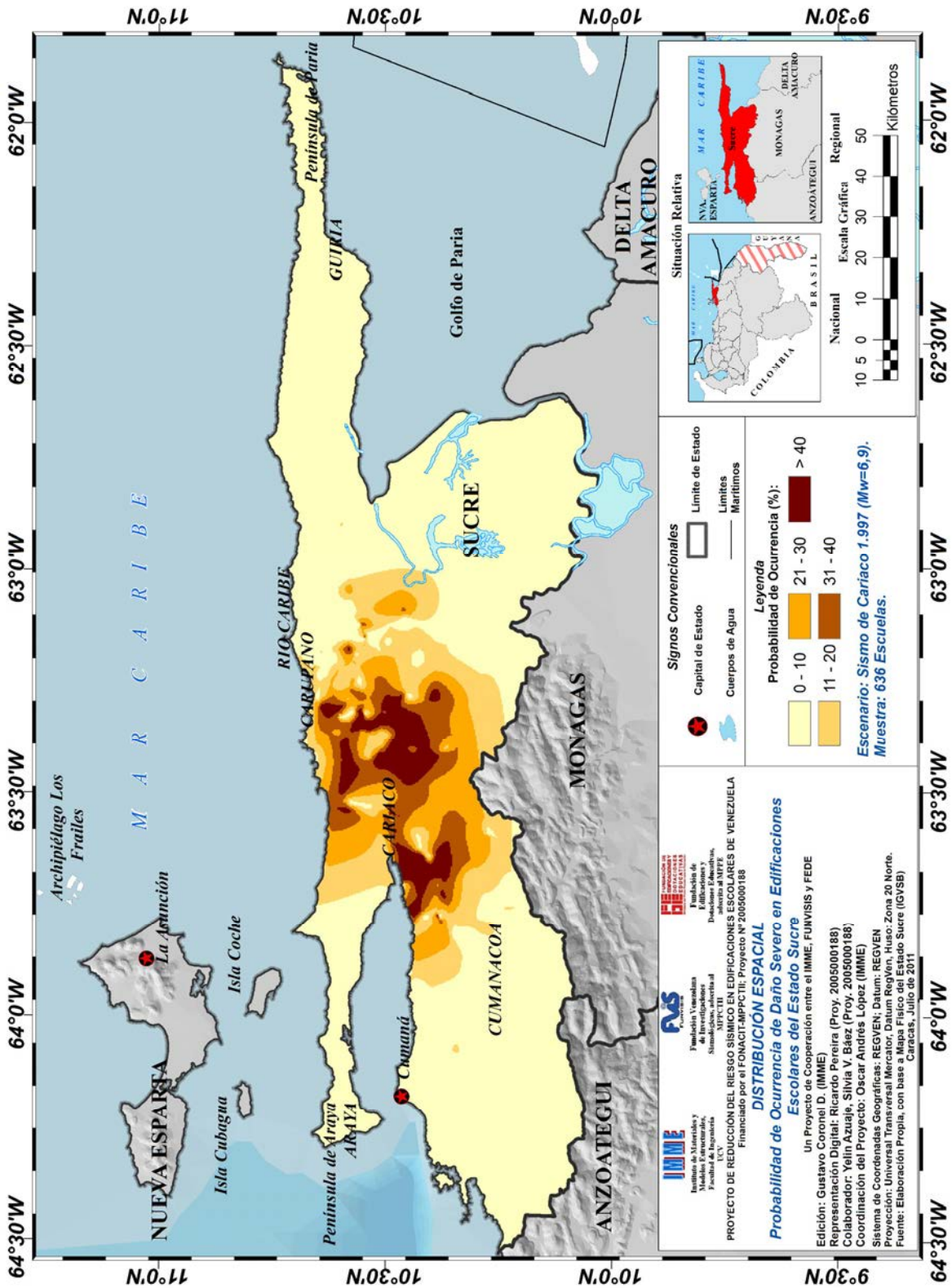




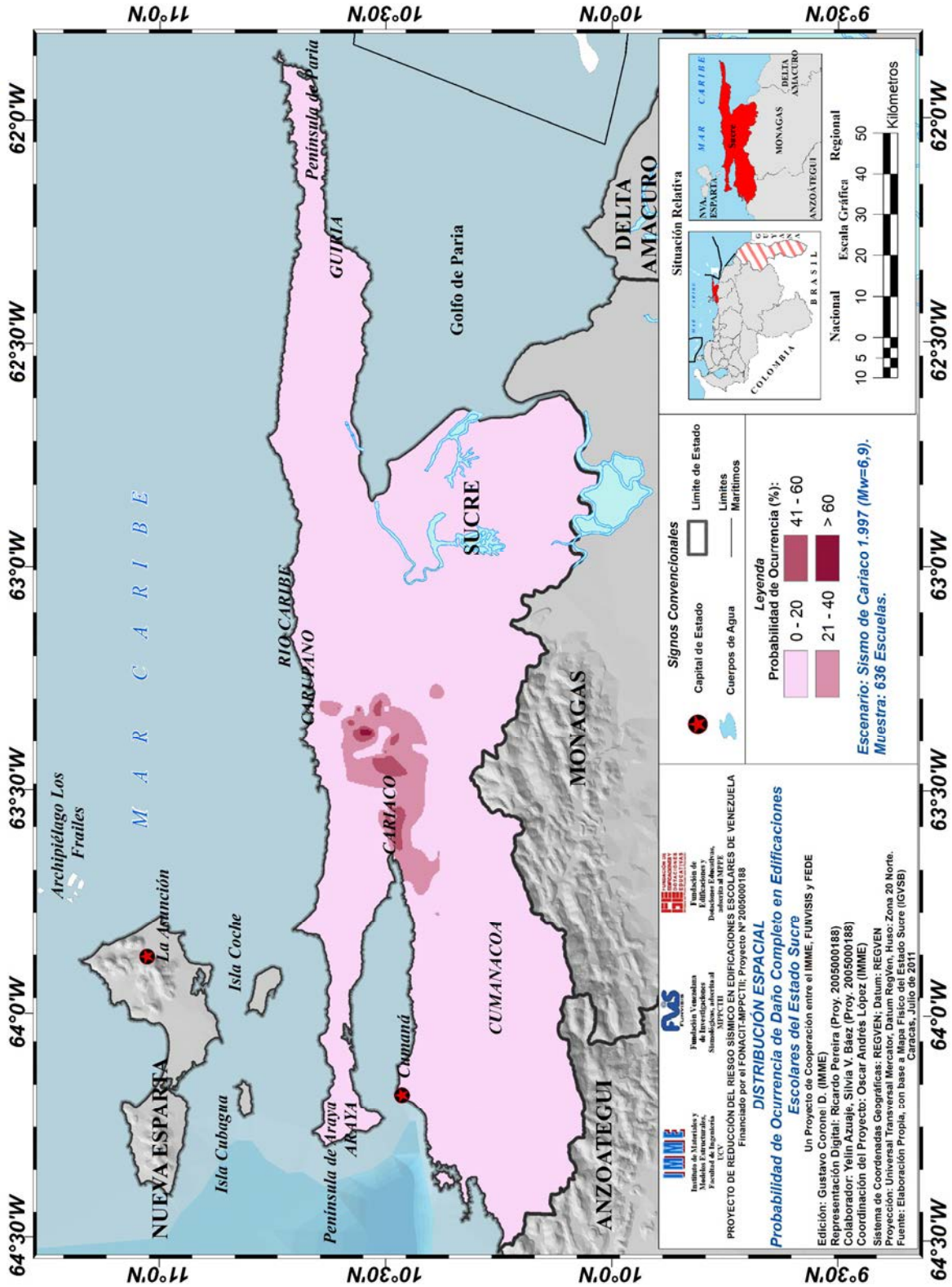


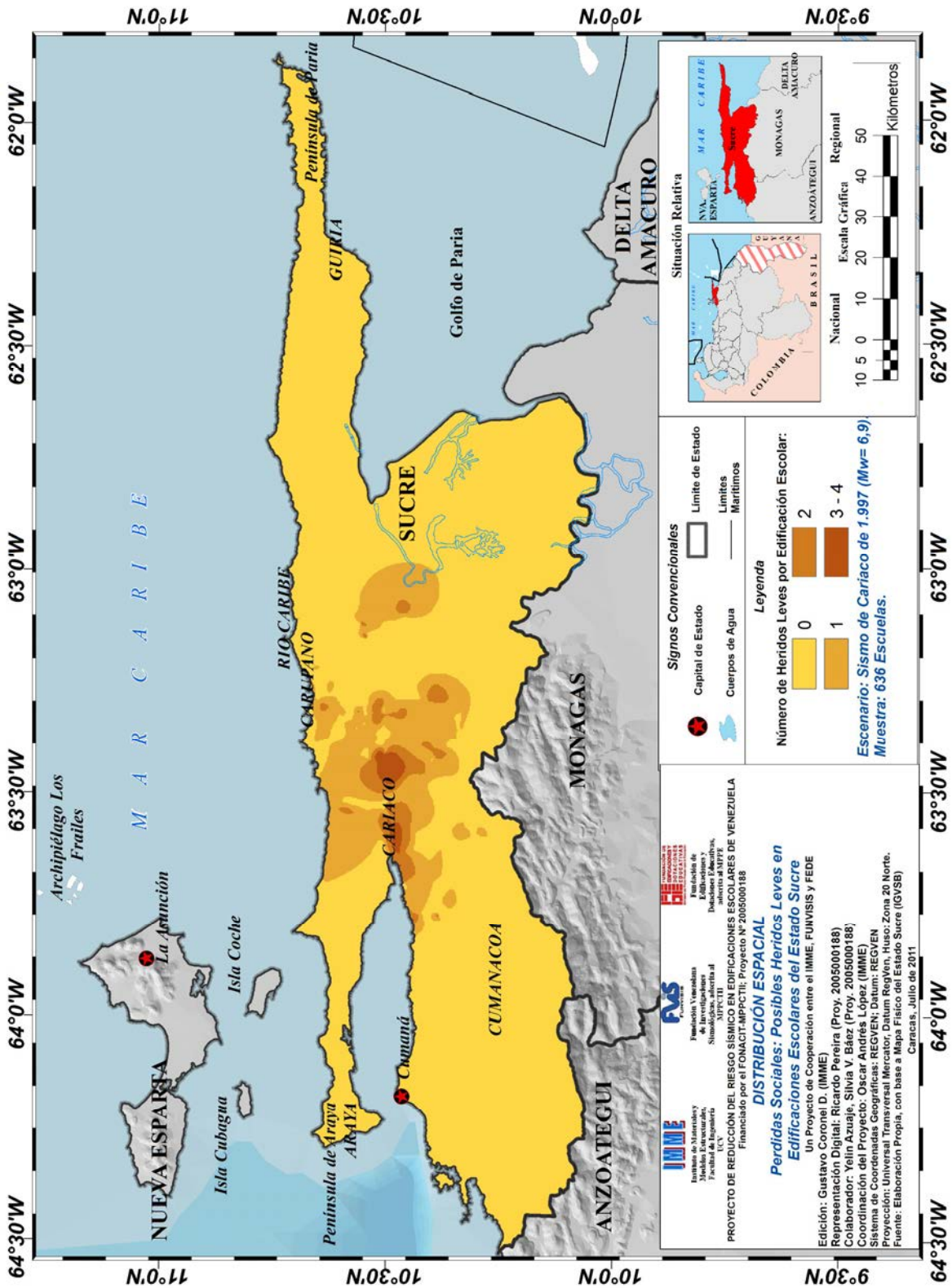




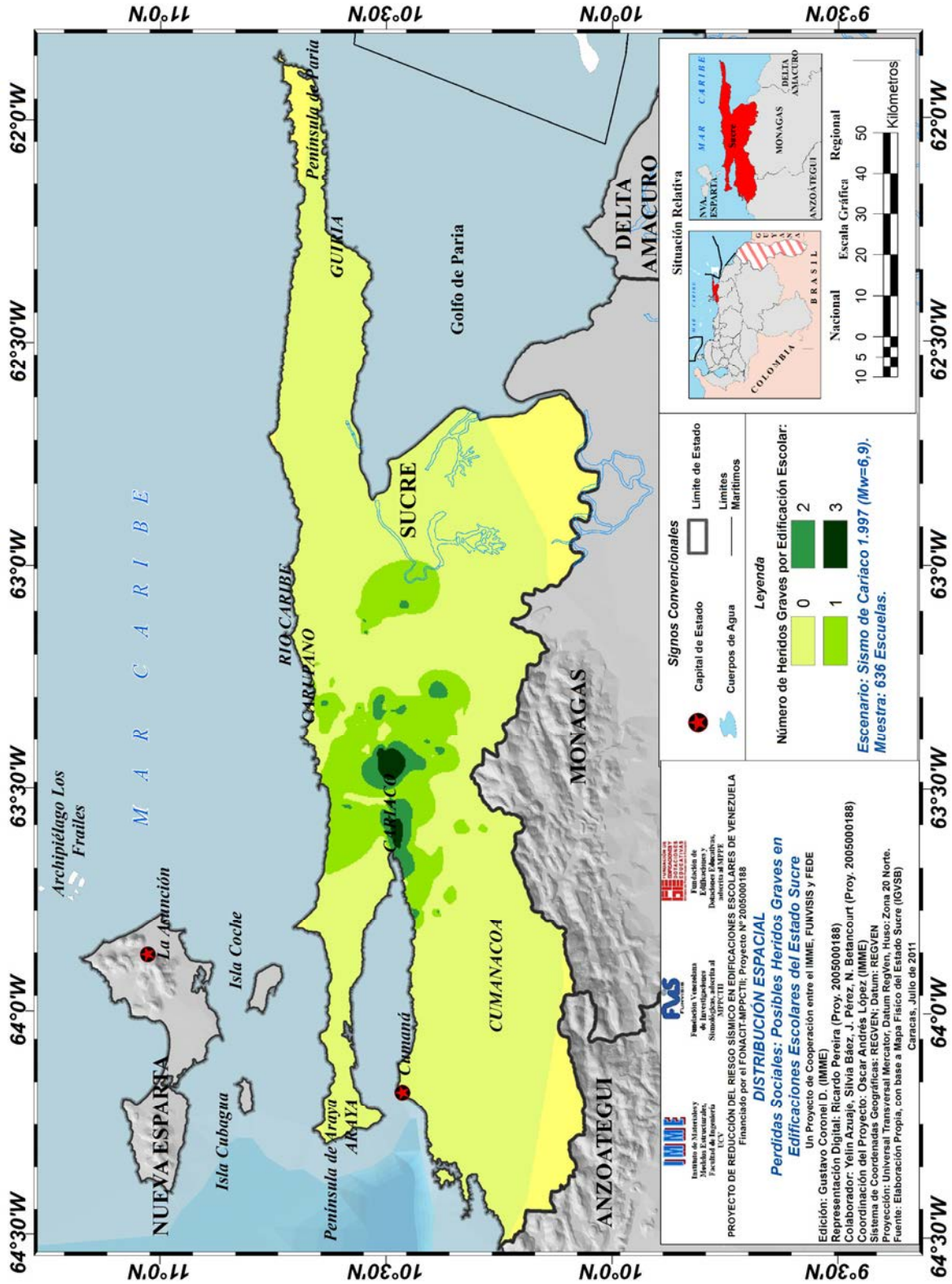




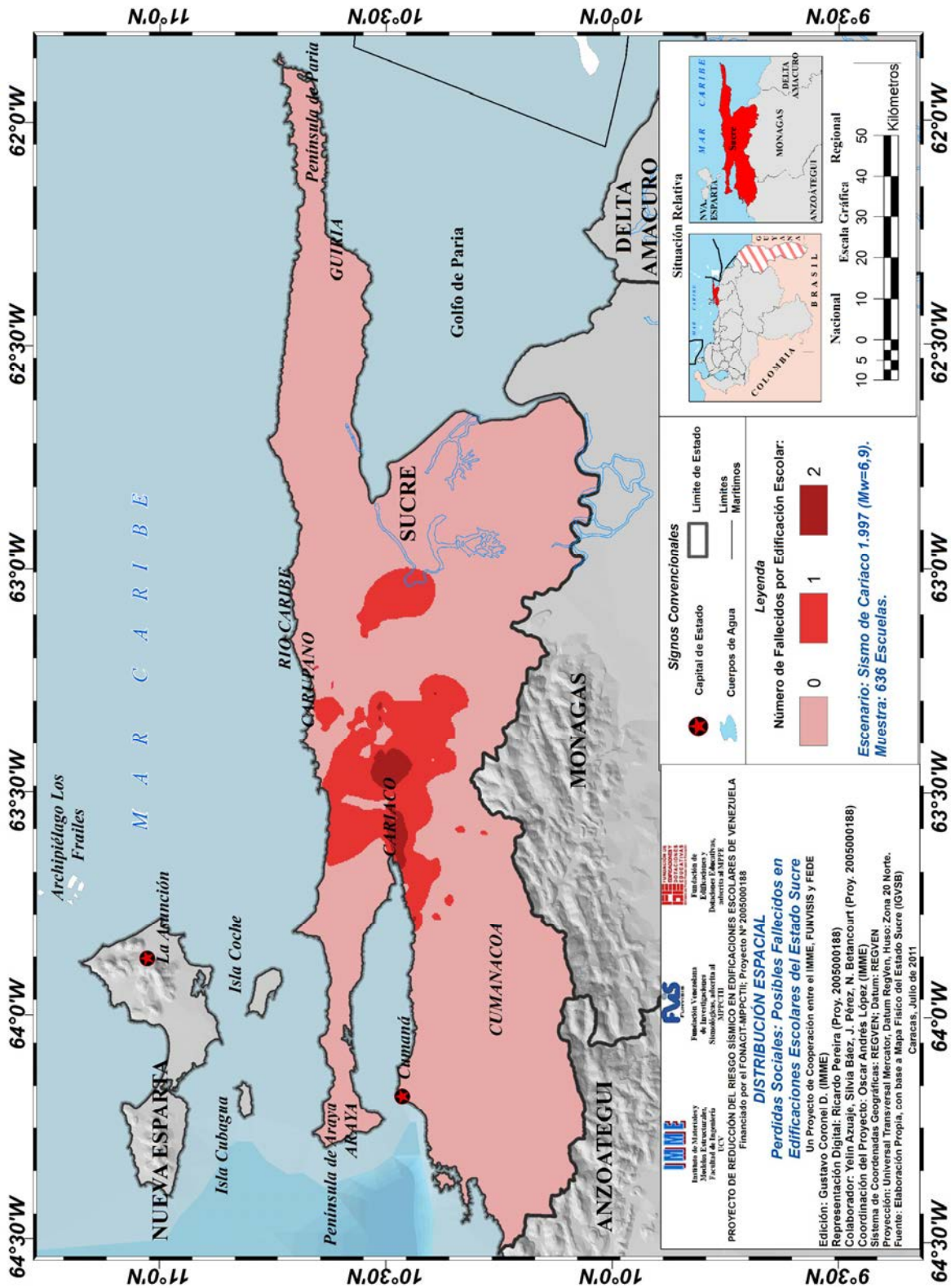


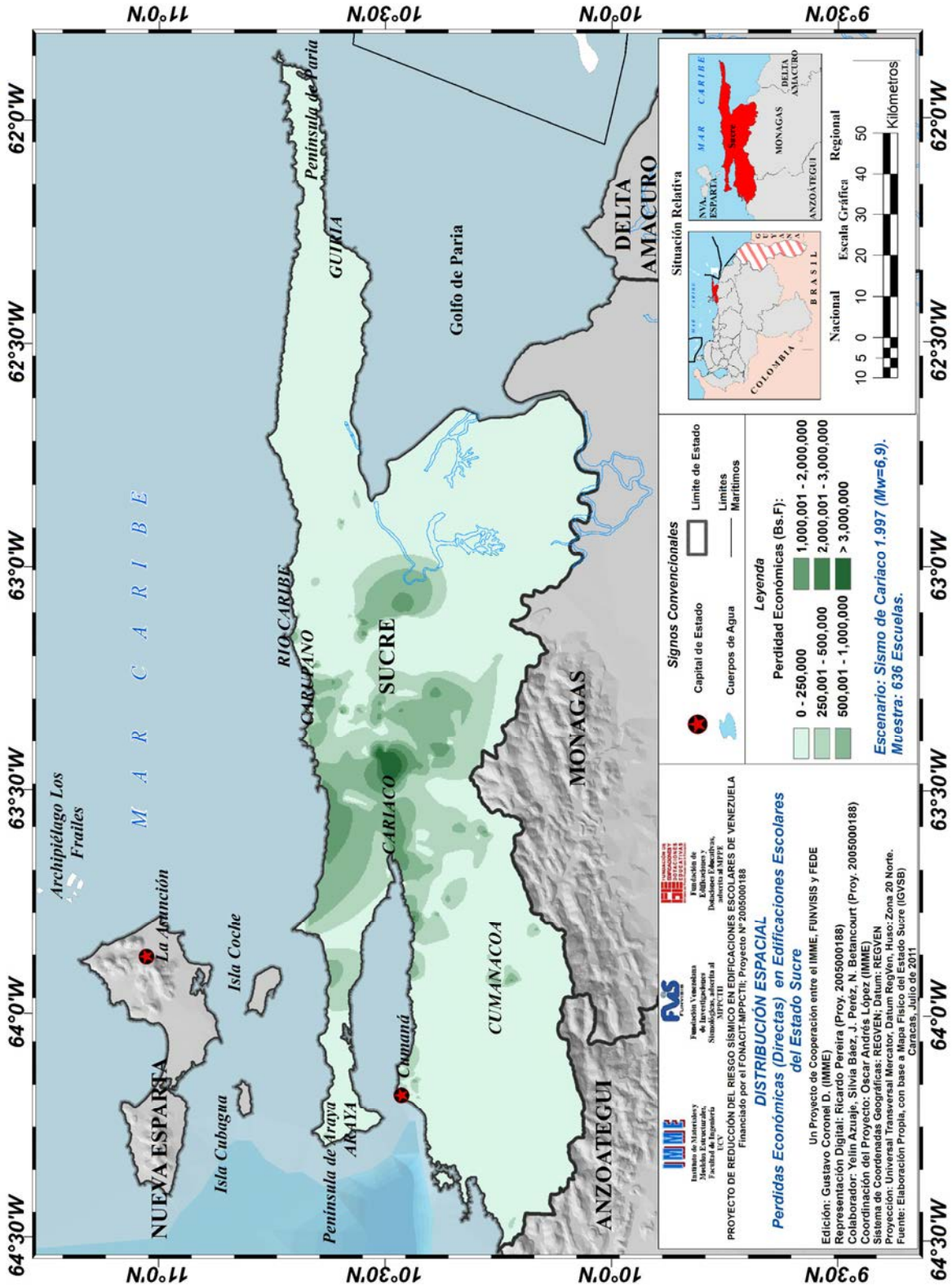




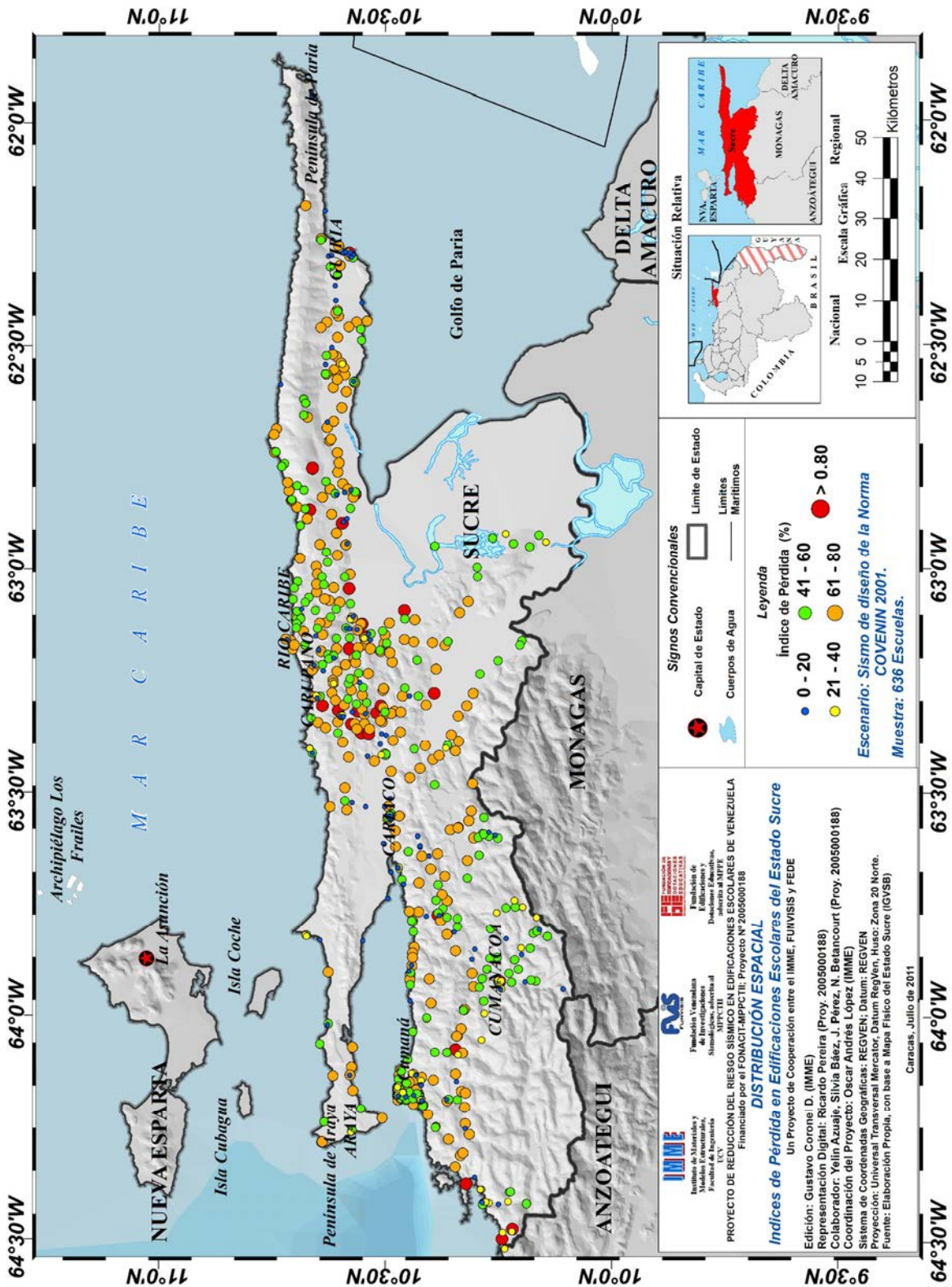






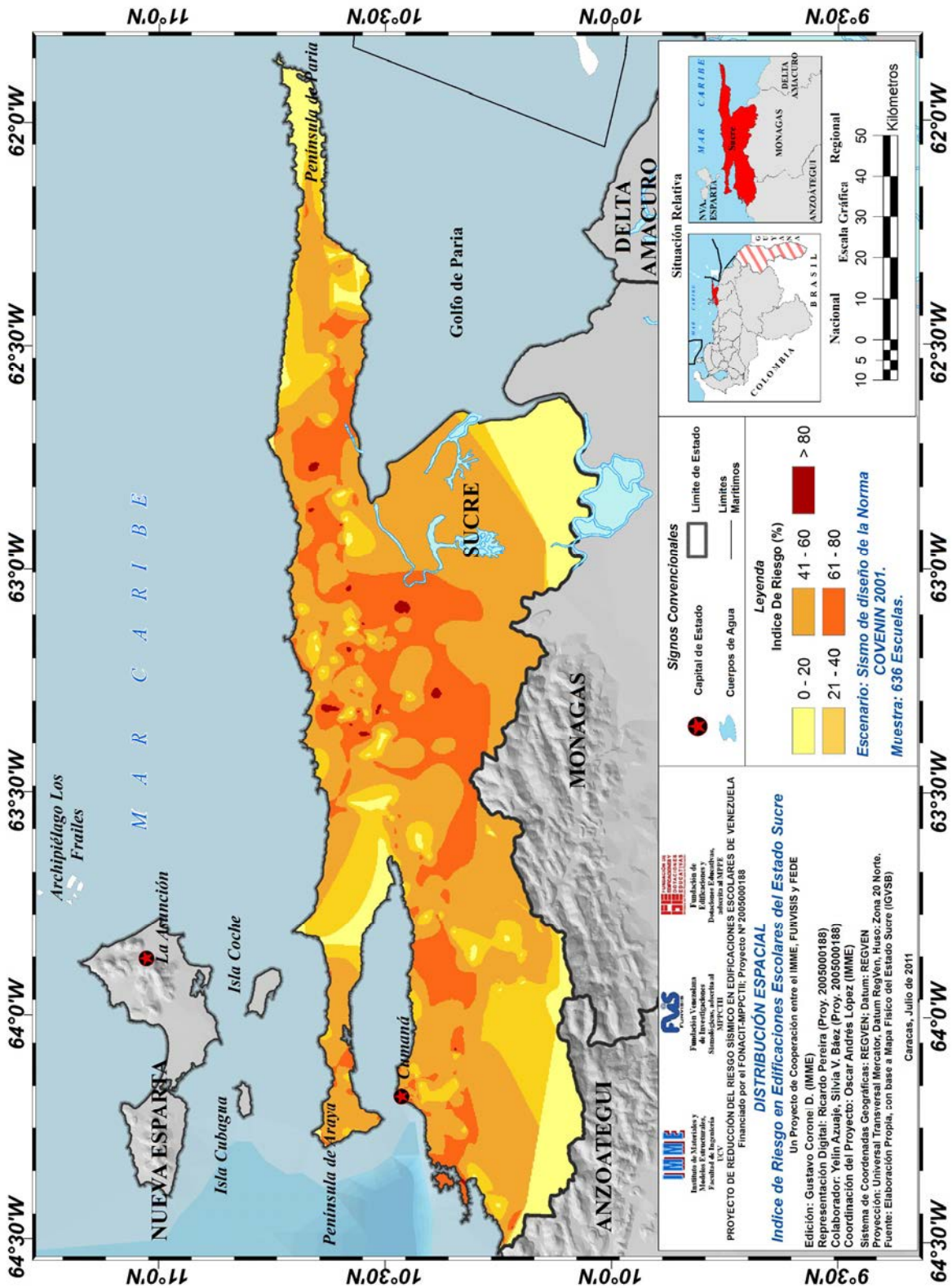








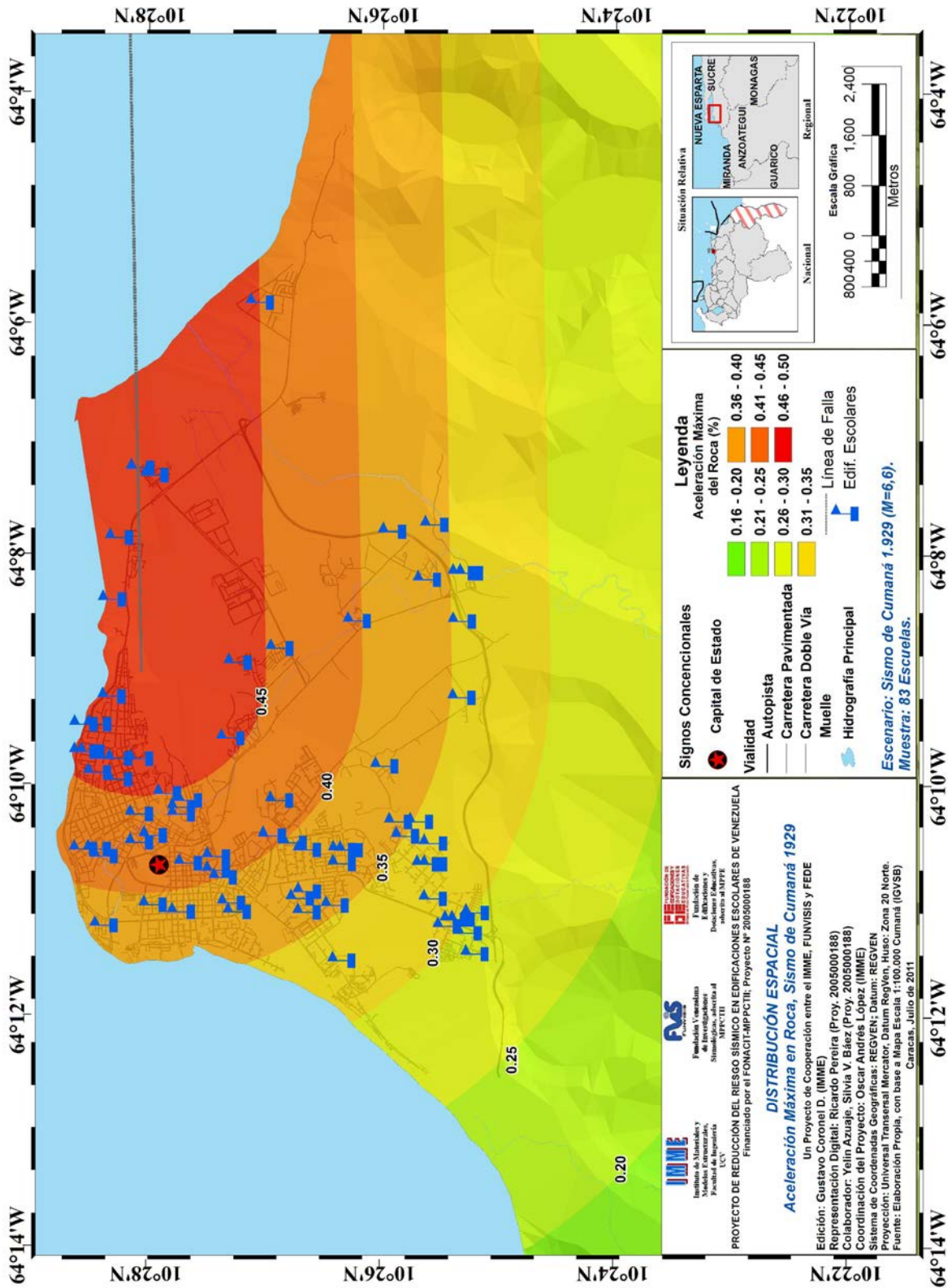


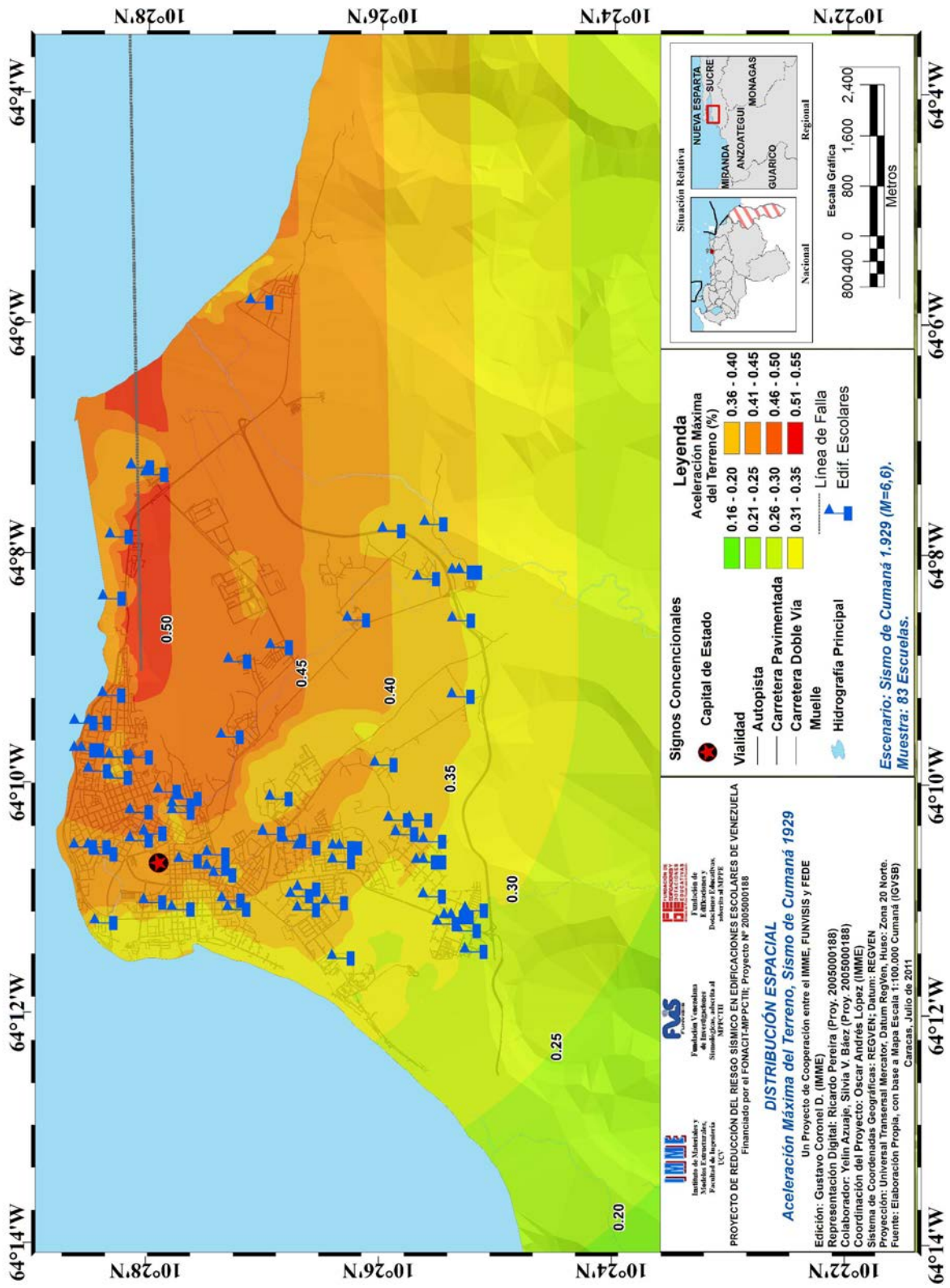




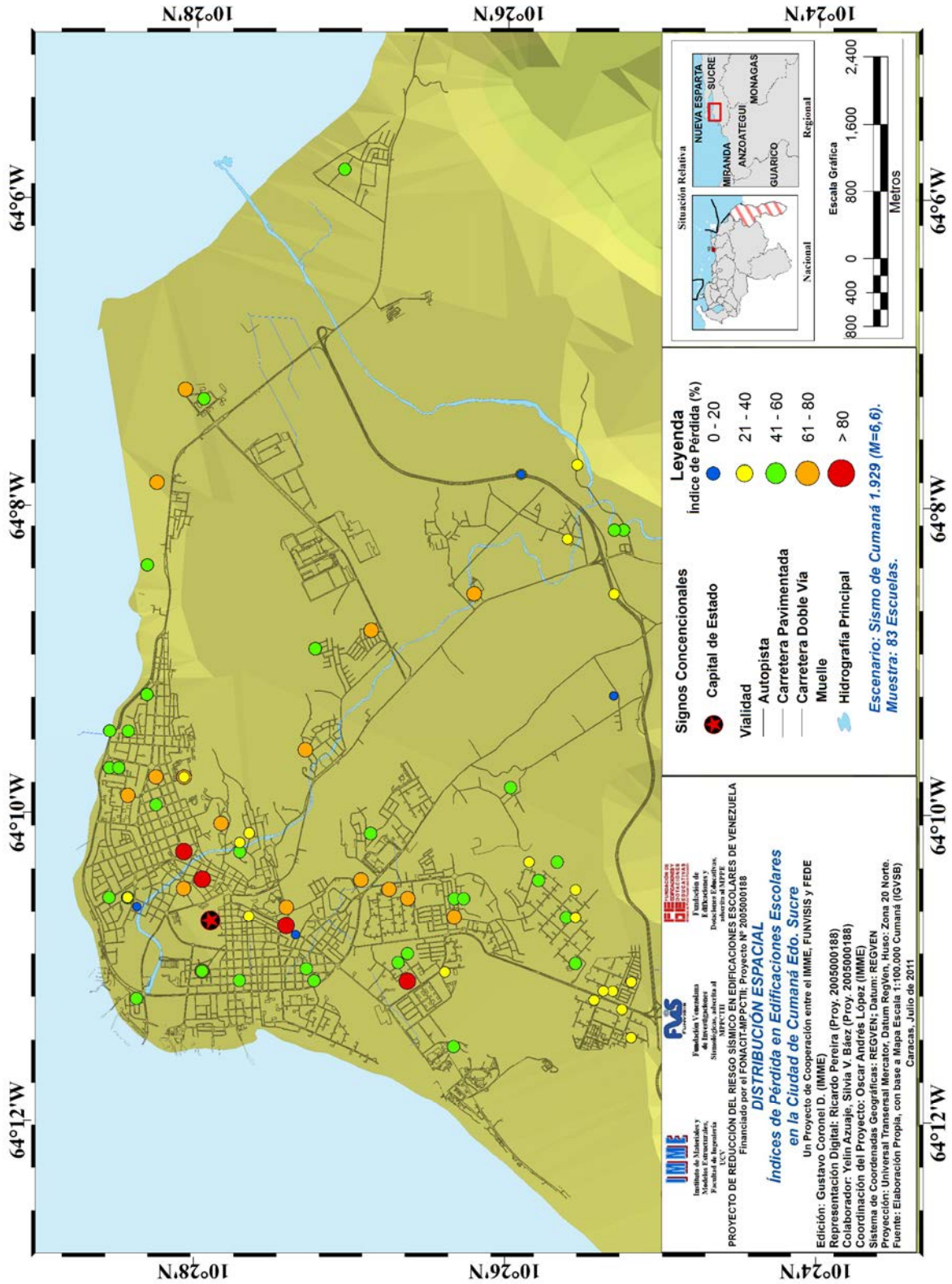
## **Anexo 2.6**

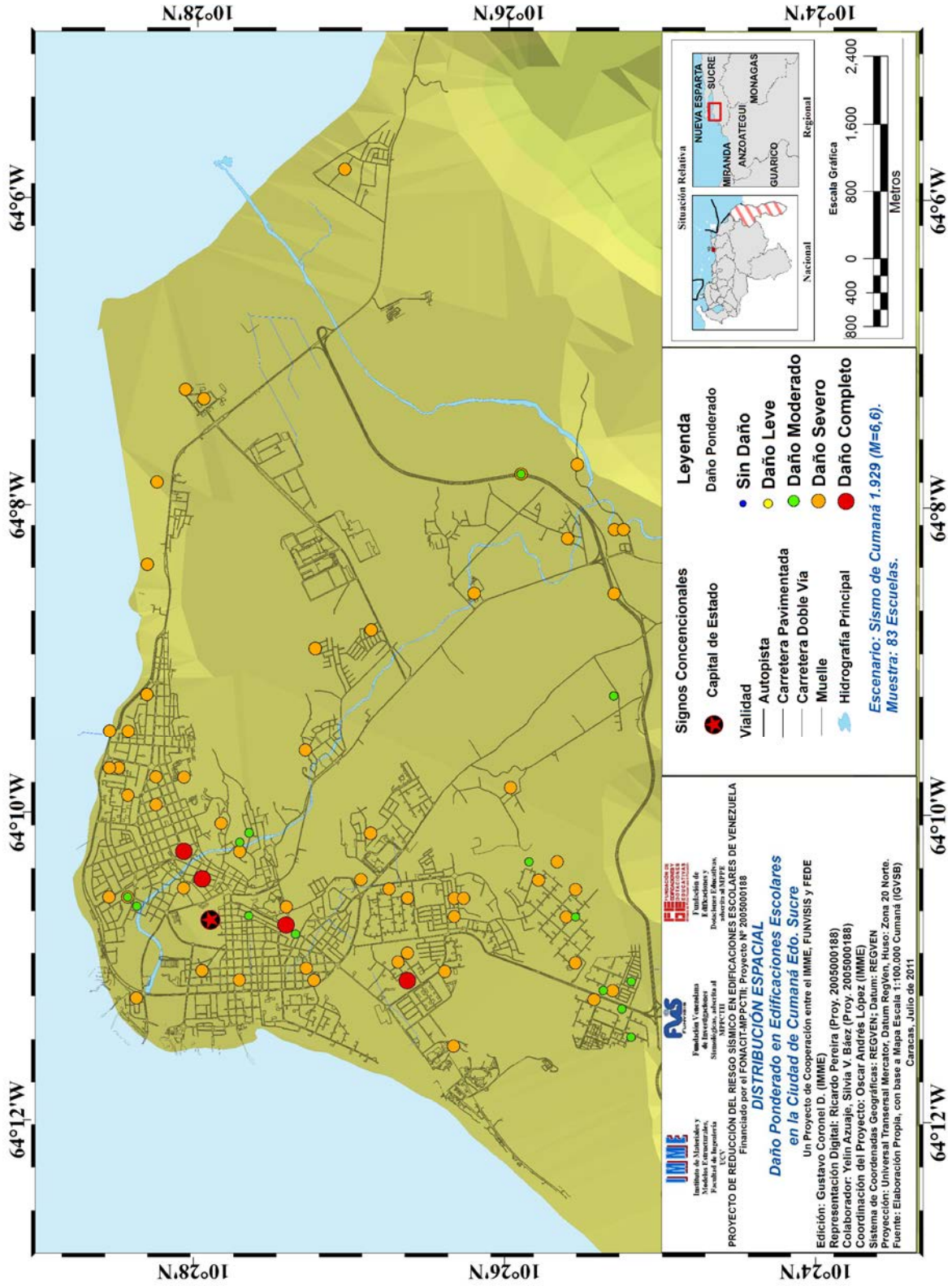
Mapas de Resultados:  
Escenarios en la Ciudad de Cumaná



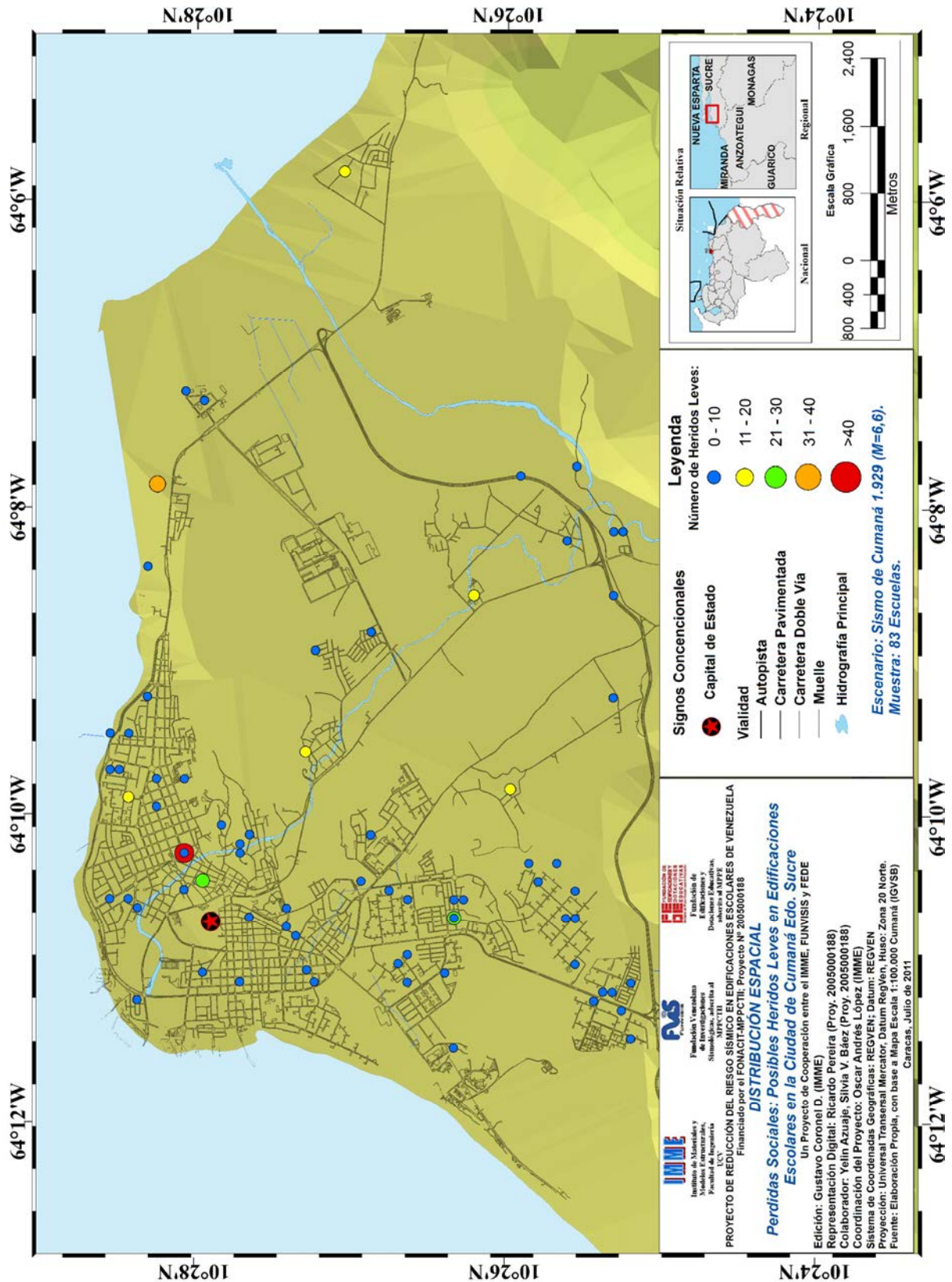


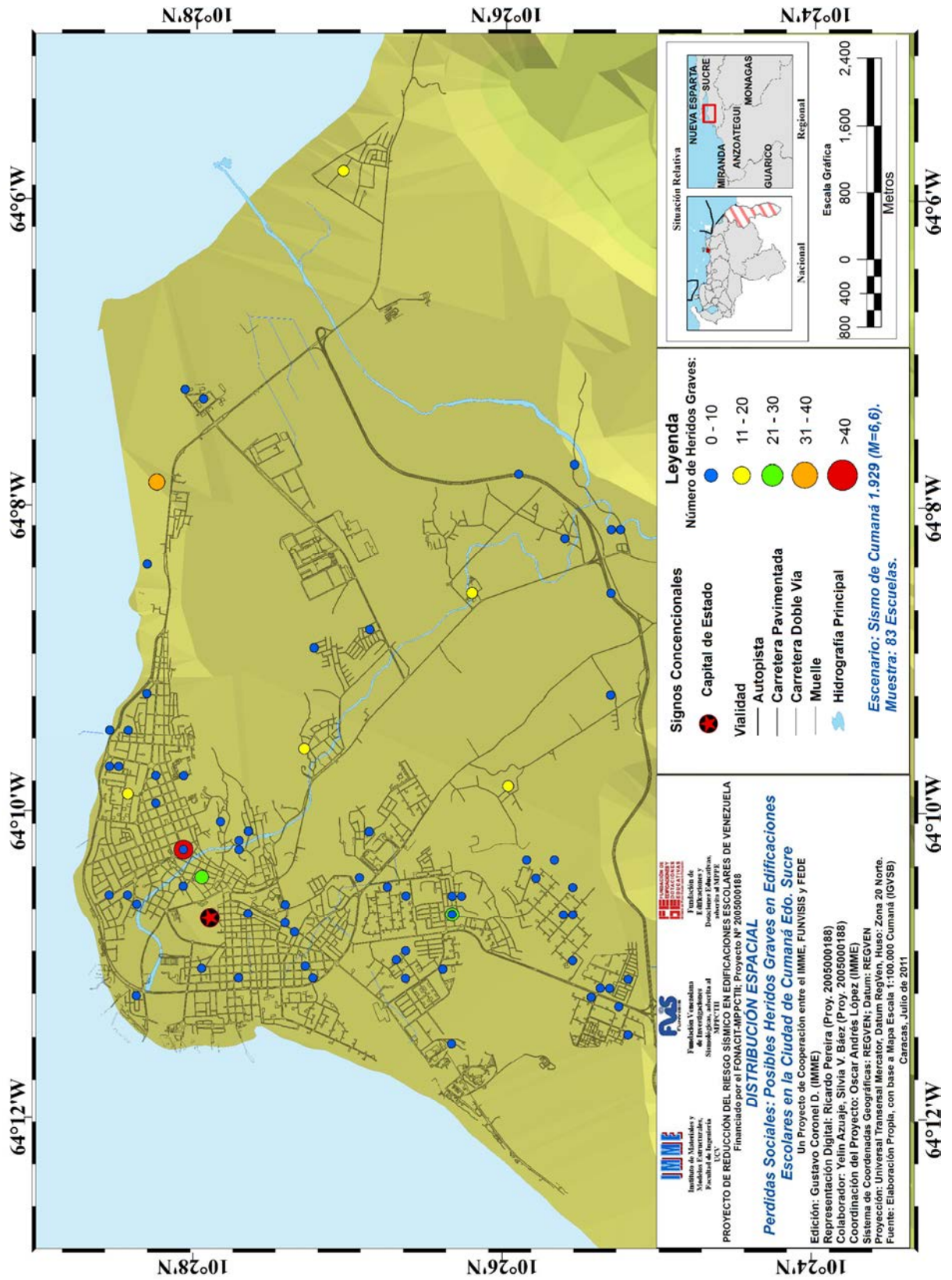




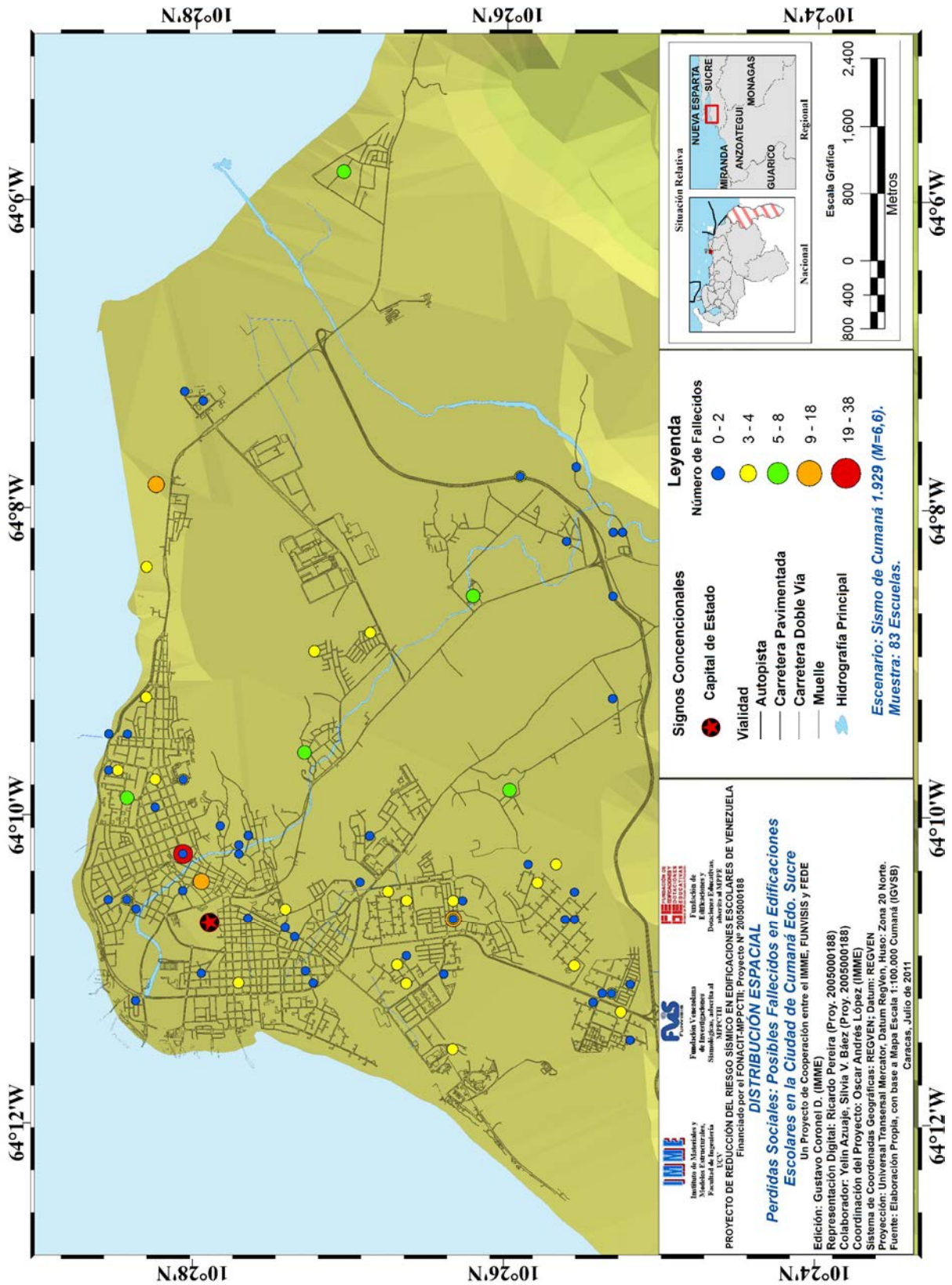


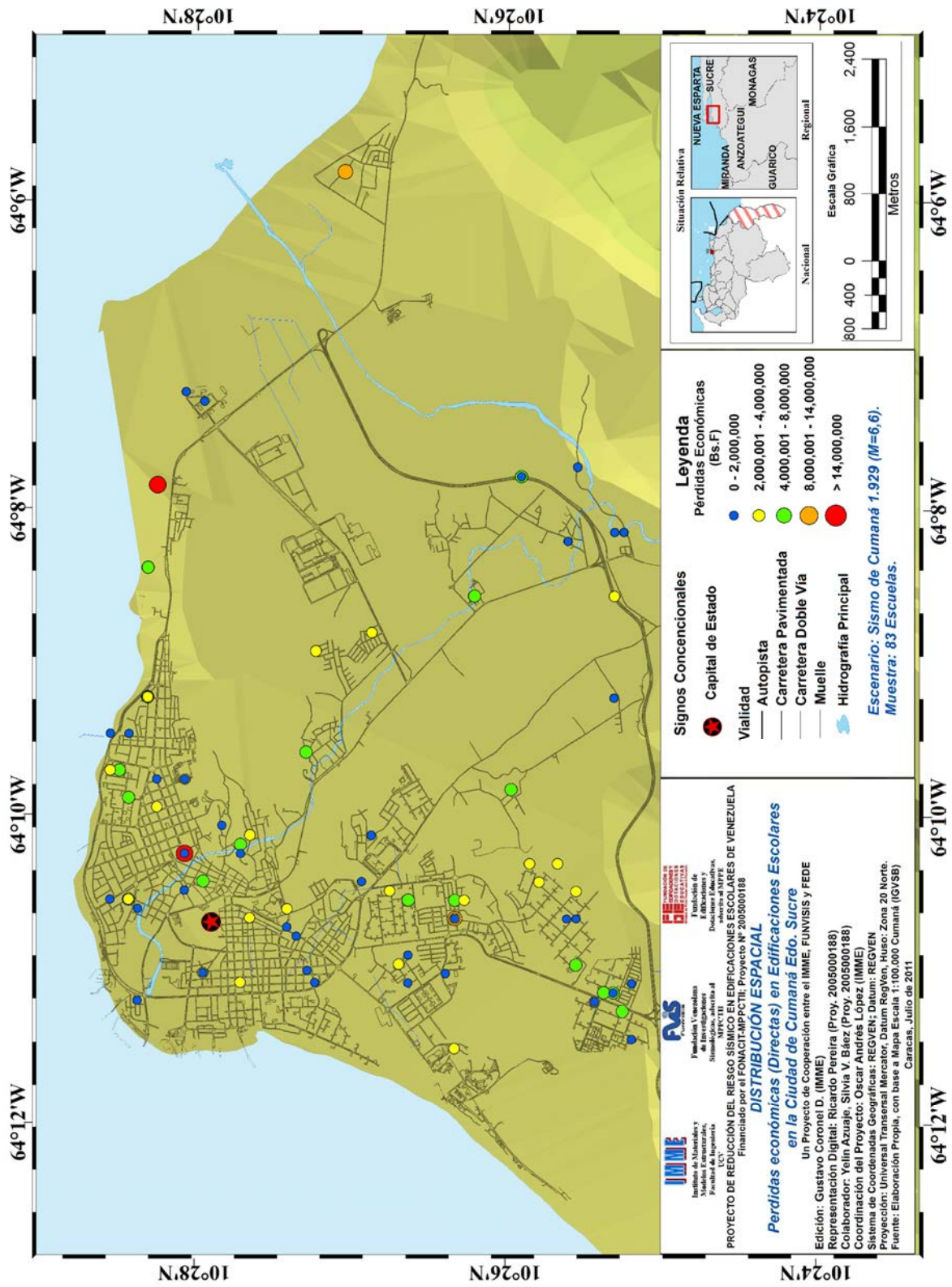




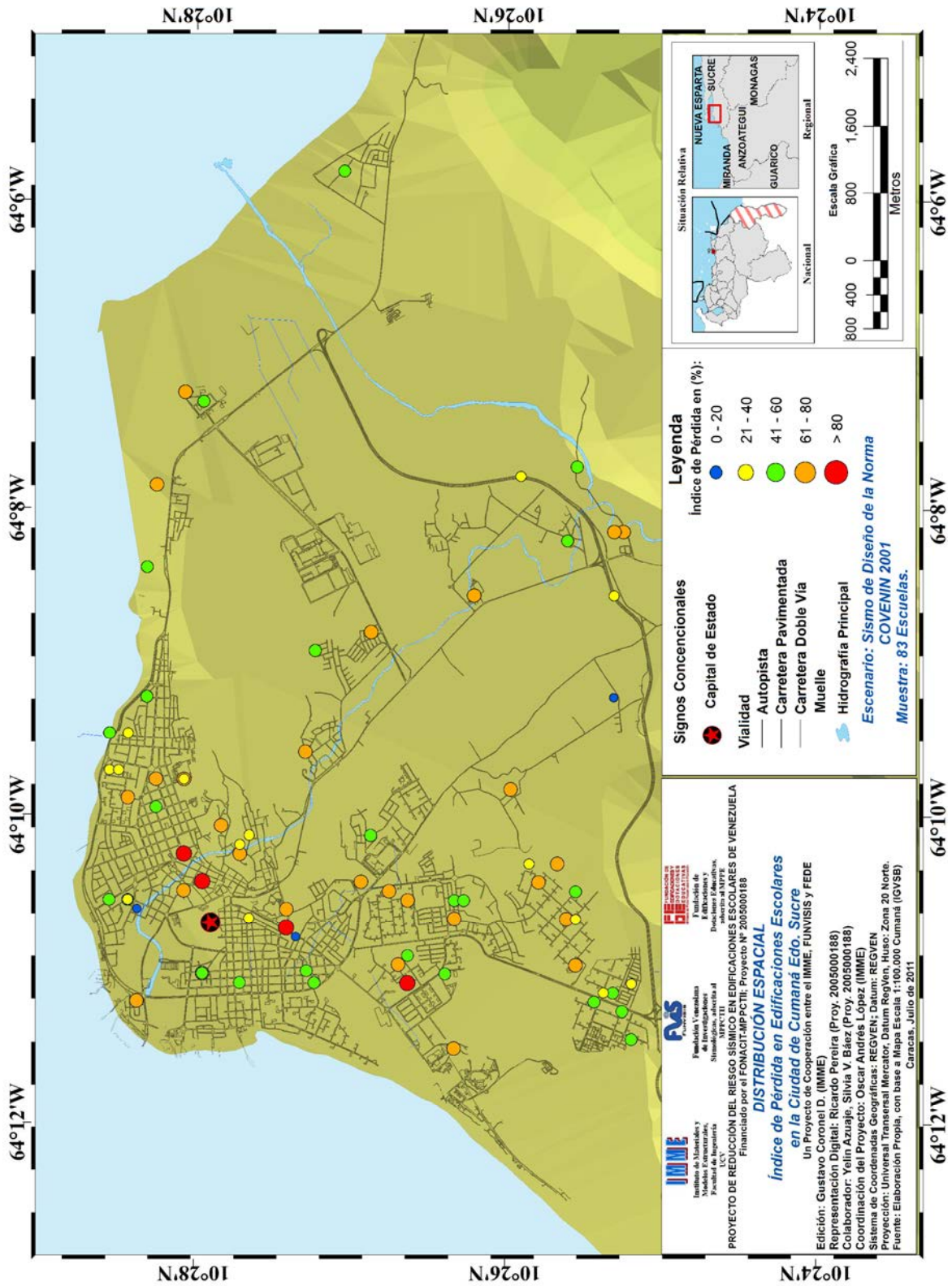




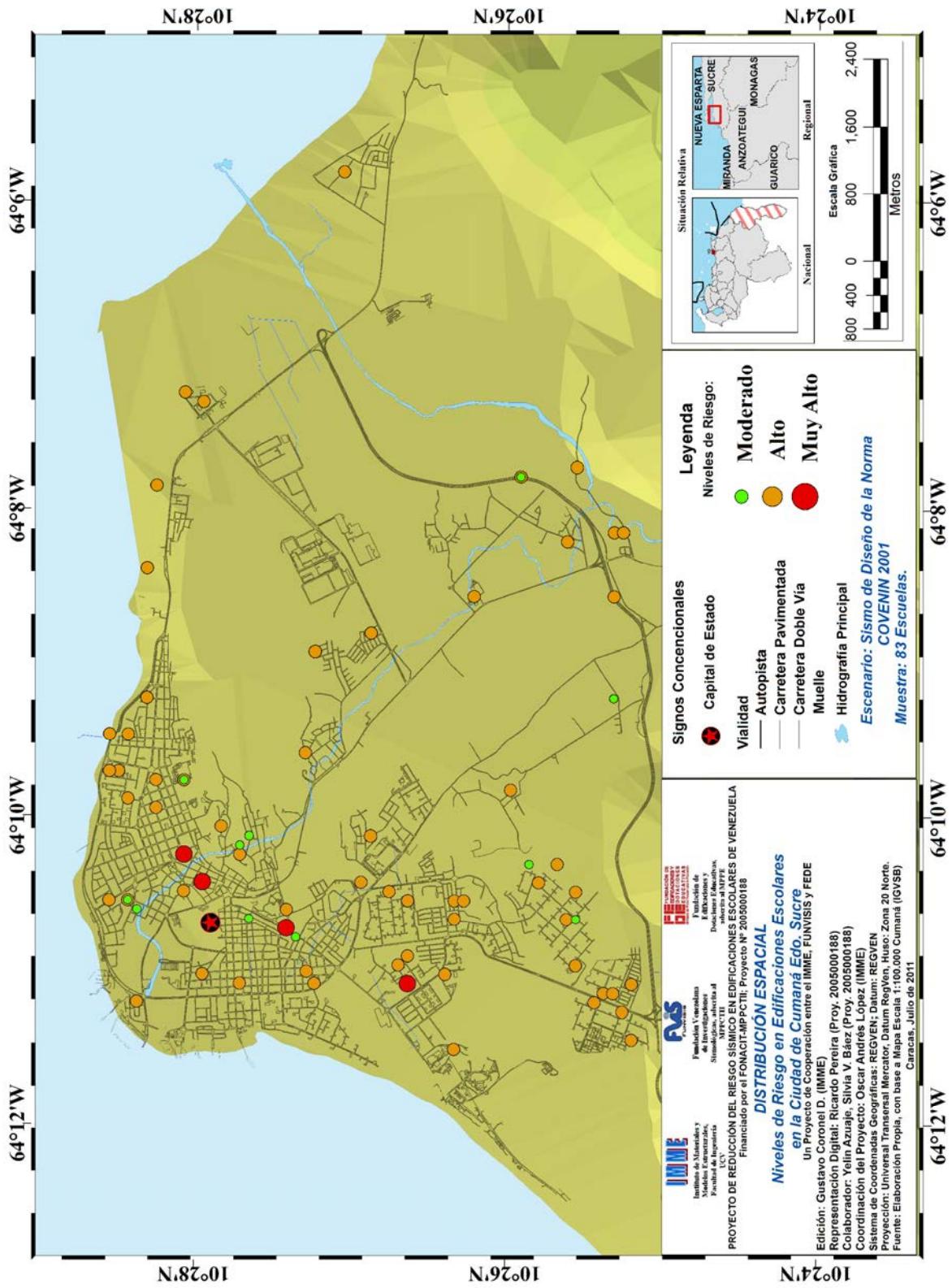










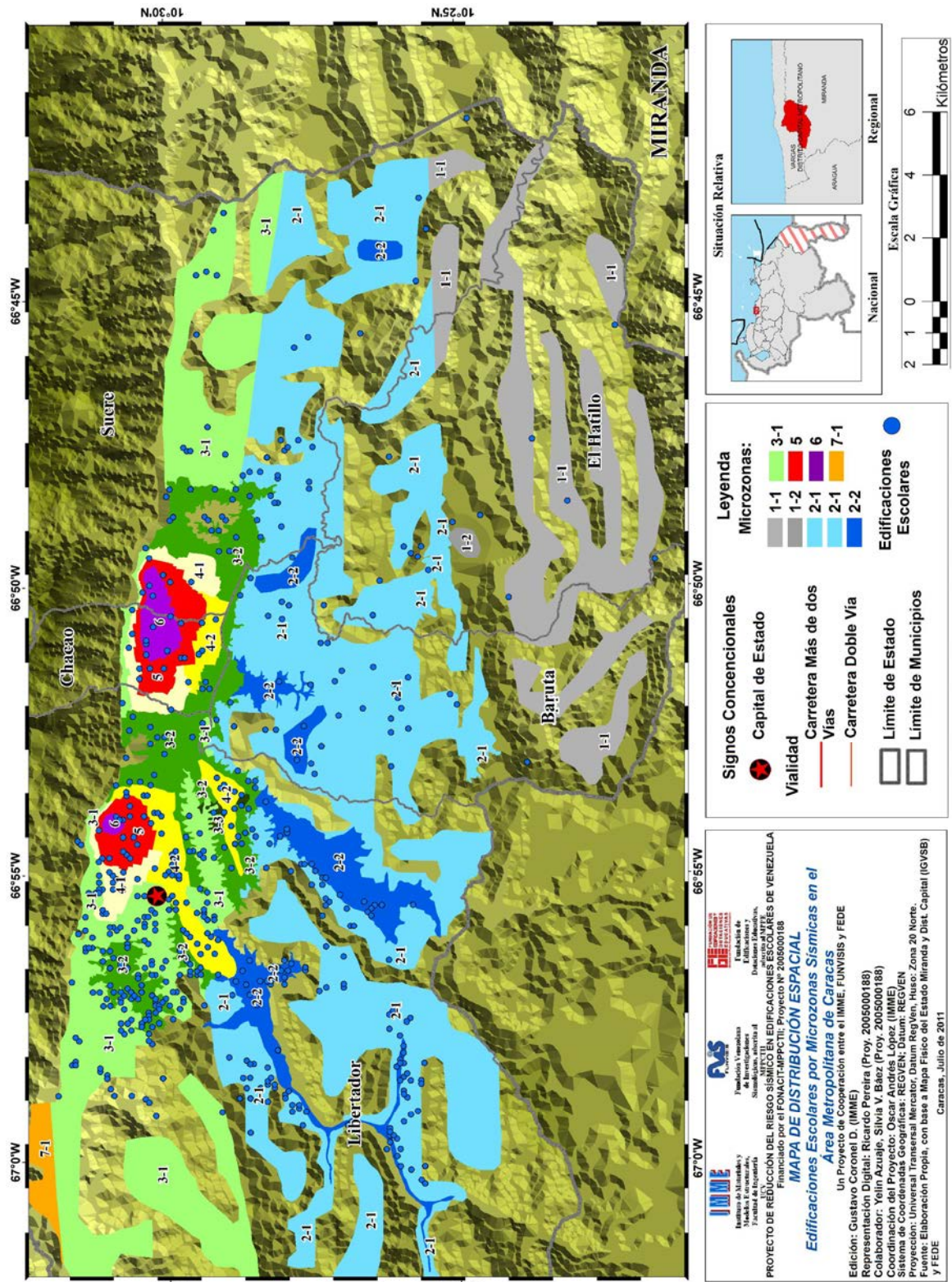


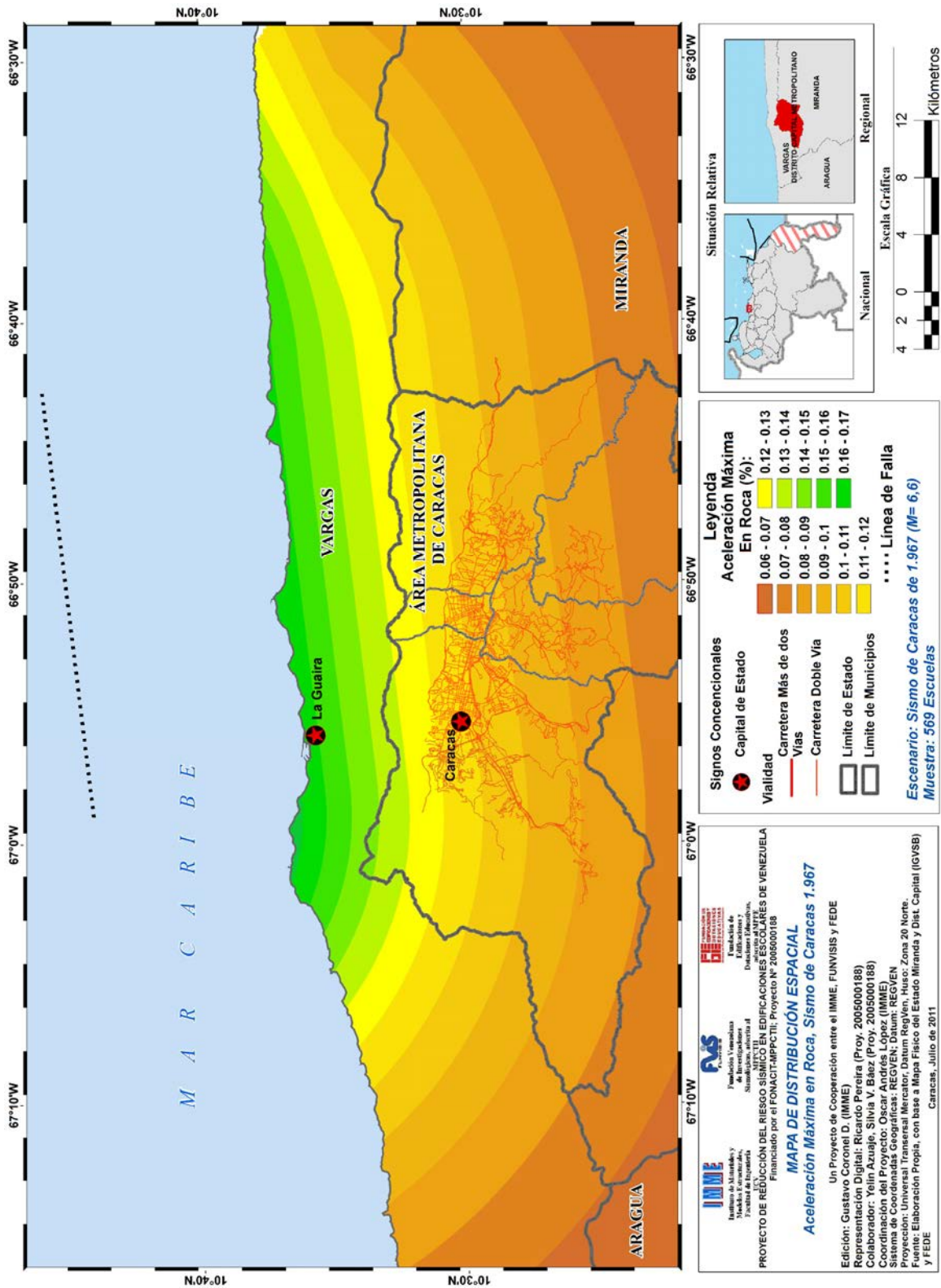
## **Anexo 2.7**

Mapas de Resultados:

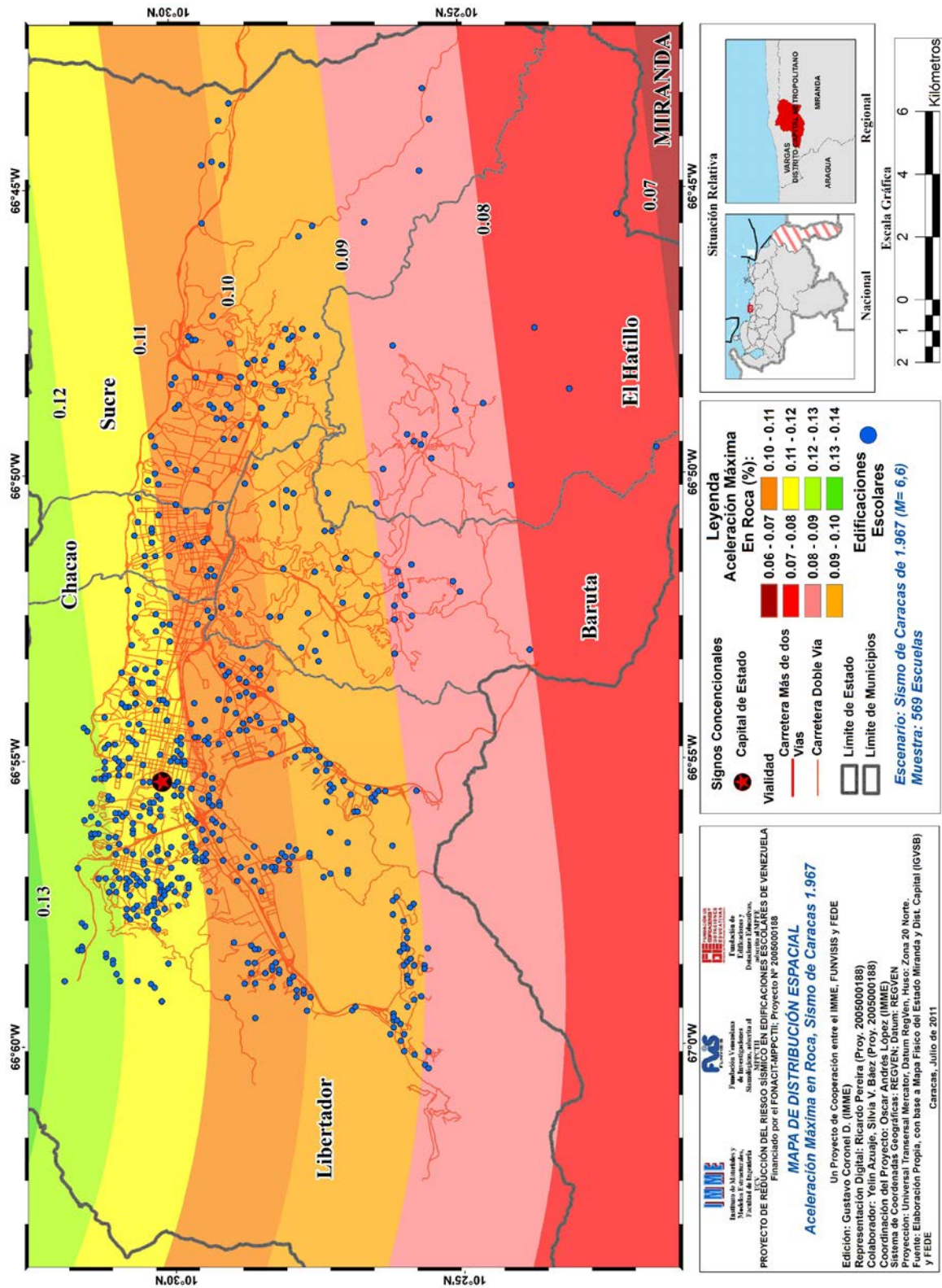
Escenarios Sísmicos en el Área Metropolitana de Caracas



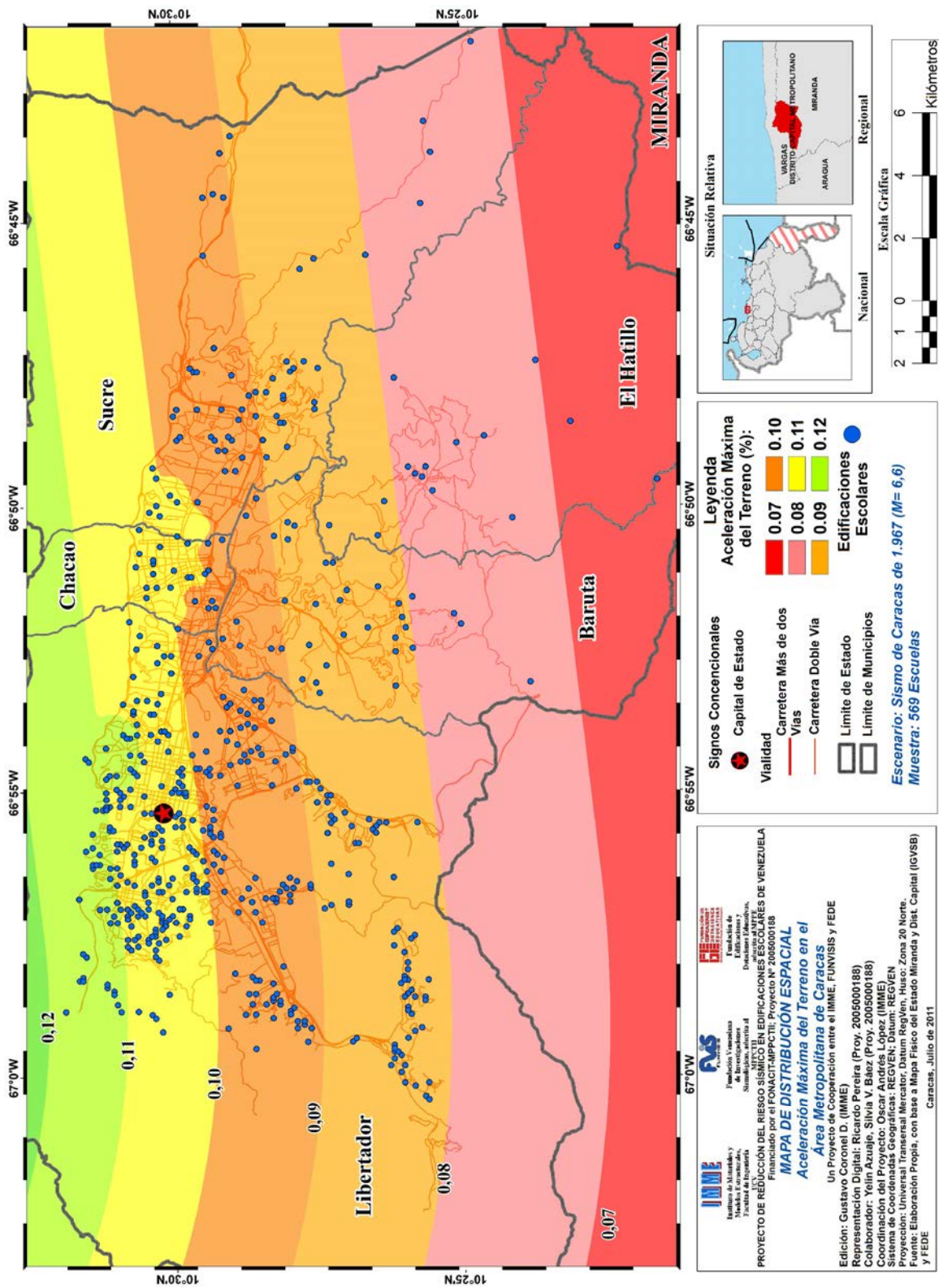




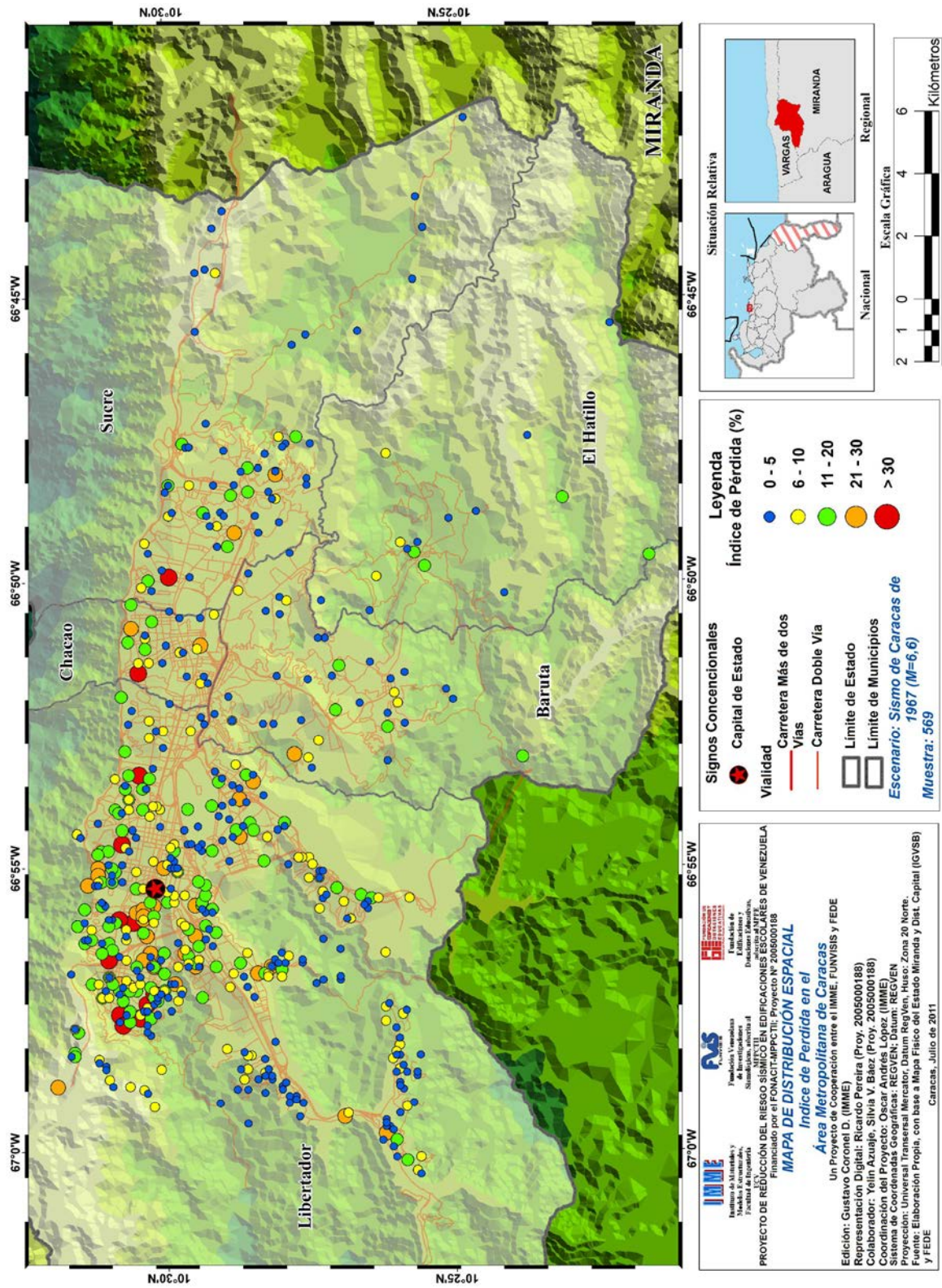




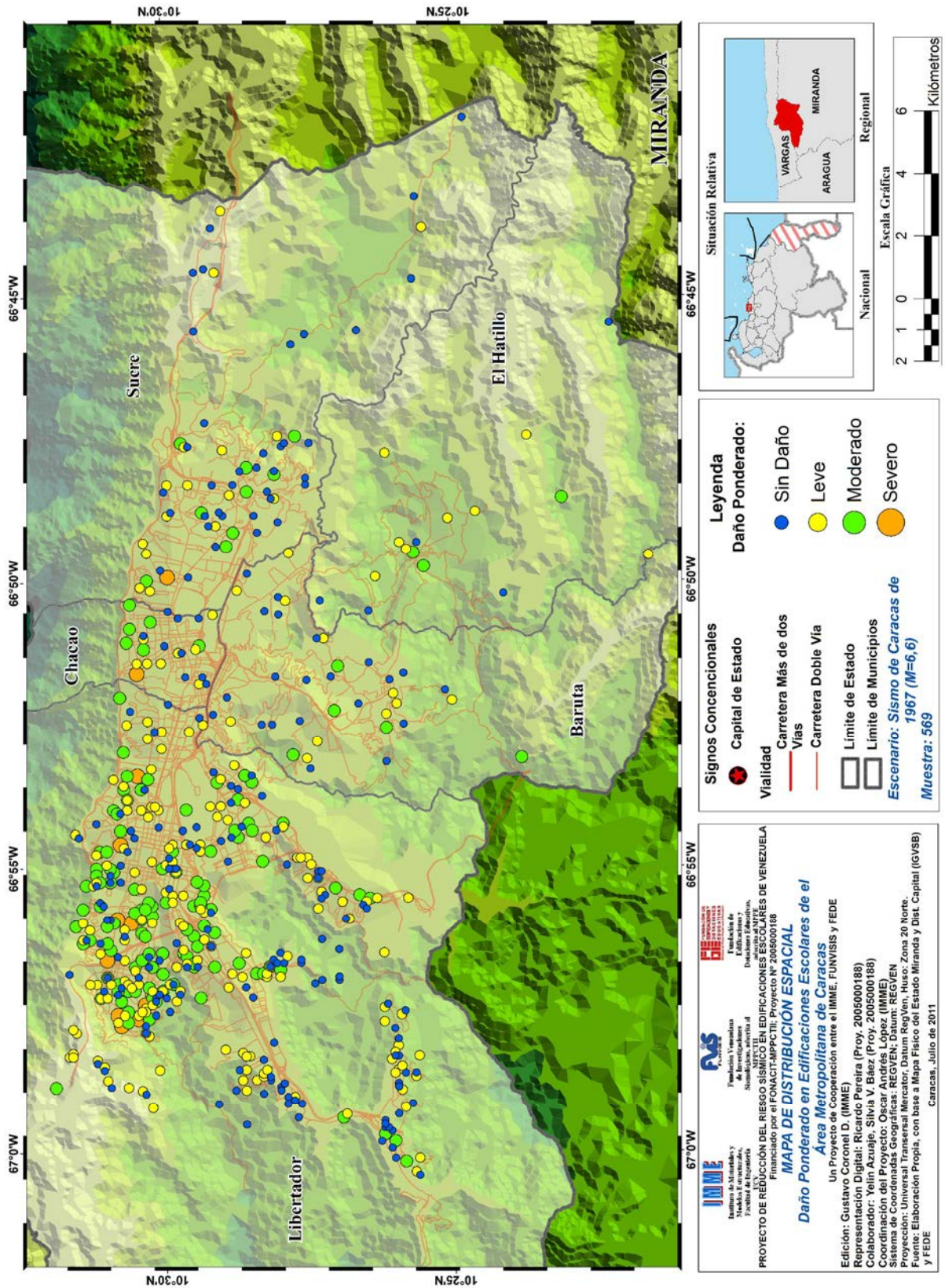




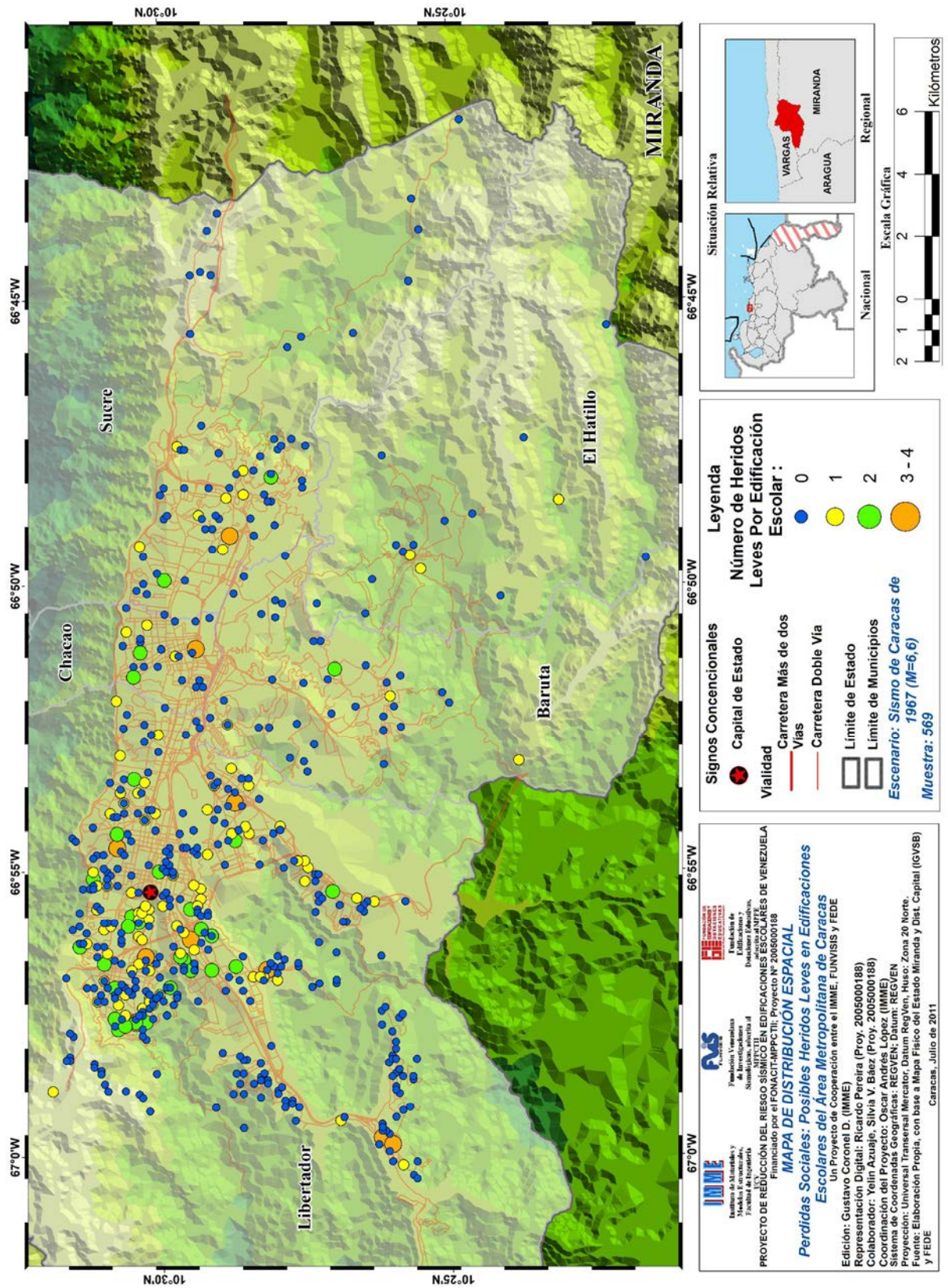




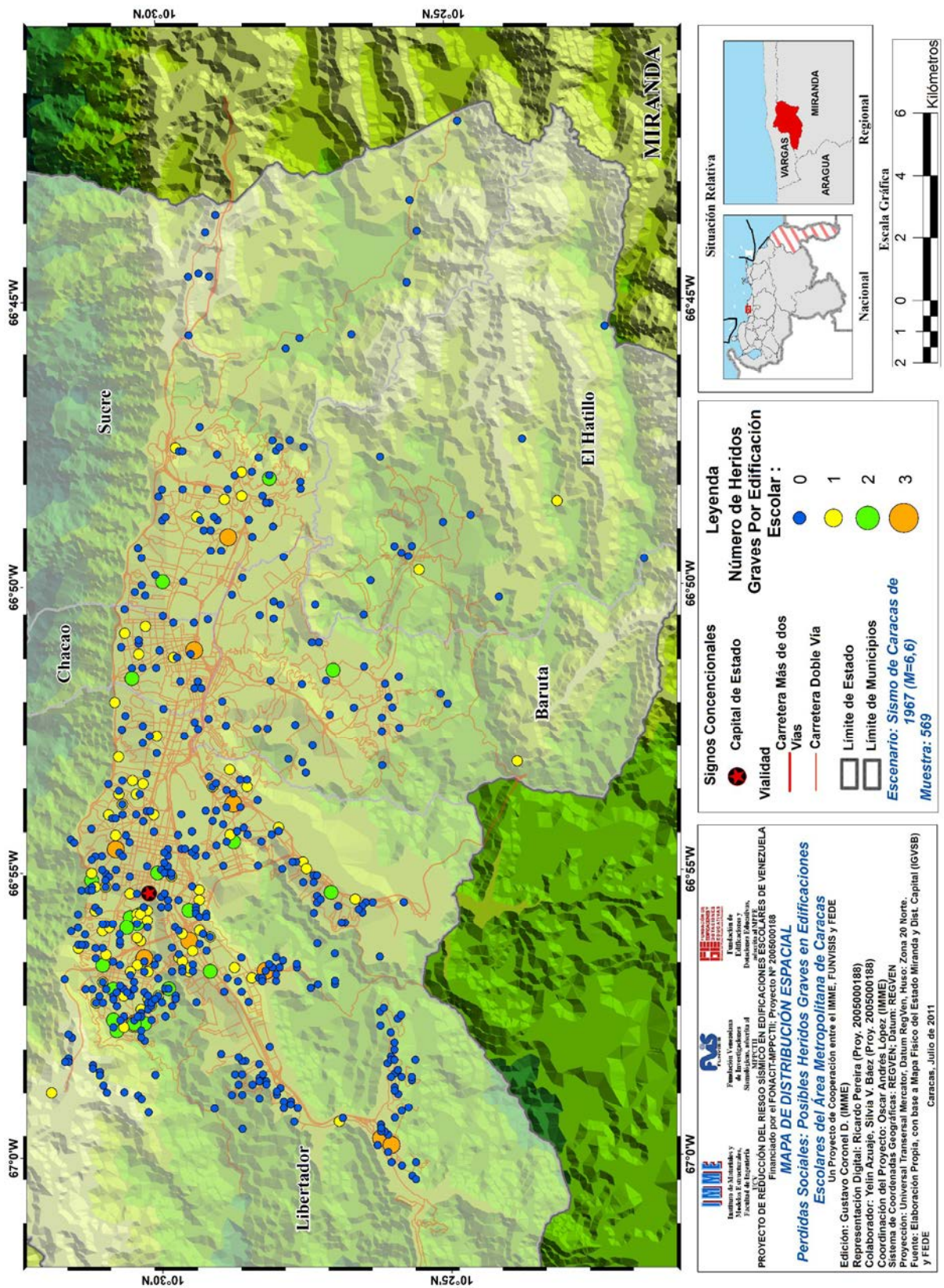




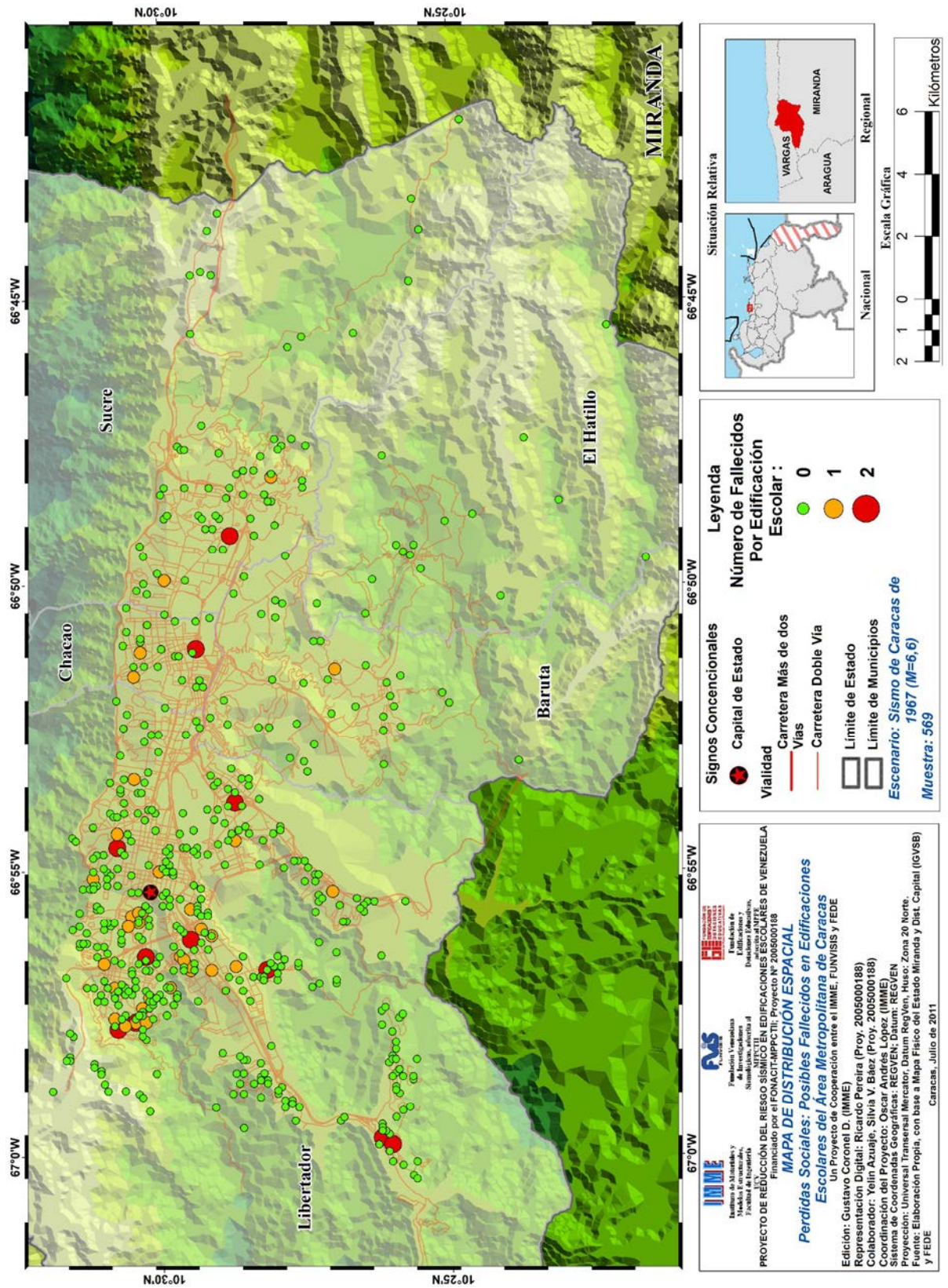




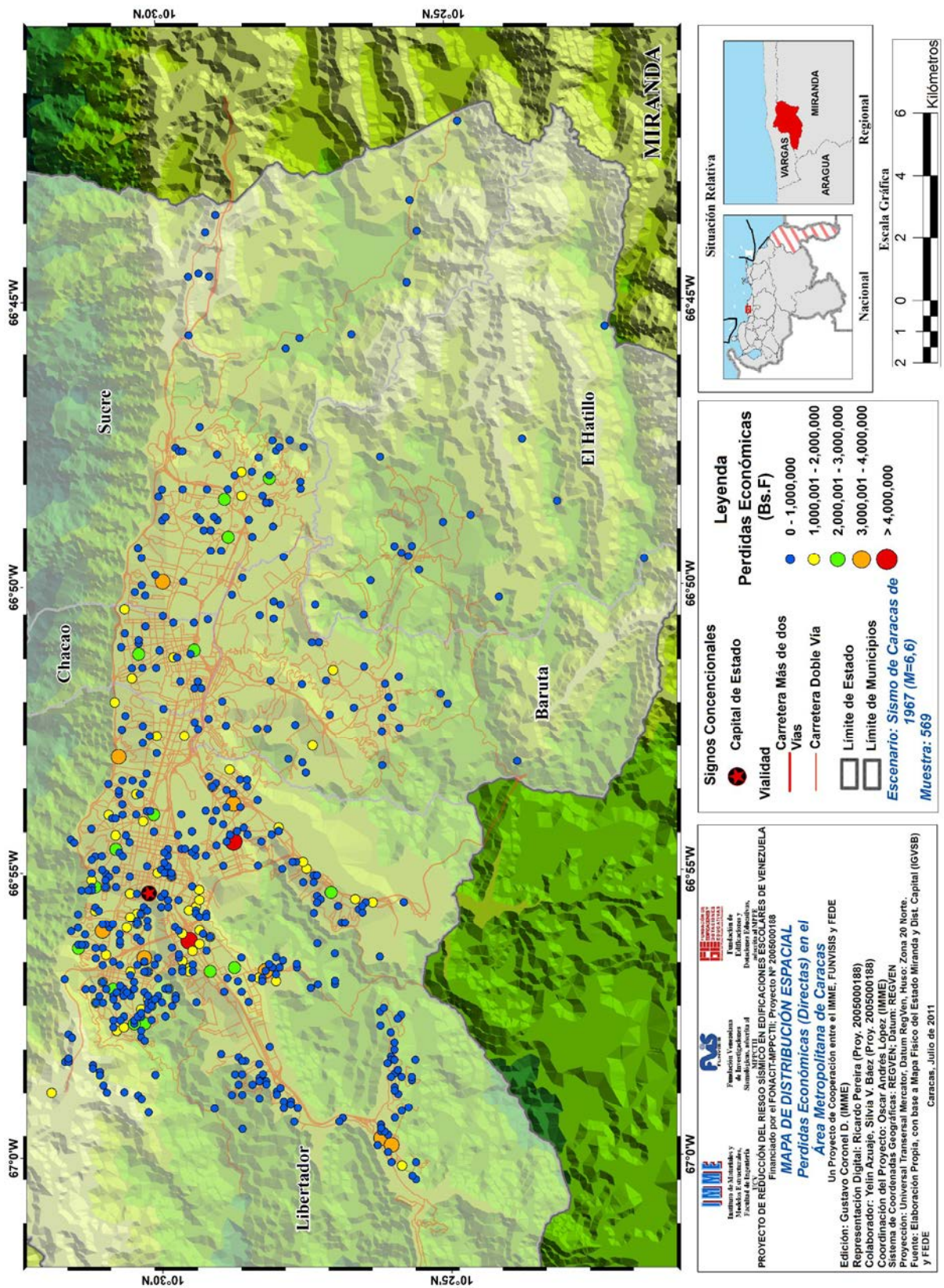




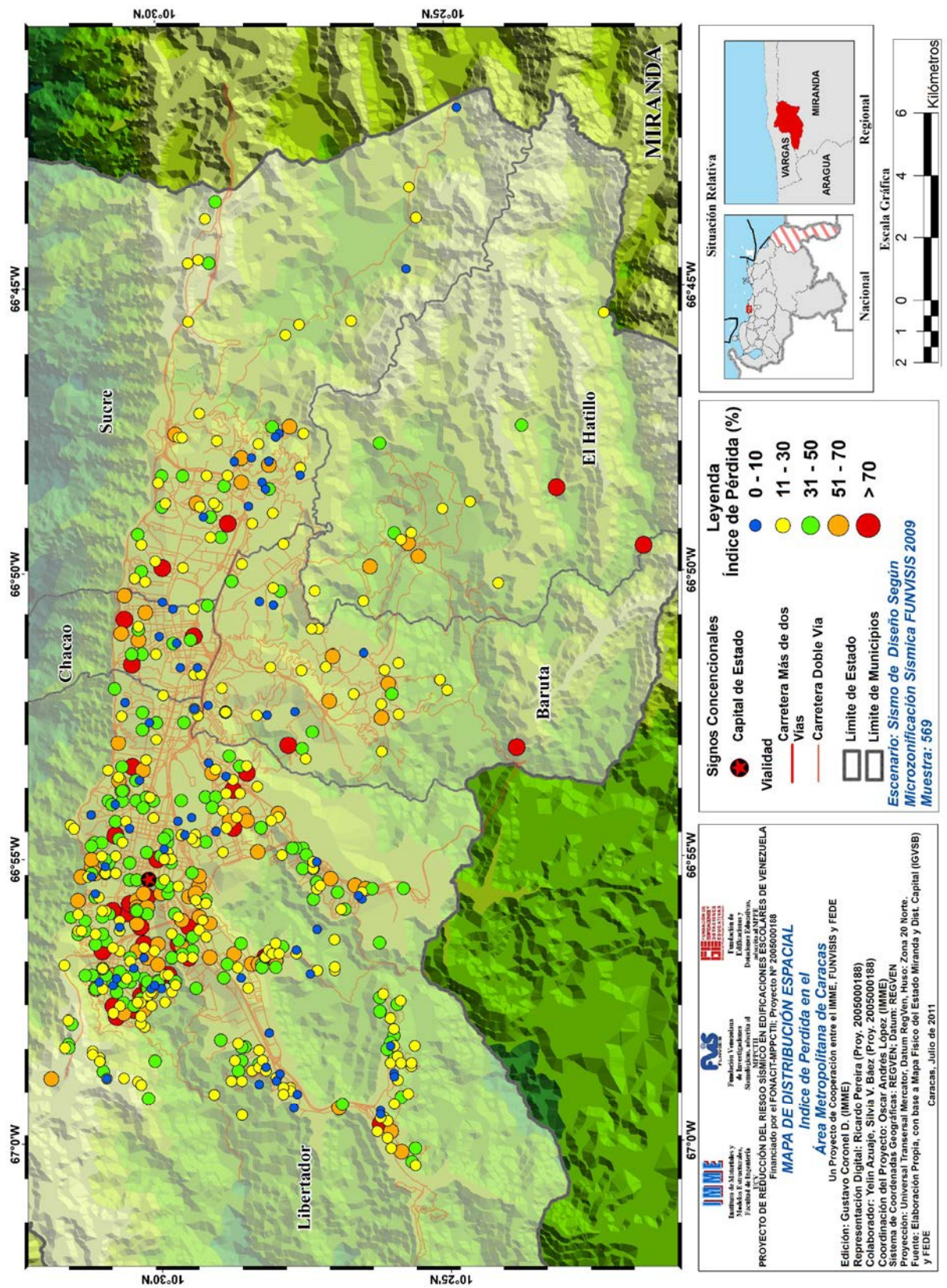




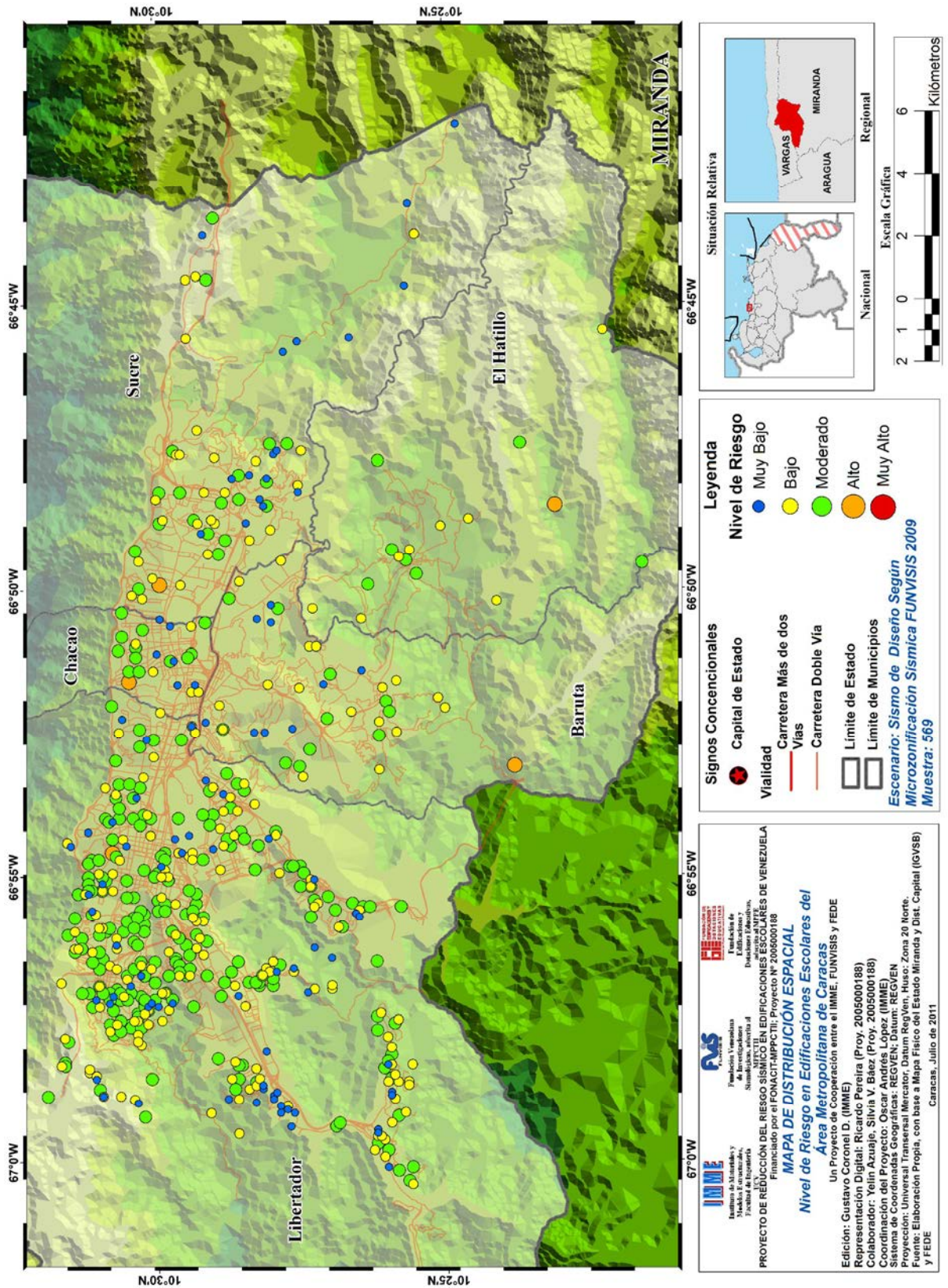












## **Anexo 2.8**

# **Desarrollo de Escenarios Sísmicos, Cuantificación de Pérdidas y Estimación del Riesgo en las Escuelas de Venezuela.**

**Proyecto Reducción del Riesgo Sísmico en  
Edificaciones Escolares de Venezuela  
FONACIT No. 20005000188**

**Preparado para IMME-UCV**

**Preparado por:**

**Dr. Ing. Salvador Safina**



Caracas, Junio 2007

**DESARROLLO DE ESCENARIOS SÍSMICOS,  
CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS Y  
ESTIMACIÓN DEL RIESGO EN LAS ESCUELAS DE VENEZUELA**

**CONTENIDO**

**Resumen**

**1. Introducción**

**2. Consideraciones para el desarrollo del modelo de evaluación**

- 2.1. *Base de datos de planteles escolares*
- 2.2. *Caracterización de la vulnerabilidad sísmica de los planteles*
- 2.3. *Caracterización de escenarios sísmicos*
- 2.4. *Estimación del daño*

**3. Resultados**

- 3.1. *Estudios de escenarios*
- 3.2. *Estudios de pérdidas probables*
- 3.3. *Estudios de riesgo*

**4. Productos**

- 4.1. Programa ESCENA
- 4.2. Programa ESCENAT
- 4.3. Programa ESCENAR
- 4.4. *Otros archivos de interés*

**5. Conclusiones**

**6. Referencias**

**Anexos** (contenidos en la versión digital de este documento):

- ANEXO A** - Resultados *estudios de escenarios*
- ANEXO B** - Resultados *estudios de pérdidas probables*
- ANEXO C** - Resultados *estudios de riesgo*

**Proyecto IMME-FUNVISIS-FEDE-Fonacit No. 20005000188**  
**Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela**

**Desarrollo de Escenarios Sísmicos, Cuantificación de Pérdidas y Estimación del Riesgo en las Escuelas de Venezuela**

**Resumen**

Se presentan resultados preliminares de los efectos sobre los planteles escolares venezolanos como consecuencia de la simulación de sismos históricos, así como la cuantificación de las pérdidas probables y estimación de su riesgo sísmico. En particular se estudian los escenarios de los sismos de Cariaco 1997, Caracas 1967 y el terremoto de 1810. Asimismo se presentan los efectos sobre los 18685 planteles escolares que conforman la base de datos como consecuencia de la ocurrencia de eventos con períodos de retorno de 1000, 500 y 75 años, asociados a los llamados sismos de servicio, sismo de diseño y sismo máximo, medidos en términos del daño medio esperado, y los efectos sobre los ocupantes y costos de reposición. Finalmente se presentan las curvas de riesgo sísmico particularizadas para cada plantel escolar y una clasificación preliminar del riesgo que permite su relativa jerarquización. El modelo ha sido implementado sobre un Sistema de Información Georeferenciada (SIG) a los fines de permitir la generación de mapas temáticos de práctica interpretación que facilite la toma de decisiones.

Los resultados obtenidos revelan que si bien en términos particulares las escuelas con mayores niveles de riesgo se sitúan sobre las zonas de mayor amenaza, las consecuencias de un evento sísmico en la región central tendrá en términos absolutos un mayor impacto sobre la infraestructura escolar nacional, debido fundamentalmente a la importante concentración de planteles escolares en esta región que elevan significativamente los niveles de vulnerabilidad. Asimismo se obtiene que 15.80% de los planteles presentan un nivel de riesgo sísmico muy alto, 40% un riesgo sísmico alto, 30% un riesgo sísmico medio y el resto un riesgo bajo.

## 1. Introducción

Con miras a calificar y diagnosticar el desempeño sísmico del sistema educativo venezolano en general y de cada uno de los planteles escolares en particular, el presente proyecto tiene por objeto el desarrollo de una herramienta de evaluación que permita el estudio de escenarios sísmicos singulares, la cuantificación de pérdidas y estimación del riesgo sísmico en las escuelas de Venezuela implementada sobre una Sistema de Información Georeferenciada (SIG) a los fines de permitir la generación de mapas temáticos de práctica interpretación que facilite la toma de decisiones.

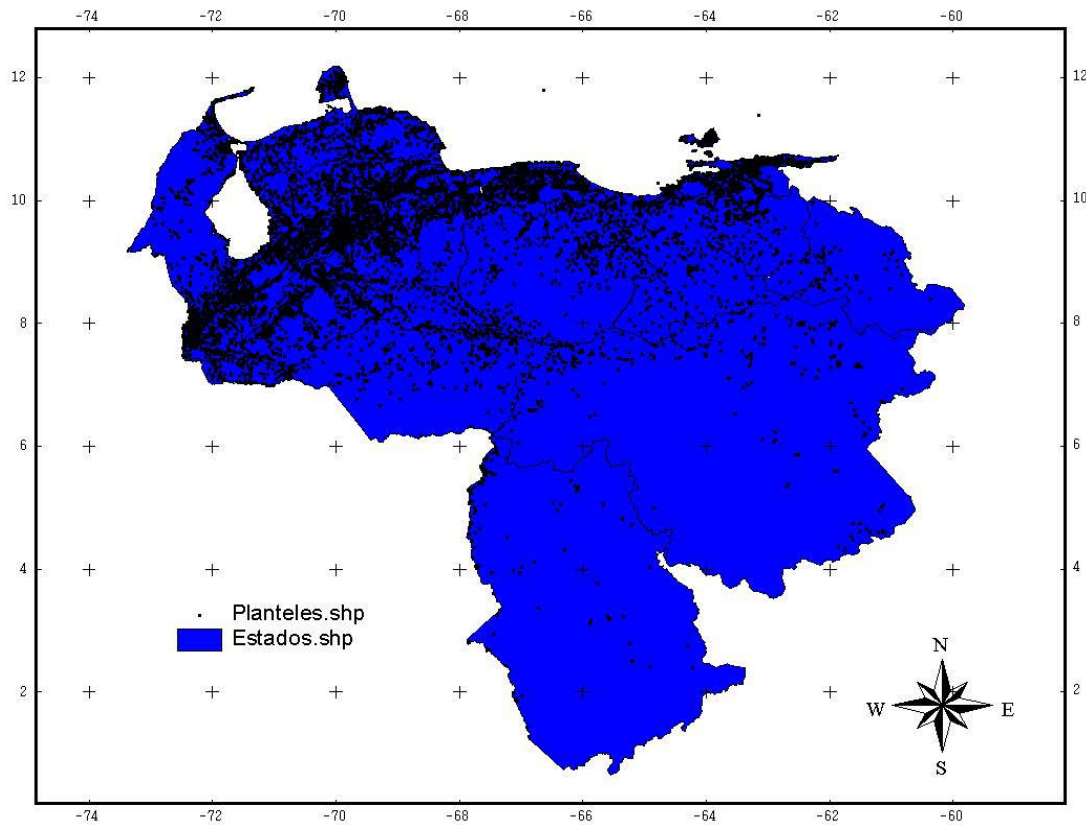
Los estudios de escenarios sísmicos persiguen establecer las consecuencias sobre el sistema educativo regional de un sismo dado, que puede estar asociado a un evento histórico o un evento simulado. Los estudios de pérdidas potenciales permiten determinar los niveles de pérdidas esperados para escenarios equiprobables, identificando las regiones expuestas a mayores niveles de riesgo que permitan orientar la aplicación de políticas y programas de mitigación regionales. Finalmente, a través del estudio de riesgo sísmico o análisis de riesgo, es posible establecer los niveles de riesgo de cada plantel escolar en término de probabilidades de pérdidas anualizadas. Estos resultados permiten identificar y jerarquizar (al menos de manera preliminar) aquellas edificaciones escolares sobre las cuales es necesario proceder con evaluaciones más rigurosas de la vulnerabilidad sísmica y que requieren de intervenciones orientados a reducir su estado de vulnerabilidad actual.

## 2. Consideraciones para el desarrollo del modelo de evaluación

El desarrollo del modelo de evaluación supone la integración de una serie de consideraciones que permitan la apropiada caracterización de la acción sísmica y de sus efectos sobre los planteles escolares.

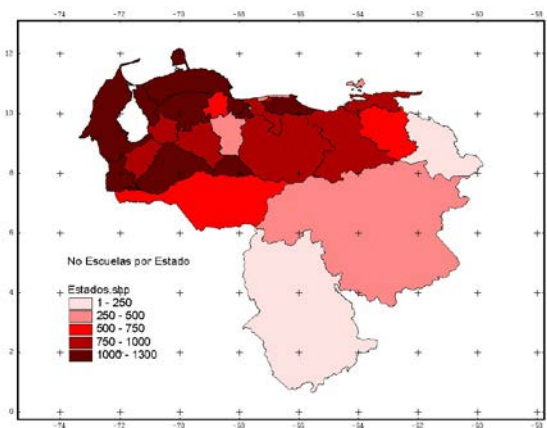
### 2.1. Base de datos de planteles escolares

Partiendo de la información digital suministrada por FEDE sobre la distribución de planteles escolares discriminada por estados, se procedió a la integración de la información en una base georeferenciada nacional, obteniéndose las coordenadas geográficas de los planteles existentes en la data consignada y asociada al código CodSISE. La base de datos cuenta con información de 18685 planteles con los siguientes campos; CodSise, Estado, Municipio, nombre plantel, dirección, dependencia y coordenadas geográficas (Latitud y Longitud). La Figura 1, muestra la distribución de planteles escolares sobre el territorio nacional.

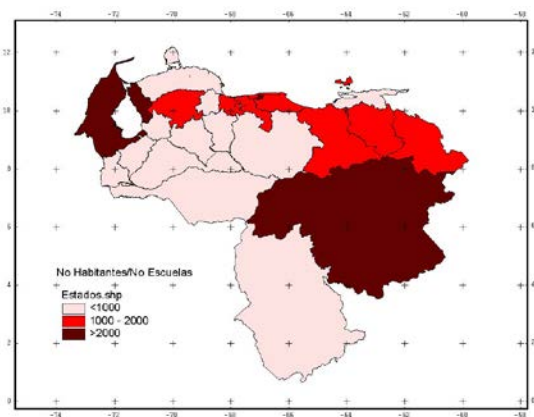


**Figura 1. – Distribución de planteles escolares**

La Figura 2, muestra el número de escuelas por estado, mientras que la Figura 3, muestra la densidad de habitantes por escuelas para cada estado, tomando como base los datos de población del Censo 2001 (INE, 2001).



**Figura 2. No. Escuelas por Estado**



**Figura 3. No habitantes/escuelas**



## 2.2. Caracterización de la vulnerabilidad sísmica de los planteles

El estudio de la *vulnerabilidad sísmica* de una edificación consiste en evaluar la predisposición de sufrir daños como consecuencia de la ocurrencia de un evento sísmico. Para caracterizar el daño sísmico se emplean los llamados estados de daño, que permiten describir cualitativamente el grado de daño global de las edificaciones en función de los daños estructurales y no estructurales (daño físico), por lo que puede ser correlacionado directamente con un parámetro de la respuesta estructural como el desplazamiento del tope de la edificación, la deriva de entrepiso, demanda de ductilidad, etc. En particular se han empleado cinco Estados o Niveles de Daño (sin daño, ligero, moderado, severo y colapso).

Para cada tipología constructiva se determinan los valores medios del desplazamiento cedente ( $\delta_y$ ) y del desplazamiento último ( $\delta_u$ ) del último nivel, el cortante cedente ( $V_y$ ) y el período de vibración fundamental de la estructura ( $Te$ ). El criterio adoptado consiste en asociar el desplazamiento cedente con el inicio del daño y el estado de daño último con el colapso, de manera que:

$\delta < \delta_y$	Estado Sin Daño (ED <sub>1</sub> )
$\delta_y < \delta < \delta_y + (\delta_u - \delta_y)/3$	Estado de Daño Ligero (ED <sub>2</sub> )
$\delta_y + (\delta_u - \delta_y)/3 < \delta < \delta_y + (\delta_u - \delta_y)2/3$	Estado de Daño Moderado (ED <sub>3</sub> )
$\delta_y + (\delta_u - \delta_y)2/3 < \delta < \delta_u$	Estado de Daño Severo (ED <sub>4</sub> )
$\delta > \delta_u$	Colapso (ED <sub>5</sub> )

Utilizando como base el llamado método de los coeficientes de desplazamientos (FEMA, 2000), es posible determinar para una forma espectral  $Sa(T)$ , el valor del coeficiente de aceleración horizontal del terreno que conduce a cada uno de los límites de desplazamientos que define cada estado de daño, según;

$$\delta_i = C_0 C_1 C_2 C_3 Sa(Te) \left( \frac{Te}{2\pi} \right)^2 g \quad (1)$$

Aceptando que los resultados de aceleraciones obtenidos corresponden a los valores medios de aceleración pico ( $\overline{PGA}$ ) necesarios para alcanzar un determinado estado de daño, se adopta una distribución lognormal  $\Phi[.]$  para describir la curva de fragilidad en los siguientes términos:

$$FD = \Phi \left[ \frac{1}{\beta_{PGA}} \ln \left( \frac{PGA}{\overline{PGA}} \right) \right] \quad (2)$$

- $\overline{PGA}$  - Valor medio de la aceleración horizontal pico del terreno
- $\beta_{PGA}$  - Desviación estándar del logaritmo natural de  $PGA$
- $\Phi[.]$  - Distribución lognormal
- $FD = P[ED \geq ED_i / PGA]$  - Probabilidad que el estado de daño alcanzado ED supere el estado de daño límite ED<sub>i</sub> condicionado a un valor de aceleración horizontal del terreno  $PGA$ .

Ante la ausencia de resultados que permitan estimar la dispersión de los valores medios de aceleración, se adoptan valores referenciales de  $\beta_{PGA}$  en correspondencia con los resultados obtenidos en estudios de edificaciones con similar cultura constructiva (Bonett, 2003).

A continuación se muestran los resultados preliminares obtenidos para el tipo de construcción denominado CAJETON, identificado como Tipo 10 dentro de la planilla de registro del plantel del censo escolar nacional 2006-2007.

Desplazamiento cedente:  $\delta_y = 0.762$  cm  
 Desplazamiento último:  $\delta_u = 1.906$  cm  
 Cortante cedente:  $V_y = 278.58$  Ton  
 Período de vibración:  $T_e = 0.37$  seg.  
 Forma espectral S2

Altura edificación:  $H = 9.30$  m  
 Deriva cedente:  $D_y = 0.082$  %  
 Deriva última:  $D_u = 0.205$  %  
 Ductilidad máxima:  $\mu = \delta_u / \delta_y = 2.50$

Parámetros FEMA 356:

$C_0 = 1.20$   
 $C_1 = 1.00$   
 $C_2 = 1.20$  (para zonas 5, 6 y 7 de la norma Covenin 1756:2001)  
 $C_3 = 1.00$

La Tabla No. 1., resume los valores característicos para el plantel tipo Cajetón que sirven de base para la generación de la curva de fragilidad mostrada en la Figura No. 4.

**Tabla No. 1. Valores característicos plantel tipo CAJETON**

<i>Estado daño EDi</i>	<i>Desplazamiento <math>\delta</math>(cm)</i>	<i>Demanda ductilidad (<math>\delta/\delta_y</math>)</i>	<i><math>\overline{PGA}</math> (g)</i>	<i><math>\beta_{PGA}</math> (adoptado)</i>
Ligero	0.762	1.00	0.059	0.25
Moderado	1.143	1.50	0.089	0.30
Severo	1.525	2.00	0.119	0.35
Colapso	1.906	2.50	0.149	0.35

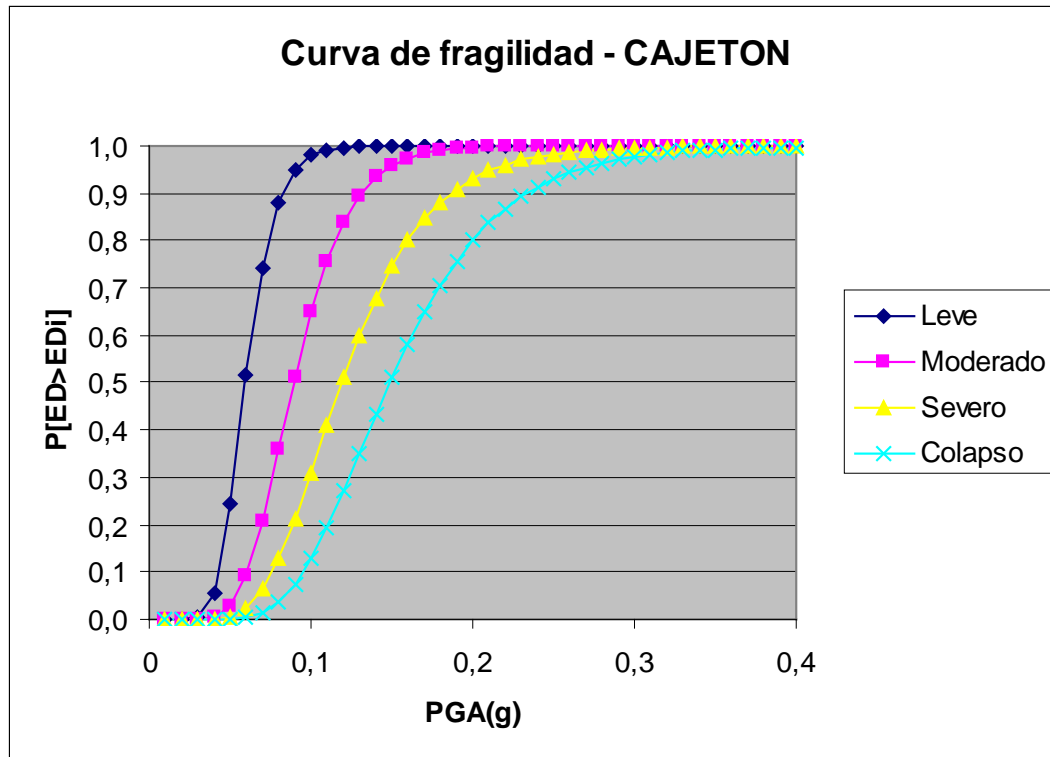


Figura 4. Curva de fragilidad para escuela tipo Cajetón

### 2.3. Caracterización de escenarios sísmicos

La caracterización del escenario sísmico consiste en determinar los niveles de aceleración horizontal del terreno esperados en cada uno de los sitios de implantación de los planteles escolares para un evento sísmico descrito a través de una magnitud y localización que reproduzca un evento histórico de interés o un evento simulado.

Para describir el patrón de atenuación de los niveles de aceleración horizontal con la distancia se adoptó la ley de atenuación propuesta por Campbell (1997) para fallas transcurrentes y suelo firme o aluvión.

$$\ln(a) = -3.512 + 0.904M - 1.328 \ln\left(\sqrt{R^2 + (0.149e^{0.647M})^2}\right) + \varepsilon \quad (3)$$

$$R = \sqrt{H^2 + r^2}$$

$H$  - Profundidad media

$r$  - Distancia horizontal

$M$  - Magnitud de momento (Mw)

La desviación estándar se determina como:

$$a < 0.068g \quad \sigma_{\ln(a)} = 0.55$$

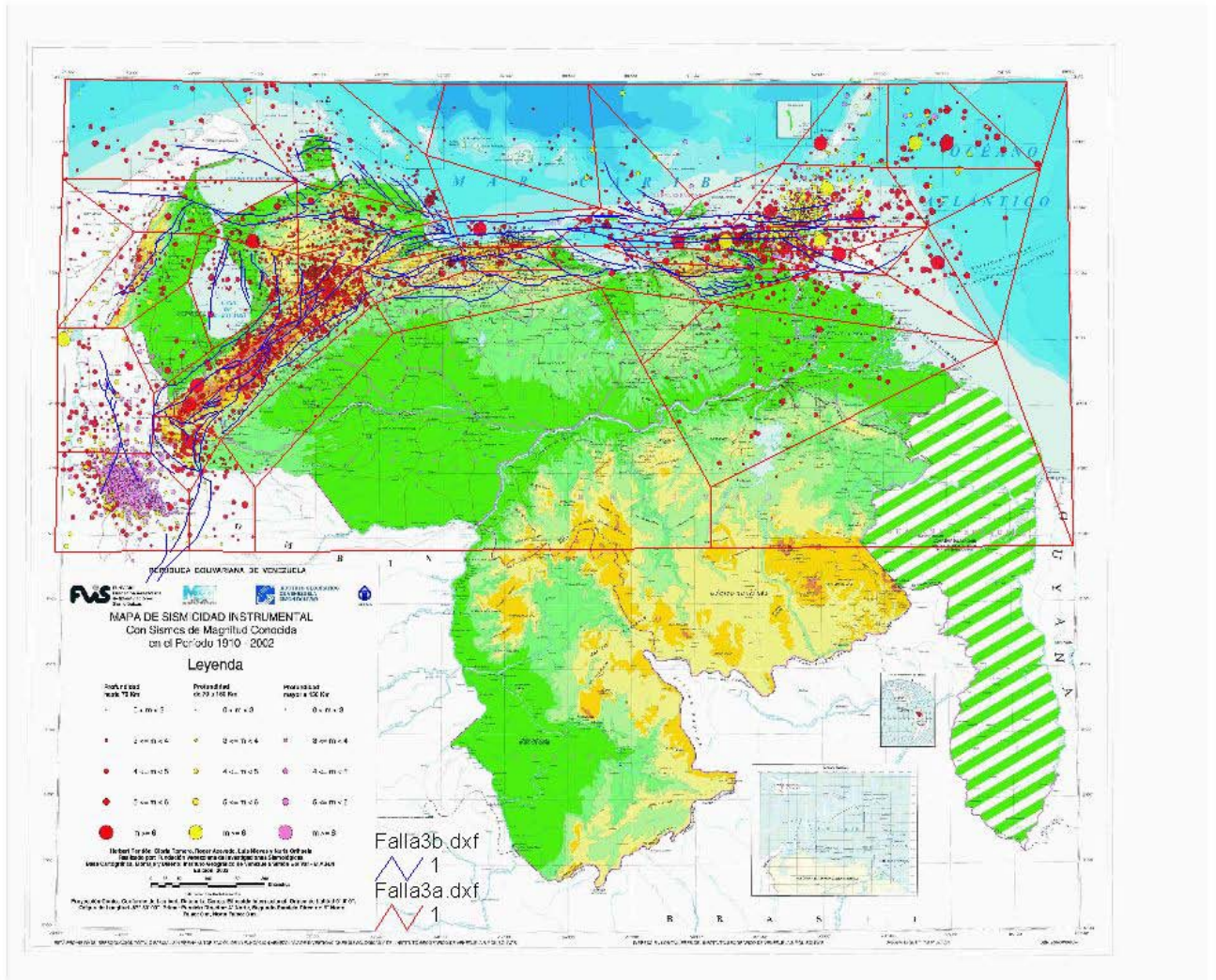
$$\begin{array}{ll} 0.068g < a < 0.210g & \sigma_{\ln(a)} = 0.173 - 0.14 \ln(a) \\ a > 0.210g & \sigma_{\ln(a)} = 0.39 \end{array}$$

Si bien en su formulación original esta ley define la distancia de la fuente al sitio (R) como la distancia más corta entre el sitio de registro y la presunta zona de ruptura sísmogénica sobre la falla, lo cual indica la necesidad de conocer la extensión y orientación del plano de ruptura produciendo formas alargadas de las curvas de isoaceleraciones, para los fines de esta aplicación se adopta la distancia entre el sitio de registro y la proyección vertical del epicentro situada a una profundidad media H, con lo cual las curvas de isoaceleración se mantienen concéntricas al epicentro adoptado.

Para la implementación de los modelos de evaluación de pérdidas probables y riesgo sísmico es necesario además contar con la definición de los parámetros de las fallas geológicas y áreas sísmogénicas de la región. Ante la inconveniencia de obtener tal información, se adoptó una definición preliminar de áreas fuentes con parámetros equivalentes a los empleados en los estudios nacionales a los fines de reproducir la misma sísmicidad en cada región. La geometrización de las áreas fuentes toma como base el mapa de sísmicidad instrumental 1910-2002 (Funvisis, 2002) y el mapa de fallas cuaternarias de Venezuela (Funvisis, 2000). La definición de los parámetros han sido ajustados de manera de reproducir niveles de amenaza sísmica equivalentes a los contenidos en el mapa de zonificación sísmica con fines de ingeniería (Covenin, 2001), para lo cual es necesario asociar a cada área fuente una fracción de la tasa de sísmicidad anualizada derivada del procesamiento de un catálogo sísmico referencial integrando por datos descargados desde diferentes bases de datos públicas de Internet (USGS, Ceresis, etc).

La Figura No.5, muestra la geometría de las áreas fuentes adoptadas (polígonos rojos) superpuestas sobre el mapa de sísmicidad instrumental y donde se han destacado en color azul, las trazas de las principales fuentes sísmogénicas identificadas.





**Figura No.5. Definición de áreas fuentes**

Partiendo de la sismicidad global de la región es posible caracterizar la recurrencia de eventos mediante los parámetros  $a$  y  $b$  de la ley de Gutenberg-Richter

$$\log N = a - bM \quad (4)$$

$N$  número de sismos de magnitud  $\geq M$   
 $a, b$  parámetros de la ley

Estos valores se determinan a partir de estadísticas sismológicas de la región que consideran las ocurrencias de eventos dentro de determinados lapsos de tiempo e intervalos de magnitudes (Ramos y Mendoza, 1991). Así, la sismicidad de cada fuente puede ser caracterizada por una ley de recurrencia sísmica truncada del tipo:

$$n(M) = \alpha \frac{e^{-\beta M} - e^{-\beta M_u}}{e^{-\beta M_o} - e^{-\beta M_u}} \quad (5)$$

$\alpha$  - Tasa anualizada de sismos con  $M > M_o$

$\beta$  - Parámetro regional

$M_o$  – Magnitud a partir del cual se esperan daños ( $M_o=4.5$ )

$M_u$  – Magnitud máxima probable de la fuente

La determinación del resto de parámetros sismogénicos tales como tipo de falla, magnitud máxima probable y su período de retorno, longitud de ruptura probable, velocidad de movimiento, entre otros, se fundamentan en el concepto de segmento característico de la falla (Audemard y Singer, 1994) y usa como base los lineamientos señalados por Audemard et al. (2000).

#### 2.4. Estimación del daño

Conocida la curva de fragilidad de cada plantel escolar y la aceleración esperada en su sitio de implantación para un sismo dado, es posible estimar la probabilidad de alcanzar y superar cada uno de los estados de daño límites a través de la aplicación del Teorema de la Probabilidad Total, según el cual,

$$P[ED \geq ED_i] = \sum P[ED \geq ED_i | PGA] P[PGA] \quad (6)$$

Siguiendo la propuesta de Blondet et al. (2005), en su estudio sobre estimación de pérdidas sísmicas en edificaciones escolares, se han ponderado las probabilidades de alcanzar cada estado de daño límite a través de un porcentaje de daño ( $PDi$ ), de manera que el factor de daño ponderado de un plantel escolar ( $FDP$ ) queda determinado como:

$$FDP = \sum_{i=1}^5 P[ED = ED_i] PDi \quad (7)$$

**Tabla No.2. Porcentaje de daño  $PDi$  asociado a cada estado de daño**

<i>Estado de Daño (<math>ED_i</math>)</i>	<i>Porcentaje de Daño (%) (<math>PDi</math>)</i>
Sin daño	0
Leve	5
Moderado	20
Severo	65
Colapso	100

Asimismo, siguiendo la propuesta del ATC(1985), es posible estimar los efectos de los daños en los planteles escolares sobre sus ocupantes asumiendo que el evento sísmico ocurre en horas de actividad escolar, para lo cual el número de personas afectadas ( $NPA$ ) se determina en función del factor de afectación de ocupantes ( $FAOi$ ) asociado a cada estado de daño.

$$NPA = \sum_{i=1}^5 P[ED = ED_i] FAOi \quad (8)$$

**Tabla No. 3. Factor de afectación ocupantes  $FAO_i$  asociado a cada estado de daño**

<i>Estado de Daño (EDi)</i>	<i>Heridos leves</i>	<i>Heridos graves</i>	<i>Muerte</i>
Sin daño	33/100000	4.4/100000	1.1/100000
Leve	30/10000	4/10000	1/10000
Moderado	30/1000	4/1000	1/1000
Severo	30/100	4/100	1/100
Colapso	2/5	2/5	1/5

Finalmente, el modelo reconoce que el costo de reposición de un plantel escolar no depende solamente de los efectos sobre su infraestructura física sino también de las consecuencias sociales que su afectación tiene en la comunidad. En este sentido, se define el factor de costo de reposición ( $FCR$ )

$$FCR = FDP \times A \times C \times F1 \times F2 \quad (9)$$

- $FDP$  Factor de daño ponderado
- $A$  Área de construcción del plantel ( $m^2$ )
- $C$  Costo promedio por unidad de área de construcción ( $Bs/m^2$ )
- $F1$  Factor asociado al nivel educativo
- $F2$  Factor de importancia social.

Para el factor  $F1$  se han establecido tres niveles (básico, medio, alto) atendiendo al nivel educativo de la escuela, en el sentido que los planteles de mayor nivel cuentan en general con una infraestructura más costosa de reponer representada por laboratorios, salas de computación, etc. La Tabla No. 4., resume los valores adoptados en el presente estudio.

**Tabla No. 4. Factor asociado al nivel educativo  $F1$**

<i>Nivel educativo</i>	<i>F1</i>
Básico	1.0
Medio	1.2
Alto	1.5

Asimismo, para el factor de importancia social ( $F2$ ) se han establecido tres niveles (básico, medio, alto) atendiendo a la densidad de habitantes por planteles de cada estado (ver Fig. 3). La Tabla No. 5., resume los valores adoptados en el presente estudio.

**Tabla No. 5. Factor de importancia social  $F2$**

<i>Nivel importancia</i>	<i>No Hab/ No planteles</i>	<i>F2</i>
Básico	<1000	1.0
Medio	1000 – 2000	1.2
Alto	>2000	1.5

### 3. Resultados

A continuación se presentan los *resultados preliminares* obtenidos con el modelo implementado, los cuales deben ser considerados sólo como referenciales, debido al hecho que la base de datos debe ser completada y actualizada con la información recopilada del Censo Escolar Nacional 2006-2007, a los fines de incorporar para cada plantel (referido al CodSISE) otros campos fundamentales para la evaluación como son;

- Tipología de construcción (según códigos del censo)
- Nivel educativo (básico: 0, medio: 1, alto: 2)
- No de personas que ocupan el plantel e condiciones ordinarias de operación
- Área de construcción (m<sup>2</sup>)

Los resultados que se presentan asumen para TODOS los planteles escolares:

1. Igual tipología de construcción (se adoptó una tipología media equivalente al llamado Cajetón (tipo T10).
2. Nivel educativo básico (F1=1.0)
3. Media 200 personas por plantel educativo
4. Media 400 m<sup>2</sup> de área de construcción.
5. Costo de construcción promedio: 1.0 MM Bs/m<sup>2</sup>

#### 3.1. Estudios de escenarios

El estudio de escenarios sísmicos permite estimar los efectos de un sismo singular sobre una región. Sobre la base de un sismo característico se determina la distribución de aceleraciones a partir del cual se estiman los efectos y consecuencias sobre los planteles escolares.

La definición del evento supone la definición de la magnitud y la localización del epicentro. La Tabla No. 6 describe los escenarios sísmicos singulares empleados en la presente evaluación. (Funvisis, 1997) (Grases, 1994)

**Tabla No. 6. Escenarios sísmicos singulares estudiados**

<i>Escenario Sísmico</i>	<i>Magnitud (Mw)</i>	<i>Longitud (grados)</i>	<i>Latitud (grados)</i>
Cariaco 1997	6.9	-63.51	10.54
Caracas 1967	6.6	-67.40	10.68
Mérida 1812	7.0	-71.30	8.50
Barquisimeto 1812	6.2	-69.10	10.20

A través de las leyes de atenuación se establece para cada plantel el valor de aceleración esperado. Finalmente, a partir de las curvas de fragilidad se determina la probabilidad de alcanzar los diferentes estados de daño y el factor ponderado de daño. La Tabla No. 7, resume para cada escenario sísmico evaluado, el número de planteles afectados discriminados para cada rango de daño.



**Tabla No. 7. Número de planteles por rango de daño**

<i>Escenario Sísmico</i>	<i>1-10%</i>	<i>10-30%</i>	<i>30-60%</i>	<i>60-100%</i>	<i>Total</i>
Cariaco 1997	264	244	144	308	960
Caracas 1967	1717	133	48	10	1898
Mérida 1812	527	248	257	324	1356
Barquisimeto 1812	200	123	221	225	769

El Anexo A (versión digital de este informe), reproduce los mapas de isoaceleraciones para cada uno de los escenarios estudiados y la correspondiente distribución de daños esperados sobre los planteles escolares de la región afectada por el evento sísmico discriminados por rango de daño.

### 3.2. Estudios de pérdidas probables

El estudio de pérdidas probables está orientado a cartografiar los efectos de un nivel de amenaza en una región. Constituyen una herramienta indispensable para la toma de decisiones y definición de políticas de mitigación y prevención del riesgo. Su desarrollo implica la compilación y síntesis de una importante variedad de escenarios sísmicos asociados a una misma probabilidad de ocurrencia o determinado período medio de retorno. Se utilizan para destacar de manera relativa las regiones expuestas a mayores niveles de riesgo con miras a priorizar la aplicación de políticas y programas de mitigación.

En particular se presentan los resultados asociados a tres niveles de sismicidad correspondientes a los llamados *sismos frecuentes* (con períodos medios de retorno de 75 años), *sismos extremos* (con períodos medios de retorno de 500 años) y *sismos excepcionales* (con períodos medios de retorno de 1.000 años).

Siguiendo la metodología propuesta por Safina (2003), la evaluación se realiza sobre una matriz de puntos (posibles epicentros). A cada punto se asocia un evento sísmico cuya magnitud corresponda al periodo de retorno conocido y en concordancia con los parámetros sismogénicos de la fuente. Evaluado el escenario sísmico, se sintetizan los resultados sobre el punto en cuestión, permitiendo la generación de mapas de probabilidades de pérdidas. En particular, se ha empleado una matriz de 12.236 puntos equiespaciados a 0.10 grados, de manera que para cada período de retorno estudiado el sistema evalúa 12.236 escenarios sísmicos, y para cada escenario evaluado se cuantifican los efectos sobre los 18.685 planteles escolares, sintetizando los resultado en cada epicentro en un mapa temático.

El Anexo B (versión digital de este informe), presenta una muestra de los mapas temáticos obtenidos para los tres niveles de sismicidad estudiados correspondientes a los períodos de retorno de 1.000, 500 y 75 años. En particular se representa el número de planteles escolares que alcanzan un daño medio igual o superior al 60%, el número de víctimas mortales esperado en caso de ocurrir el evento en horas de actividad escolar y el costo estimado de reposición en los términos antes señalados.

### 3.3. Estudios de riesgo

El estudio de riesgo sísmico, persigue estimar los niveles de pérdidas en cada plantel escolar debido a todos los posibles eventos ocurridos durante un período de tiempo

determinado, de manera que el resultado es una curva de riesgo por cada plantel. Nuevamente, la evaluación se realiza sobre una matriz de puntos (posibles epicentros). A cada punto se asocia una sucesión de eventos sísmicos con magnitudes entre  $M_0$  y  $M_u$  y en concordancia con los parámetros sismogénicos de la fuente asociada a dicho punto. Para cada plantel se cuantifican los daños y se acumula la frecuencia media anual de sismos capaces de producir dicho nivel de daño, que permitirá a través de un modelo de Poisson determinar la probabilidad media anual de excedencia y construir la curva de riesgo correspondiente.

En particular, se ha empleado una matriz de 12.236 puntos equiespaciados a 0.10 grados y la magnitud se varía con incrementos  $\Delta M = 0.10$ , para un total de 244.700 escenarios. Para cada escenario se cuantifican los efectos sobre los 18.685 planteles escolares acumulando la frecuencia media anual de sismos capaces de producir daños con rangos incrementales del 10%. En total se obtienen 18.685 curvas de riesgo (una por plantel) similares a las mostradas en la Figura C.1 del Anexo C (versión digital de este informe).

El criterio adoptado para calificar el nivel de riesgo sísmico de cada plantel escolar (Safina, 2003) consiste en determinar el nivel de daño asociado a una probabilidad anual de excedencia igual a 0.0021 (correspondiente a una probabilidad de excedencia del 10% en un tiempo de exposición de 50 años – equivalente al inverso del período de retorno de 475 años). Así es posible definir cuatro rangos de riesgo sísmico. La Tabla No. 8, resume el número de planteles y su proporción dentro de la base de datos para cada nivel de riesgo sísmico adoptado.

**Tabla No. 8. Número de planteles por nivel de riesgo**

Nivel de Riesgo	Rango de daño	No. planteles	Porcentaje
Muy alto	> 60%	2952	15.80%
Alto	30% - 60%	7457	39.90%
Medio	10% - 30%	5537	29.64%
Bajo	< 10 %	2739	14.66%

La Figura C.2 (versión digital de este informe), representa la distribución de de los planteles de acuerdo con el porcentaje de daño esperado para una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años.

#### 4. Productos

Además de la plataforma SIG implementada en el entorno ArcView 3.2. (ESRI, 2004), que permite la representación gráfica de los resultados y la generación de mapas temáticos de práctica interpretación, se consignan los programas de cálculo que permiten la generación de los escenarios sísmicos, la cuantificación de las pérdidas esperadas y la estimación del riesgo de los planteles escolares.

##### 4.1. Programa ESCENA

Objetivo: Simulación de escenario sísmico singular.

Datos de entrada:   Coordenadas del epicentro (grados)  
                                  Magnitud de momento (Mw)

Resultado:    Archivo RESULT.OUT con 18685 registros y 11 campos

1. CodSISE código del plantel
2. Longitud (grados)
3. Latitud (grados)
4. Distancia R (Km)
5. Aceleración máxima del terreno (g)
6. P[ED=ED1]
7. P[ED=ED2]
8. P[ED=ED3]
9. P[ED=ED4]
10. P[ED=ED5]
11. FDP Factor de daño medio

Archivo GRID.OUT con 22196 registros y 3 campos correspondientes a las aceleraciones en una grid de puntos equiespaciadas, empleada para representar los mapas de isoaceleraciones.

1. Longitud (grados)
2. Latitud (grados)
3. Aceleración máxima del terreno (g)

#### 4.2. Programa ESCENAT

Objetivo: Cuantificación de las pérdidas probables esperadas

Dato de entrada: Período de retorno (años)

Resultado: Archivo RESULT.OUT con 12236 registros y 10 campos

1. Longitud del epicentro (grados)
2. Latitud del epicentro (grados)
3. No planteles con daño entre 1-10%
4. No planteles con daño entre 10-30%
5. No planteles con daño entre 30-60%
6. No planteles con daño entre 60-100%
7. No de heridos leves
8. No de heridos graves
9. No de muertes
10. Factor de costo reposición (Millones Bs)

#### 4.3. Programa ESCENAR

Objetivo: Estudio de riesgo sísmico de planteles escolares

Datos de entrada: No requiere suministro de dato alguno

Resultado: Archivo RESULT.OUT con 18685 registros y 10 campos que permite graficar la curva de riesgo de cada plantel.

1. Probabilidad anual  $D > 0\%$
2. Probabilidad anual  $D > 10\%$

3. Probabilidad anual  $D > 20\%$
4. Probabilidad anual  $D > 30\%$
5. Probabilidad anual  $D > 40\%$
6. Probabilidad anual  $D > 50\%$
7. Probabilidad anual  $D > 60\%$
8. Probabilidad anual  $D > 70\%$
9. Probabilidad anual  $D > 80\%$
10. Probabilidad anual  $D > 90\%$

#### 4.4. Otros archivos de interés

Además se consignan una serie de archivos auxiliares empleados por los programas de análisis con los datos de los planteles escolares, las fuentes, etc.

- Archivo PLANTEL.TXT con 18685 registros y 10 campos
  1. CodSISE código del plantel
  2. Longitud (grados)
  3. Latitud (grados)
  4. Tipología de construcción (código 1 – 15) [por actualizar]
  5. Tipo de terreno [por actualizar]
  6. Nivel educativo [por actualizar]
  7. Factor de importancia social
  8. No. Ocupantes [por actualizar]
  9. Área de construcción ( $m^2$ ) [por actualizar]
  10. [campo disponible]
  
- Archivo TIPOL.TXT con 15 registros y 8 campos. Para cada tipología de construcción,
  1. Aceleración media del terreno asociada al estado de daño leve
  2. Aceleración media del terreno asociada al estado de daño moderado
  3. Aceleración media del terreno asociada al estado de daño severo
  4. Aceleración media del terreno asociada al estado de colapso
  5. Desviación estándar aceleración asociada estado de daño leve
  6. Desviación estándar aceleración asociada estado de daño moderado
  7. Desviación estándar aceleración asociada estado de daño severo
  8. Desviación estándar aceleración asociada estado de colapso
  
- Archivo ZONAS.TXT vértices de las áreas fuentes
 

Np Número de vértices  
( $X_i, Y_i$ ) Coordenadas de los vértices (grados) [Np puntos]  
Nf Número de área fuentes  
( $n_1, n_2, n_3, \dots, n_m$ ) Secuencia de vértices que definen el área fuente – en sentido antihorario [Nf secuencias]
  
- Archivo GAUSS.TXT puntos de integración de la campana de Gauss



## 5. Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio están limitados por la falta de actualización y representatividad de las bases de datos de los planteles escolares, sin embargo constituyen una primera orientación sobre la situación del sistema escolar nacional ante la ocurrencia de un evento sísmico.

De los resultados de los estudios de escenarios y de pérdidas probables se desprende que las consecuencias sobre los planteles escolares está fundamentalmente condicionada a la ubicación del epicentro y la intensidad del movimiento sísmico. En este sentido destaca la región capital donde la importante concentración de planteles escolares eleva significativamente los niveles de vulnerabilidad haciendo que las consecuencias de eventos sísmicos en su entorno sean significativamente mayores que otras regiones con mayor grado de amenaza sísmica, incluso con sismos de moderada intensidad.

En este sentido, puede afirmarse que de acuerdo con la distribución y características de los planteles escolares, en términos absolutos, las mayores consecuencias sobre dicha infraestructura y sus ocupantes se obtiene para sismos cercanos a la región capital y sus alrededores (Libertador, Miranda, Aragua y Carabobo). También destacan como regiones con alto impacto sobre la infraestructura escolar, las regiones andinas comprendidas entre los estados Tachira, Mérida, Trujillo y Lara, y la región nororiental comprendida entre los estados Sucre y Anzoátegui, debido fundamentalmente a los elevados niveles de amenaza de tales regiones y sistemática concentración de población.

Los resultados del análisis de riesgo están significativamente condicionados a la suposición de una vulnerabilidad homogénea para todos los planteles escolares lo cual conduce a una relación directa con la amenaza sísmica, en el sentido que la distribución de los planteles con diferentes niveles de riesgo prácticamente reproduce la forma del mapa de amenaza. Sobre esta base se obtiene que 15.80% de los planteles presentan un nivel de riesgo sísmico muy alto y están fundamentalmente ubicados en los estados Sucre y los estados andinos situados sobre la falla de Boconó. Prácticamente un 40% de los planteles presentan un riesgo sísmico alto, 30% un nivel de riesgo sísmico medio y el resto un riesgo bajo. Estos resultados deberían ser fuertemente afectados al incorporar una descripción de vulnerabilidad más apropiada lo cual depende de la apropiada caracterización de la tipología constructiva existente en cada plantel.

Los resultados anteriores señalan que si bien en términos particulares las escuelas con mayores niveles de riesgo se sitúan sobre las zonas de mayor amenaza, las consecuencias de un evento sísmico en la región central tendrá en términos absolutos un mayor impacto sobre la infraestructura escolar nacional, lo cual indica la necesidad de orientar las políticas de mitigación hacia las regiones antes señaladas con especial énfasis sobre la región central del país y su capital.

## 6. Referencias

ATC (1985). *Eartquake damage evaluation data for California*. ATC-13. Applied Technology Council, Redwood City. California, USA.

- AUDEMARD, F. y SINGER, A. (1994). *Parámetros sismotectónicos para fines de evaluación de la amenaza sísmica en el noroccidente de Venezuela*. VII Congreso venezolano de geofísica. Caracas. Septiembre 1994.
- AUDEMARD, F., MACHETTE, M., COX, J., DART, R. and HALLER, K (2000). *Map and database of quaternary faults in Venezuela and its offshore regions*. Open-File report 00-018. USGS.
- BLONDET, M., MUÑOZ, A., VELÁSQUEZ, J. y LEÓN, H. (2005). *Estimación de pérdidas sísmicas en edificaciones educativas peruanas*. IX Congreso chileno de sismología e ingeniería antisísmica. Concepción. Chile. Nov. 2005.
- BONETT, R. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña UPC. Barcelona. España.
- COVENIN (2001), *Norma venezolana para edificaciones sismorresistentes*. Covenin-Mindur 1756-1:2001. Ministerio de infraestructuras. Fondonorma. Caracas. Venezuela Caracas, Venezuela.
- CAMBELL, K.W. (1997). *Empirical near-source attenuation relationships for horizontal and vertical components of peak ground acceleration, peak ground velocity, and pseudo-absolute acceleration response spectra*. Seismological research letters. Vol. 68. Number 1. pp154-179.
- FEMA (2000). *Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation building*. FEMA-356. Prepared by American Society of Civil Engineers ASCE. Reston. Virginia. USA. November 2000.
- FUNVISIS (1997). *Evaluación preliminar del sismo de Cariaco del 9 de Julio de 1997, Estado Sucre, Venezuela*. Fundación venezolana de investigaciones sismológicas. Octubre 1997.
- FUNVISIS (2000). *Mapa de fallas cuaternarias de Venezuela*. Fundación venezolana de investigaciones sismológicas. Disponible: <http://funvisis.gob.ve/> [consulta: 21 Marzo 2007]
- FUNVISIS (2002). *Mapa de sismicidad instrumental 1910-2002*. Fundación venezolana de investigaciones sismológicas. Disponible: <http://funvisis.gob.ve/> [consulta: 21 Marzo 2007]
- GRASES, J. (1994), *Terremotos destructores del Caribe, 1502-1990*. UNESCO-RELACIS, Montevideo. Chile.
- INE(2001). *Censo de población y vivienda*. Instituto Nacional de Estadística. Caracas. Disponible: <http://www.ine.gov.ve> [consulta: 21 Marzo 2007]]
- ESRI (2004). *ArcView 3.2. Integrated Software for Geographic Information Systems*. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC., California, USA.
- McGUIRE, R. K. (2004). *Seismic Hazard and Risk Analysis*. MNO-10. Earthquake Engineering Research Institute EERI. California. USA.
- RAMOS, C. y MENDOZA, J. (1991). *Return periods for venezuelan earthquakes based on the análisis of instrumental seismicity 1910-1990*. Funvisis.
- SAFINA, S. (2003). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña UPC. Barcelona. España.

## Capítulo 3

# *Inspección de Escuelas e Índices de Riesgo*



## Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela

**Informe Técnico**

**Responsable: Oscar A. López (IMME–FI-UCV)**



### 3. INSPECCIÓN DE ESCUELAS E ÍNDICES DE RIESGO

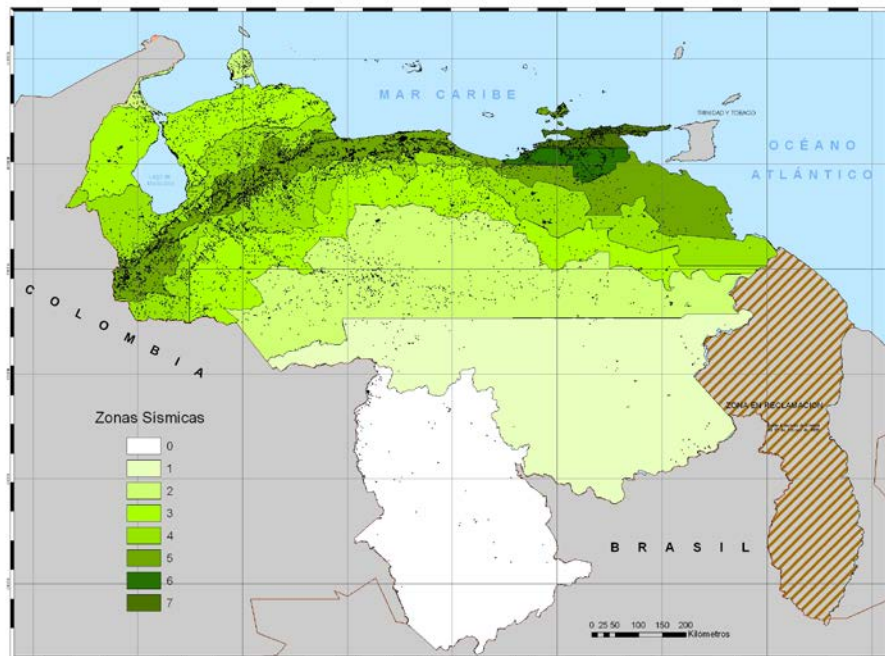
#### 3.1. Introducción

Existen aproximadamente 28.000 planteles educativos en toda Venezuela, cuya distribución puede ser observada en la Figura 3.1. Muchos de estos planteles funcionan en las zonas de mayor amenaza sísmica del país, donde habita un alto porcentaje de la población. Por otra parte, varios centenares de estos planteles educativos funcionan en edificaciones escolares más o menos antiguas que han mostrado comportamientos inadecuados en terremotos pasados. Ejemplo de ello son las edificaciones escolares derrumbadas en la población de Cariaco, Estado Sucre, durante el sismo ocurrido el 9 de julio de 1997. En vista de que no se cuenta con información detallada sobre las características estructurales de la mayor parte de las edificaciones escolares, se decidió inspeccionar y recolectar información sobre características estructurales básicas de las edificaciones escolares del país, a través de inspecciones en sitio de corta duración. Esta información será utilizada para calcular índices de vulnerabilidad y de riesgo que permitan una selección de aquellas edificaciones críticas que deban ir a una fase de estudios detallados y a un potencial reforzamiento sismorresistente.

En esta Sección se presenta la metodología seguida y resultados obtenidos en la inspección de 291 edificaciones escolares en toda Venezuela.

Los participantes de esta actividad son:

- Profesores A. Marinilli, O. A. López , G. Coronel y N. Fernández.
- Equipo del CENANB, coordinado por el Prof. J. Delgado.
- Profesoras C. Alvarado y G. Prado de la Universidad de Carabobo
- Br. E. Hernández, O. Contreras, L. Grippi y M. Rodríguez de la U. de Carabobo.



**Figura 3.1. Mapa de zonificación sísmica según la Norma Venezolana 1756 y ubicación de los planteles escolares en Venezuela**



## 3.2. Metodología

### 3.2.1. Recolección de Información Básica

Con la finalidad seleccionar las edificaciones de alta prioridad para las inspecciones oculares se desarrolló una planilla de consulta de información dirigida a las 24 oficinas regionales de FEDE localizadas en todos los estados del país, según se describió en el Capítulo 1 de este informe. Dicha consulta incluía fotografías de las tres tipologías más antiguas, vulnerables y repetitivas. Como respuesta a esta consulta se logró identificar 552 edificios escolares y clasificarlos de la siguiente manera: 104 Tipo Antigo I, 334 Tipo Cajetón y 114 Tipo Antigo II. Las dos primeras tipologías corresponden a las edificaciones escolares derrumbadas durante el Terremoto de Cariaco de 1997 y la última a edificaciones escolares construidas en las décadas de 1950 y 1960 con una norma sismorresistente marcadamente deficiente.

### 3.2.2. Planilla para Inspección Sismorresistente

Adicionalmente a la información estructural básica, es importante contar con información estructural y no estructural más detallada de las edificaciones escolares para poder estimar de manera más confiable su vulnerabilidad y el riesgo sísmico asociado. Para realizar la inspección sismorresistente de un edificio escolar se diseñó la planilla de inspección que puede ser observada en la Figura 3.2.

Para diseñar la planilla se consideraron diversas experiencias nacionales e internacionales, entre las cuales se pueden citar las siguientes: las planillas de inspección ocular rápida propuestas por (FEMA 154, 2002) para identificar, inventariar y categorizar cualquier tipo de edificio en los EE.UU. que sea potencialmente vulnerable ante terremotos y la planilla de reconocimiento visual rápido de vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares desarrollada por (Meneses y Aguilar, 2004). Adicionalmente, se consideró lo estipulado en las Normas Venezolanas que rigen la materia, tales como la norma para edificaciones sismorresistentes (Covenin Mindur 1756, 2001), la norma para estructuras de concreto armado (Covenin Mindur 1753, 1985) y la norma para edificaciones de acero (Covenin Mindur 1618, 1998).

La información a ser levantada *in situ* y vaciada en la planilla de inspección sismorresistente (Figura 3.2) puede desglosarse de la siguiente manera:

- **Información básica:** identificar el plantel escolar, la dirección exacta, las coordenadas geográficas (mediante un GPS), el edificio inspeccionado, la persona entrevistada y el inspector. Igualmente indicar la fecha del proyecto y/o construcción de la edificación.
- **Croquis de ubicación y croquis de la configuración estructural:** elaborar un croquis que permita ubicar de manera relativa el plantel y el edificio escolar inspeccionado. Igualmente elaborar un croquis de la configuración estructural del edificio inspeccionado, indicando número de vanos, luces, ubicación de elementos estructurales, juntas estructurales, escaleras, etc.

- **Información complementaria y características básicas de la estructura:** indicar la modalidad educativa, la población escolar, zona sísmica e información básica de la configuración estructural.
- **Características particulares de la estructura:** indicar características específicas del edificio inspeccionado, prestando especial atención al sistema estructural resistente a terremotos y las características no estructurales que puedan afectar su comportamiento.
- **Indicadores de deterioro de la estructura:** indicar evidencias de agrietamiento de elementos estructurales y no estructurales, asentamientos diferenciales, corrosión, reparaciones, reforzamientos, etc.
- **Comentarios:** realizar aquellos comentarios que permitan complementar la información recabada durante la inspección.
- **Levantamiento fotográfico:** realizar un levantamiento fotográfico del edificio inspeccionado que permita sustentar y complementar la información recabada durante la inspección.

### 3.2.3. Selección de las Edificaciones Escolares

Se inspeccionaron un total de doscientos noventa y un (291) edificios escolares en todo el territorio nacional, los cuales fueron seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios: i) Similitud con los edificios derrumbados durante el Terremoto de Cariaco; ii) Los de mayor antigüedad, y iii) Los ubicados en las zonas de mayor amenaza sísmica del país. La Tabla 3.1 contiene información sobre la ubicación de los edificios inspeccionados. De éstos, 18 son del Tipo Antiguo I, 44 del tipo Cajetón y 11 del tipo Antiguo II.

**Tabla 3.1. Distribución de edificios escolares inspeccionados**

Zona Sísmica	Estados	Número de edificios
3	Guárico	8
4	Anzoátegui, Aragua, Barinas, Lara, Monagas y Portuguesa	48
5	Dtto. Capital, Aragua, Carabobo, Lara, Mérida, Miranda, Monagas, Táchira y Vargas	197
6	Anzoátegui, Monagas y Sucre	28
7	Sucre	10

### 3.2.4. Inspectores y Entrenamiento

El personal necesario para realizar las inspecciones sismorresistentes fue seleccionado garantizando que tuviera una formación básica sobre estructuras y terremotos, tales como estudiantes de ingeniería, estudiantes de arquitectura y bomberos. Los inspectores fueron sometidos a un proceso de entrenamiento, contando con la planilla de inspección sismorresistente y un manual o instructivo para el uso de la misma, tal como se explica a continuación.

PROYECTO UCV - FUNVISIS - FEDE - FONACIT N° 2005000188															1.- No.							
INSPECCIÓN OCULAR															2.- FECHA.							
3.- NOMBRE DEL PLANTEL (O PLANTELES): _____																						
4.- CODIGO DEA: _____					5.- DIRECCIÓN: _____																	
6.- CIUDAD: _____					7.- MUNICIPIO: _____					8.- ESTADO: _____												
9.- PERSONA ENTREVISTADA: _____					10.- CARGO: _____					11.- TELEFONO: _____												
12.- AÑO DE PROYECTO: _____					13.- AÑO DE CONSTRUCCIÓN: _____					14.- NUM. DE EDIFICIOS: _____					15.- EDIFICIO No.: _____							
16.- NUM. DE PISOS: _____					17.- GPS No.: _____					COORD. UTM: _____					18.- NORTE: _____		19.- ESTE: _____					
20.- INSPECTOR: _____																						
21.- CROQUIS (USE PÁGINAS ADICIONALES SI ES NECESARIO)																						
22.- MODALIDAD		23.- MATRÍCULA			24.- ZONA SISMICA							25.- FORMA DE LA PLANTA				26.- JUNTAS						
		< 600	500 - 1000	> 1000	0	1	2	3	4	5	6	7	H	L	U	T	■	□	SI	NO		
27.- TIPO DE ESTRUCTURA																						
PC25	POINT	PC30	MC	PA <sub>1</sub>	PA <sub>2</sub>	PAA	MM	MIX	PRE	OTRO			28.- SISTEMA CONSTRUCTIVO TIFICADO									
										T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
DETALLES DE LA ESTRUCTURA																						
29.- SISTEMA RESISTENTE A SISMO EN LAS DOS DIRECCIONES										SI		NO		42.- CONSTRUIDO EN LADERA								
DIRECCIONES PRINCIPALES EN PLANTA										CORTA		LARGA		43.- CERCANÍA A TALUD								
30.- DIMENSIONES TÍPICAS DE ELEMENTOS (cm)				COLUMNAS			VIGAS			MUROS			44.- CONCENTRACIÓN DE MASA EN PISOS SUPERIORES									
31.- NÚMERO DE VANOS													45.- TABIQUERÍA EMPLEADA									
32.- LUCES DE VANOS TÍPICAS (cm)													BLOQUE CONCRETO									
33.- ALTURA DE ENTREPISO TÍPICA (cm)													LADRILLO									
34.- PRESENCIA DE VOLADOS (dimensión típica en cm)													FRISADA									
35.- PRESENCIA DE ENTRANTES (dimensión típica en cm)													OTRO (ESPECIFIQUE)									
36.- PRESENCIA DE SALIENTES (dimensión típica en cm)													INDICADORES DE DETERIORO DE LA ESTRUCTURA				LOCALIZ		GENERALIZ			
37.- ENTREPISO BLANDO													46.- AGRIETAMIENTO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES									
38.- DISCONTINUIDAD VERTICAL SISTEMA RESISTENTE A SISMOS													47.- AGRIETAMIENTO EN TABIQUERÍA									
39.- COLUMNA CORTA				No. DE COLUMNAS EN FACHADA									48.- ACERO DE REFUERZO EXPUESTO									
				No. DE COLUMNAS INTERNAS									49.- CORROSIÓN EN EL ACERO									
				ALTURAS LIBRES TÍPICAS (cm)									50.- DEFLEXIONES EXCESIVAS									
40.- POSIBILIDAD DE GOLPEO ENTRE EDIFICIOS				LOSAS A IGUAL COTA									51.- DETERIORO EN UNIONES									
				LOSAS A DIFERENTES COTAS									52.- ASENTAMIENTO DE LAS FUNDACIONES									
													53.- ESTADO GENERAL DE MANTENIMIENTO				BUENO		REGULAR		MALO	
41.- TIPO DE ENTREPISO Y TECHO				LIVIANO									54.- EVIDENCIA DE REPARACIONES									
				PESADO			NERVADA DE CONCRETO						55.- EVIDENCIA DE REFUERZO DE LA ESTRUCTURA									
							MACIZA DE CONCRETO						56.- OTRO (ESPECIFIQUE):									
							TIPO LOSA ACERO															
							TABELONES															
57.- COMENTARIOS (USE EL REVERSO DE LA PAGINA O PAGINAS ADICIONALES SI ES NECESARIO)																						

Figura 3.2. Planilla para inspección sismorresistente de edificaciones escolares en Venezuela

Para facilitar la aplicación de la planilla de inspección sismorresistente, así como garantizar el correcto levantamiento de la información y vaciado de la misma en el instrumento, se elaboró un instructivo o manual de uso que se muestra en la Figura 3.3. El manual indica de manera clara y precisa la información solicitada en cada punto de la planilla y el modo en que la misma debe ser reportada. Esto para garantizar que se dispondría en las siguientes etapas de toda la información necesaria, presentada de manera uniforme, facilitando de esta manera el procesamiento de la misma.

Para las dos direcciones principales: (A) corta y (B) larga indique lo siguiente:

30. Dimensiones típicas de columnas, vigas y muros estructurales (en cm).
31. Número de vanos.
32. Lucas de vanos típicos (en cm).
33. Altura de entrepiso típica (en cm).
34. Si existen voladidos indique las dimensiones típicas (en cm).
35. Si existen entablados indique las dimensiones típicas (en cm).
36. Si existen salientes indique las dimensiones típicas (en cm).
37. Marque si detecta presencia de empuje blando.
38. Marque si existe discontinuidad vertical en el sistema resistente a sismos.
39. Indique el número de columnas cortas en fachadas e interiores. Igualmente indique sus alturas libres típicas.
40. Indique la posibilidad de golpeteo entre edificios adyacentes según sea el caso.
41. Marque el tipo de entrepiso y techo empleado.
42. Marque si el edificio inspeccionado está construido en una ladera.
43. Marque si el edificio inspeccionado se encuentra cercano a un río.
44. Marque si existe concentración de masas en pisos superiores.
45. Marque el tipo de mampostería empleado y, si está frizada. En caso que el tipo de mampostería empleado no corresponda con algunas de las opciones especificado en OTF0.

**Indicadores de deterioro de la estructura**

46. Marque si existe evidencia de agrietamiento en elementos estructurales.
47. Marque si existe evidencia de agrietamiento en la tabiquería.
48. Marque si el acero de refuerzo se encuentra expuesto.
49. Marque si detecta presencia de corrosión en los aceros.
50. Marque si se evidencian deformaciones excesivas.
51. Marque si existe deterioro en las uniones.
52. Marque si se evidencia asentamiento en las fundaciones.
53. Marque cuál es el estado general de mantenimiento.
54. Marque si existe evidencia de reparaciones.
55. Marque si existe evidencia de refuerzo en la estructura.
56. Indique cualquier otro deterioro observado en la edificación.

**Comentarios**

57. Haga los comentarios necesarios que permitan complementar la información recabada durante la inspección ocular. Haga especial énfasis en los detalles de la estructura y los indicadores de deterioro de la misma. Use el reverso de la página.

**Levantamiento fotográfico**

Adicionalmente a la planilla se debe presentar el levantamiento fotográfico de cada edificio inspeccionado, comenzando como mínimo las siguientes fotografías debidamente identificadas:

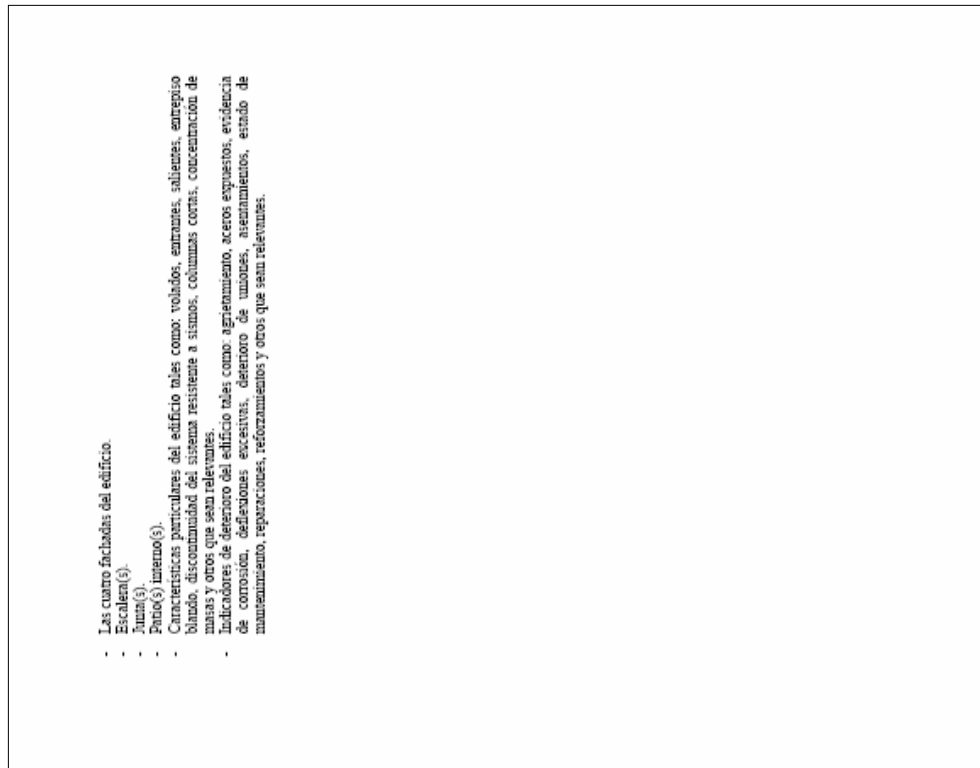
Figura 3.3. Instructivo de llenado de la planilla y levantamiento fotográfico

**Detalles de la estructura**

29. Marque si existen o no sistemas resistentes a sismos en las dos direcciones principales.

Figura 3.3. Continuación





**Figura 3.3. Continuación**

Con el fin de capacitar al personal que realizó la inspección de edificaciones escolares se diseñó un taller de capacitación que constó de las siguientes actividades:

- Presentación del instrumento de inspección rápida y del instructivo.
- Explicación detallada de toda la información solicitada en el instrumento de inspección rápida.
- Explicación detallada sobre cómo vaciar la información recabada durante la inspección en la planilla.
- Presentación detallada de un ejemplo. Estas primeras actividades son facilitadas mediante una presentación para medios audiovisuales, cuya portada se muestra en la Figura 3.4.
- Realización de una práctica en campo. En esta actividad los futuros inspectores realizan la inspección de una edificación escolar y vacían la información obtenida en la planilla.
- Discusión de los resultados obtenidos en la práctica en campo. Esto permite verificar la capacitación de los futuros inspectores y aclarar cualquier duda que se haya presentado durante la aplicación práctica del instrumento de inspección rápida.



**Figura 3.4. Portada de la presentación elaborada para el taller de capacitación**

### 3.2.5. Ejecución de las Inspecciones

La ejecución de la inspección de doscientos cincuenta y siete (257) edificaciones escolares en todo el país fue contratada al Centro de Estudios Integrales del Ambiente de la UCV (CENAMB). Las restantes treinta y cuatro (34) inspecciones fueron realizadas en el Estado Carabobo por (Rodríguez y Grippi, 2008) y (Hernández y Contreras, 2008) como parte de sendos trabajos especiales de grado enmarcados en este proyecto de investigación.

En el Anexo 3.1 se listan los 257 edificios inspeccionados por el equipo del CENAMB en todo el país. En la Tabla 3.9 se listan los 34 edificios inspeccionados por el equipo de la Universidad de Carabobo en dicho estado.

### 3.2.6. Ejemplo de Aplicación

Con la finalidad de presentar un ejemplo para ilustrar la aplicación de la planilla, se realizó una inspección sismorresistente en el Edificio Sur del IMME. Las Figuras 3.5 y 3.6 muestran las fachadas sur y norte del edificio, respectivamente. La ubicación relativa del edificio inspeccionado puede ser observada en el croquis de ubicación de la planilla de inspección mostrada en la Figura 3.9, donde está identificado como “Edificio 1”.

El edificio es de dos pisos. La estructura es aporticada con vigas solamente en la dirección más larga en planta. Las losas de entrepiso y techo son nervadas, de concreto reforzado y se apoyan directamente sobre las vigas. Los cerramientos son de bloques de arcilla (frisados y/o con mosaiquillos vitrificados), originando columnas cortas en la fachada norte, o de bloques de ventilación en la fachada sur. Existen una escalera y una junta estructural. Esta información quedó reflejada en la planilla de inspección sismorresistente y en el croquis de la estructura. Las Figuras 3.7 y 3.8 permiten observar algunos detalles del edificio inspeccionado.



**Figura 3.5. Fachada sur del Edificio Sur del IMME**



**Figura 3.6. Fachada norte del Edificio Sur del IMME**



**Figura 3.7. Pasillo del segundo piso del Edificio Sur del IMME**



**Figura 3.8. Detalle de un nodo y la losa de entresuelo del Edificio Sur del IMME**

### 3.3. Índices de Vulnerabilidad y de Riesgo Sísmico

Entre las metodologías más difundidas internacionalmente para la evaluación sísmica a partir de una inspección rápida del edificio está la descrita en el documento (FEMA 154, 2002). Según este documento, la información recopilada en las inspecciones oculares se emplea para obtener una puntuación final que mide la confiabilidad a sismos de la edificación. Esta se determina mediante la suma, o resta según sea el caso, de unos modificadores de puntuación a una puntuación estructural básica. Basado en la información así obtenida y en el límite de puntuación establecido previamente durante la fase de planificación, el inspector puede decidir si el edificio inspeccionado tiene o no la suficiente confiabilidad y si requiere o no una evaluación más detallada.

A diferencia del procedimiento (FEMA 154, 2002) la metodología que aquí se presenta suministra un índice de riesgo, y no de confiabilidad. Esto se logra multiplicando índices de amenaza sísmica con vulnerabilidad y con la población escolar de la edificación. Para este fin, la amenaza sísmica es establecida mediante la ubicación de la edificación escolar con respecto al mapa de zonificación sísmica de la Norma Venezolana 1756 (Covenin Mindur 1756, 2001). La vulnerabilidad de la edificación escolar es establecida en función de la información estructural y no estructural recopilada durante la inspección sismorresistente, tomando en cuenta aspectos tales como la antigüedad de la construcción, el sistema constructivo empleado, la configuración estructural, la existencia de irregularidades y la presencia de patologías.

Los índices que se obtengan de la aplicación de este procedimiento pueden ser calibrados mediante su comparación con los índices de las edificaciones escolares derrumbadas durante el terremoto de Cariaco de 1997; a saber, el Liceo Raimundo Martínez Centeno (LRMC, Tipo Cajetón) y la Escuela Valentín Valiente (EVV, Tipo Antiguo I).


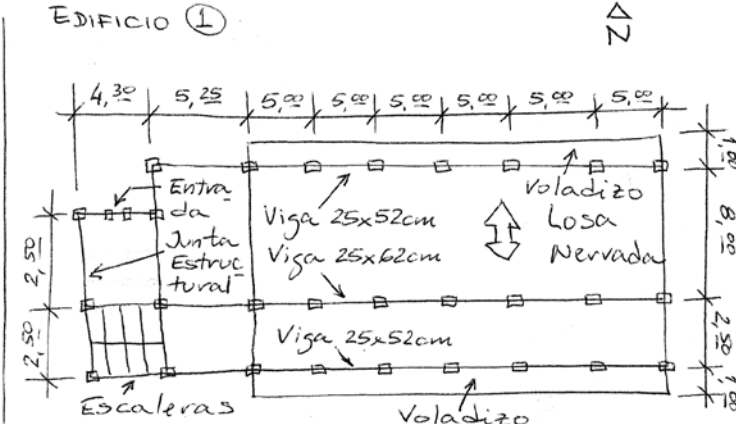
PROYECTO UCV - FUNVISIS - FEDE - FONACIT N° 2005000188												1.- No. 1/4															
INSPECCIÓN OCULAR												2.- FECHA: 19/02/09															
3.- NOMBRE DEL PLANTEL (O PLANTELES): <u>IMME - FACULTAD DE INGENIERÍA - UCV (EDIF. SUR.)</u>																											
4.- CODIGO DEA: _____				5.- DIRECCIÓN: <u>AV. LOS ESTADIOS, CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS</u>																							
6.- CIUDAD: <u>CARACAS</u>				7.- MUNICIPIO: <u>LIBERTADOR</u>				8.- ESTADO: <u>DTTO. CAPITAL</u>																			
9.- PERSONA ENTREVISTADA: <u>Prof. OSCAR LÓPEZ</u> 10.- CARGO: <u>INVESTIGADOR</u> 11.- TELEFONO: <u>(0212) 665.3136</u>																											
12.- AÑO DE PROYECTO: <u>1950</u>				13.- AÑO DE CONSTRUCCIÓN: <u>1960</u>				14.- NUM. DE EDIFICIOS: <u>4</u>				15.- EDIFICIO No.: <u>1</u>															
16.- NUM. DE PISOS: <u>2</u>				17.- GPS No.: <u>80210</u>				COORD. UTM: _____				18.- NORTE: <u>1.160.226</u>		19.- ESTE: <u>731.150</u>													
20.- INSPECTOR: <u>Prof. ANGELO MARINILLI</u>																											
21.- CROQUIS (USE PÁGINAS ADICIONALES SI ES NECESARIO)																											
 <p>PLANO DE UBICACIÓN</p>				 <p>EDIFICIO ①</p>																							
22.- MODALIDAD		23.- MATRÍCULA			24.- ZONA SISMICA							25.- FORMA DE LA PLANTA				26.- JUNTAS											
7		< 500   500 - 1000   > 1000			0   1   2   3   4   5   6   7							H   L   U   T   ■   □				SI   NO											
27.- TIPO DE ESTRUCTURA														28.- SISTEMA CONSTRUCTIVO TIFICADO													
PC25   PCINT   PC30   MC   PA1   PA2   PA3   MM   MIX   PRE   OTRO														T1   T2   T3   T4   T5   T6   T7   T8   T9   T10   T11   T12   T13													
X																											
DETALLES DE LA ESTRUCTURA																											
29.- SISTEMA RESISTENTE A SISMO EN LAS DOS DIRECCIONES												SI		NO		42.- CONSTRUIDO EN LADERA				NO							
DIRECCIONES PRINCIPALES EN PLANTA												CORTA		LARGA		43.- CERCANÍA A TALUD				NO							
30.- DIMENSIONES TÍPICAS DE ELEMENTOS (cm)												COLUMNAS		30   25		44.- CONCENTRACIÓN DE MASA EN PISOS SUPERIORES				NO							
												VIGAS		NO   25x52		BLOQUE CONCRETO				NO							
												MUROS		NO   NO		BLOQUE ARCILLA				SI							
31.- NÚMERO DE VANOS												2		8		45.- TABIQUERÍA EMPLEADA				NO							
32.- LUCES DE VANOS TÍPICAS (cm)												800		500		LADRILLO				NO							
33.- ALTURA DE ENTREPISO TÍPICA (cm)												265				FRISADA				SI							
34.- PRESENCIA DE VOLADOS (dimensión típica en cm)												100		NO		OTRO (ESPECIFIQUE): <u>PDO. VENTILAC.</u>											
35.- PRESENCIA DE ENTRANTES (dimensión típica en cm)												NO		NO		INDICADORES DE DETERIORO DE LA ESTRUCTURA				LOCALIZ.		GENERALIZ.					
36.- PRESENCIA DE SALIENTES (dimensión típica en cm)												NO		NO		46.- AGRIETAMIENTO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES				NO		NO					
37.- ENTREPISO BLANDO												NO		NO		47.- AGRIETAMIENTO EN TABIQUERÍA				NO		NO					
38.- DISCONTINUIDAD VERTICAL SISTEMA RESISTENTE A SISMOS												NO		NO		48.- ACERO DE REFUERZO EXPUESTO				NO		NO					
39.- COLUMNA CORTA												No. DE COLUMNAS EN FACHADA		NO		8		49.- CORROSIÓN EN EL ACERO				NO		NO			
												No. DE COLUMNAS INTERNAS		NO		NO		50.- DEFLEXIONES EXCESIVAS				NO		NO			
												ALTURAS LIBRES TÍPICAS (cm)		NO		90		51.- DETERIORO EN UNIONES				NO		NO			
40.- POSIBILIDAD DE GOLPEO ENTRE EDIFICIOS												LOSAS A IGUAL COTA		NO		SI		52.- ASENTAMIENTO DE LAS FUNDACIONES				BUENO		SI			
												LOSAS A DIFERENTES COTAS		NO		NO		53.- ESTADO GENERAL DE MANTENIMIENTO				REGULAR		NO			
												ENTREP.   TECHO		NO		NO		54.- EVIDENCIA DE REPARACIONES				MALO		NO			
41.- TIPO DE ENTREPISO Y TECHO												LIVIANO		NO		NO		55.- EVIDENCIA DE REFUERZO DE LA ESTRUCTURA				NO		NO			
												PESADO		NERVADA DE CONCRETO		SI		SI		56.- OTRO (ESPECIFIQUE)							
														MACIZA DE CONCRETO		NO		NO									
														TIPO LOSA ACERO		NO		NO									
														TABELONES		NO		NO									
42.- COMENTARIOS (USE EL REVERSO DE LA PAGINA O PÁGINAS ADICIONALES SI ES NECESARIO):																											

Figura 3.9. Planilla de inspección sismorresistente con información del Edificio Sur del IMME



Los índices de riesgo sísmico obtenidos para las edificaciones escolares permitirán sustentar la toma de decisiones de carácter técnico y administrativo, por parte de las autoridades competentes, tales como establecer prioridades para pasar a la elaboración de estudios detallados y al reforzamiento de aquellas edificaciones escolares que así lo requieran.

### 3.4 Cálculo de los Índices

El riesgo a que está expuesta una edificación depende de la amenaza sísmica y de la vulnerabilidad intrínseca de la construcción; esta última está condicionada por la norma empleada en su diseño y construcción y por algunas características estructurales y no estructurales que pueden modificar su desempeño ante sismos. A efectos de definir índices que permitan priorizar la selección de los edificios escolares que pasaran a la siguiente fase de estudios detallados, se incorporará también el tamaño de la población escolar en el cálculo.

#### 3.4.1. Definiciones y Procedimiento

Se define como Índice de Riesgo ( $I_r$ ) al producto del Índice de Amenaza ( $I_a$ ) por el Índice de Vulnerabilidad ( $I_v$ ) y por el Índice de Población Escolar ( $I_p$ ):

$$I_r = I_a \cdot I_v \cdot I_p \quad (3.1)$$

El Índice de Riesgo es un número entre 0 y 100 el cual tiene como finalidad comparar los valores relativos de riesgo entre diversas edificaciones escolares; no pretende suministrar una cuantificación específica y probabilística del riesgo sísmico. En la Fórmula 3.1 el Índice de Riesgo depende de la amenaza sísmica en el sitio, de las características estructurales y no estructurales de la construcción y del tamaño de la población escolar atendida.

#### a) *Índice de Amenaza Sísmica*

Los valores estipulados en la Tabla 3.2 describen el Índice de Amenaza Sísmica,  $I_a$ , en cada una de las zonas establecidas en la Norma COVENIN 1756 [5.3]; asignándole un valor de  $I_a=1$  a la Zona 7, la de mayor amenaza del país, los valores de  $I_a$  en las otras zonas guardan con respecto a la Zona 7 la misma proporción que tienen los valores de la aceleración del terreno en las diferentes zonas de dicha norma.

#### b) *Índice de Vulnerabilidad a Sismos*

El instrumento de recolección de datos fue desarrollado para edificios de pocos niveles, típicos de los edificios escolares. Los resultados de la información que se recoge en dicha planilla han sido agrupados en cinco bloques a efectos de definir la vulnerabilidad a sismos: 1- Tipo Estructural; 2- Antigüedad de la Construcción; 3- Irregularidad Estructural; 4- Condición Geotécnica, y 5- Grado de Deterioro del Edificio. Los índices asignados a cada bloque se presentan en las Tablas 3.3 a 3.7. Cada índice tiene por finalidad asignar una contribución relativa de los aspectos allí contemplados al Índice de Vulnerabilidad. Un aumento en un índice significa un aumento en la vulnerabilidad, a diferencia del conocido procedimiento de FEMA 154 (FEMA, 2002b) donde los índices son inversamente proporcionales a la vulnerabilidad.

**Tabla 3.2. Índice de Amenaza Sísmica**

Amenaza Sísmica	Zona Sísmica (Covenin 1756-98)	Índice Ia
Muy Alta	7	1
Muy Alta	6	0,875
Alta	5	0,750
Alta	4	0,625
Moderada	3	0,50
Moderada	2	0,375
Baja	1	0,25
No considerada	0	0

El Índice de Vulnerabilidad se determina sumando los índices que provienen de cada uno de los cinco bloques citados:

$$I_v = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 \quad (3.2)$$

El Índice de Vulnerabilidad no puede ser mayor a 100. La máxima contribución que pueden aportar los Índices  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$  e  $I_5$  es de 10, 20, 35, 10 y 25, respectivamente.

### Tipo de Estructura

En la Tabla 3.3 se indican algunos de los tipos estructurales que pudiesen ser encontrados en edificios escolares en el país. A cada uno se le ha asignado un peso relativo, de acuerdo a la experiencia nacional (COVENIN, 2001) e internacional (FEMA, 2002b; Meneses, 2006; Farzad, 2001; Paulay & Priestley, 1992). A los sistemas prefabricados con componentes de concreto se les ha asignado el mayor peso, seguidos por las estructuras cuyos muros de carga son de mampostería no reforzada. El índice asignado a los otros tipos depende del número (N) de pisos, y en el caso de los pórticos de concreto depende también de la sección de las columnas. Los tipos estructurales con menor peso y por tanto menor vulnerabilidad son aquellos compuestos por muros de concreto armado o por pórticos de acero con diagonales concéntricas o excéntricas.

### Antigüedad de la Construcción

Los índices asignados a la antigüedad de la construcción en la Tabla 3.4 consideran los cambios significativos que ocurrieron con la aparición de la Norma de 1.967 (MOP, 1967), en relación a las normas anteriores (MOP, 1955; MOP, 1947, MOP, 1939), y con la aparición de la Norma Covenin 1756 en 1982 (COVENIN, 1982). En relación a la Norma de 1.982, la Norma de 1.998 introdujo algunas mejoras en el análisis y diseño que se han reconocido en la asignación de los pesos (COVENIN, 2001).

**Tabla 3.3. Índices Asignados para cada Tipo de Estructura**

Tipo de Estructura	I <sub>1</sub>
Sistema Prefabricado constituido por componentes de concreto	10
Sistemas cuyos elementos portantes para cargas gravitatorias son muros de mampostería no reforzada	8
Pórticos de concreto armado con una dimensión de columna menor o igual a 20 cm	N+4
Pórticos de concreto armado con dimensiones de columnas entre 20 y 30 cm	N+2
Pórticos de concreto armado con dimensiones de columnas mayores o iguales a 30 cm	N
Pórticos de acero con perfiles tubulares	N+4
Pórticos de acero con perfiles de alma llena	N
Pórticos de acero con diagonales concéntricas o excéntricas	N/2
Muros de concreto armado	N/2

N= N° de Pisos (N≤4)

**Tabla 3.4. Índices Asignados a la Antigüedad de la Construcción**

Año de Construcción	I <sub>2</sub>
Antes de 1968	20
Entre 1968 y 1982	10
Entre 1982 y 1998	2
Después de 1998	0

### Irregularidad Estructural

Los índices asignados a la irregularidad estructural en la Tabla 3.5 toman en cuenta la experiencia nacional e internacional (COVENIN, 2001; FEMA, 2000; FEMA, 2003; Farzad, 2001; Paulay & Priestley, 1992), como por ejemplo que la ausencia de vigas, perfectamente aceptable para efectos de resistir cargas de gravedad, incide sin embargo negativamente en la respuesta a sismos. Igualmente otros efectos negativos que se suelen generar por la presencia de componentes no-estructurales y de ciertas formas geométricas de la planta del edificio, han sido reconocidos en dicha tabla.

En particular, dos de los cuatro edificios escolares derrumbados durante el terremoto de Cariaco de 1997 no poseían vigas en la dirección en la cual se produjo el colapso. Y todos los cuatro edificios poseían numerosas columnas cortas en la dirección predominante del derrumbe. La columna corta se genera por la presencia de paredes que están adosadas a la columna en buena parte de su longitud, pero ausentes en una longitud corta de la misma, espacio que se establece para permitir la iluminación y ventilación del aula. En concordancia con la experiencia de Cariaco, la ausencia de vigas y la presencia de un número significativo de columnas cortas son las situaciones penalizadas con los mayores índices en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5. Índices asignados a la Irregularidad Estructural**

Irregularidad	Cuantificación	I <sub>3</sub>
a) Columnas Cortas	Porcentaje de columnas cortas en un entrepiso	
	Más de 50%	8
	Entre 20% y 50%	5
	Menos de 20%	2
	Sin columnas cortas	0
b) Entrepiso Blando	Existe un aumento sustancial en el volumen de paredes del entrepiso, en relación a los entrepisos adyacentes	6
c) Deficiencia de Vigas	Sin vigas en ambas direcciones	8
	Sin vigas en una dirección	6
	Vigas planas en ambas direcciones	3
	Vigas planas en una dirección	2
d) Forma de la Planta	Forma no rectangular, o rectangular con aberturas	3
	Forma rectangular sin aberturas significativas	0
e) Discontinuidad Vertical	Columnas que no son continuas en todo el edificio	7
f) Choque entre edificios	Losas a distintos niveles	3
	Losas al mismo nivel	1,5

Menos común pero observado en algunas construcciones escolares es la interrupción de una columna en un plano vertical, situación que es igualmente penalizada por afectar negativamente el desempeño sismo-resistente. La generación de entrepisos blandos o débiles originados por la disminución significativa de paredes, especialmente cuando están enmarcadas por pórticos, conduce a una respuesta inicial desfavorable con concentraciones de deformaciones en el entrepiso blando, que es reconocida y penalizada en la Tabla 3.5. Asimismo se reconocen los beneficios relativos de poseer plantas de forma rectangular sin aberturas significativas, sobre aquellas otras formas que pueden dar lugar a concentraciones indeseables de deformaciones. Los efectos perjudiciales de choques entre edificios adyacentes se reconocen igualmente, especialmente cuando las losas están a diferentes niveles.

### Condición Geotécnica

La incidencia negativa que pueden tener en el desempeño estructural la existencia de asentamientos previos de las fundaciones, la cercanía a taludes o la inclinación del terreno, se reconocen en forma simplificada en los valores presentados en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6. Índices asignados a la Condición Geotécnica**

Condición de Geotecnia	I <sub>4</sub>
a) Evidencia de asentamientos en las fundaciones	4
b) Construcción sobre una ladera	3
c) Cercanía a un talud	3



### Grado de Deterioro del Edificio

En la Tabla 3.7 se muestran los índices asignados a diferentes grados de deterioro del edificio, penalizando con los mayores valores a la existencia de agrietamiento estructural y a la corrosión del acero de refuerzo.

#### c) Índice de Población Escolar

El tamaño de la población escolar es un elemento que se suele utilizar para modificar los índices de riesgo (Meneses, 2004; Grant, 2007). En este trabajo se define un Índice de Población Escolar con un valor  $I_p=1$  a las edificaciones con más de 1.000 estudiantes; los índices en las otras zonas se reducen hasta un mínimo valor de 0,5 en aquellos edificios con menos de 100 estudiantes (Tabla 3.8).

**Tabla 3.7. Índices Asignados al Grado de Deterioro del Edificio**

Grado de Deterioro		$I_5$
a) Agrietamiento en elementos estructurales	Severo	9
	Menor	4
b) Agrietamiento en tabiquería	Severo	5
	Menor	3
c) Corrosión en el acero	Severo	8
	Menor	4
d) Estado general de mantenimiento	Bueno	0
	Regular	2
	Malo	3

**Tablas 3.8. Índice de Población Escolar**

Población Escolar (N° de Estudiantes)	Índice $I_p$
Menor a 100	0,50
Entre 100 y 500	0,75
Entre 500 y 1000	0,85
Mayor a 1000	1

#### 3.4.2 Ejemplos de Aplicación

##### a) Ejemplo No 1: Escuela Valentín Valiente (EVV)

A título de ilustración se considera el caso de la Escuela Valentín Valiente, de dos niveles, que estaba localizada en Cariaco, Estado Sucre y construida en la década de 1950. Son dos módulos de concreto armado de planta rectangular, sin aberturas en las losas, separados por una junta de construcción tal que ambos edificios están en contacto con ambas losas al mismo nivel. Su sistema estructural está constituido por pórticos de concreto armado en la dirección corta y sin vigas en la dirección larga. Todas las columnas son de sección igual a 20 cm x 30 cm. Más del 50% de sus columnas son columnas cortas, en ambos entrepisos. Está

asentado sobre terreno plano, sin evidencias de asentamientos. Se adopta como índice de deterioro (Tabla 3.7) el valor medio ( $I_5=11,2$ ) obtenido en una muestra de 34 edificios que se presenta más adelante en la parte c) de esta sección. La población escolar es de 700 alumnos.

### Índice de Amenaza Sísmica

Tabla 6.1:  $I_a = 1$

### Índice de Vulnerabilidad a Sismos

- Tipo de Estructura (Tabla 3.3):	$I_1=6$
- Antigüedad de la Construcción (Tabla 3.4):	$I_2=20$
- Irregularidad Estructural: (Tabla 3.5):	
▪ Columnas cortas (más del 50%):	$I_3=8$
▪ Sin vigas en una dirección:	$I_3=6$
▪ Choque entre edificios (losas al mismo nivel):	$I_3=1,5$
- Condición Geotécnica (Tabla 3.6):	$I_4=0$
- Grado de Deterioro (Tabla 3.7):	$I_5=11,2$
	-----
	$I_v = 52,7$

### Índice de Población Escolar

Tabla 3.8:  $I_p = 0,85$

### Índice de Riesgo Sísmico

$$I_r = I_a \cdot I_v \cdot I_p = 1 \times 52,7 \times 0,85 = 44,80$$

### b) Ejemplo No 2: Liceo Raimundo Martínez Centeno (LRMC)

El Liceo Raimundo Martínez Centeno es un edificio de tres niveles que estaba localizado en Cariaco, Estado Sucre; fue proyectado en 1978 aún cuando fue construido posiblemente después de 1986. Son dos módulos de concreto armado de planta rectangular, con una abertura central, separados por una junta de construcción, estando ambas losas en contacto al mismo nivel. Su sistema estructural está constituido por pórticos de concreto armado, con vigas altas en ambas direcciones ortogonales. Todas las columnas son de 35 cm x 35 cm. Más del 50% de sus columnas son columnas cortas en ambos entresijos. Existe una disminución apreciable en el número de paredes en la planta baja, en relación al resto de los tres entresijos. Está asentado sobre terreno plano, sin evidencias de asentamientos. Se adopta como índice de deterioro (Tabla 3.7) el valor medio ( $I_5=11,2$ ) obtenido de la muestra de 34 edificios que se presenta más adelante. El liceo puede aceptar una población escolar de hasta 1600 alumnos.

### Índice de Amenaza Sísmica

- Tabla 3.2:  $I_a = 1$

### Índice de Vulnerabilidad a Sismos

- Tipo de Estructura (Tabla 3.3):	$I_1=4$
- Antigüedad de la Construcción (Tabla 3.4):	$I_2=10$
- Irregularidad Estructural: (Tabla 3.5):	
▪ Columnas cortas (más del 50%):	$I_3=8$

▪ Entrepiso blando:	$I_3=6$
▪ Planta rectangular con abertura	$I_3=3$
▪ Choque entre edificios (losas al mismo nivel):	$I_3=1,5$
- Condición Geotécnica (Tabla 3.6):	$I_4=0$
- Grado de Deterioro (Tabla 3.7):	$I_5=11,2$
	-----
	$I_v = 43,7$

### Índice de Población Escolar

Tabla 3.8:  $I_p = 1$

### Índice de Riesgo Sísmico

$I_r = I_a \cdot I_v \cdot I_p = 1 \times 43,7 \times 1 = 43,7$

### Interpretación de los Índices de Riesgo

Tal como se mencionó previamente, los dos edificios de la EVV y del LRMC se derrumbaron durante el terremoto de Cariaco de 1997. Aún cuando el índice de vulnerabilidad de la EVV es mayor que el del LRMC, el hecho de que el segundo posee una población escolar más del doble del primero trae como consecuencia que sus Índices de Riesgo sean similares.

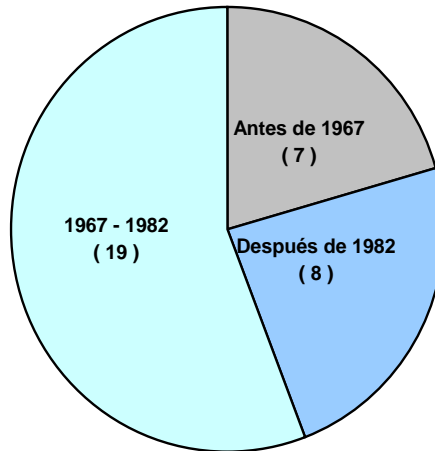
Con propósitos de valorar el significado del Índice de Riesgo, se define como Edificio Ideal Óptimo a un edificio escolar de dos niveles, localizado en Cariaco (zona de mayor amenaza sísmica del país), diseñado y construido con las normas vigentes, constituido por pórticos de concreto armado con columnas de 30 cm de lado, sobre terreno plano, sin irregularidades estructurales y en buen estado de mantenimiento, con una población escolar de más de 1.000 estudiantes; aplicando el procedimiento descrito previamente le correspondería un Índice de Riesgo igual a 2. El mínimo valor de  $I_r=0$  se alcanzaría si la edificación estuviese en la Zona 0 donde no se considera amenaza sísmica. En el extremo de mayor riesgo, se define como Edificio Ideal Pésimo un edificio escolar de la misma altura y tipo estructural, construido en el mismo lugar pero antes de 1967, sin vigas y con columnas con una dimensión igual a 20 cm, que posea todas las irregularidades y las condiciones desfavorables de geotecnia y de deterioro descritas en las Tablas 5.4, 5.5 y 5.6, respectivamente; por tanto le correspondería un Índice de Riesgo igual a 96. El máximo valor de  $I_r=100$  se alcanzaría si a todas las condiciones desfavorables anteriores le añadimos que el tipo estructural fuese de elementos prefabricados de concreto.

#### c) Ejemplo No 3: Muestra de 34 edificios escolares en el Estado Carabobo

En la Tabla 3.9 se listan los 34 edificios escolares localizados en el Estado Carabobo a los cuales se les aplicó el procedimiento descrito previamente. Las inspecciones de los edificios fueron hechas como parte de dos trabajos de grado de ingeniería civil en la Universidad de Carabobo (Rodríguez y Grippi, 2008; Hernández y Contreras, 2008).

Son 34 edificios con alturas entre 1 y 3 pisos, construidos entre 1936 y 1996, de los cuales se identificaron (Tabla 3.9) 8 del tipo Cajetón Cerrado, 7 del tipo Stac, 6 de un tipo que definimos como 5x3, 2 del tipo Antiguo I, 2 con pórticos de acero, 1 del tipo Antiguo II, 1 del tipo Cajetón Abierto, 1 del tipo ½ Cajetón, 1 del tipo Prefabricado Variel, 1 del tipo

Patrimonial y 4 no tipificados. La Figura 3.10 pone de manifiesto que 7 edificios fueron construidos antes de 1967, 19 entre 1967 y 1982 y 8 después de 1982. Un total de 26 planteles atienden una población mayor de 1000 estudiantes, 6 entre 500 y 100 estudiantes y sólo 2 a una población menor de 500 estudiantes (Figura 3.11).



**Figura 3.10 Año de Construcción de una Muestra de Edificios Escolares. Entre Paréntesis se Indica el Número de Edificios Dentro de Cada Época.**

La Tabla 3.10 presenta los valores obtenidos para los índices de vulnerabilidad, de población escolar, de amenaza y de riesgo en cada edificio. Los valores del Índice de Vulnerabilidad ( $I_v$ ) oscilan entre 16,0 y 68,5; éstos se han graficado en la Figura 3.12 y se comparan con los valores asignados a los edificios EVV y LRMC derrumbados en Cariaco. Un 34% de los edificios inspeccionados alcanzan o exceden los valores de EVV y LRMC.

La Figura 3.13 muestra la correlación entre el Índice de Vulnerabilidad y el año de construcción de los edificios. La Figura 3.14 muestra los valores del Índice de Riesgo ( $I_r$ ) ordenados del mayor al menor, considerando la amenaza para una localización supuesta en otros dos lugares del país, además del Estado Carabobo (Zona 5,  $I_r=0,75$ ): Cumaná de mayor amenaza (Zona 7,  $I_r=1$ ) y San Fernando de Apure de menor amenaza (Zona 2,  $I_r=0,375$ ). Se incluye también en la figura los valores asociados a los edificios derrumbados en Cariaco.

Las vulnerabilidades de un 34% de la muestra resultó igual o superior a las obtenidas para el LRMC y la EVV; sin embargo, sólo el 6% de la muestra supera los índices de riesgo sísmico obtenidos para el LRMC y la EVV. Esto último permitió observar la influencia que tienen la amenaza sísmica y las pérdidas en la obtención del índice de riesgo sísmico.

Los resultados indicados en las Figuras 3.12 y 3.14 permiten escoger los edificios que irían a la fase de estudios detallados y de un potencial refuerzo sismorresistente.

**Tabla 3.9. Muestra de Edificios Escolares en el Estado Carabobo**

N°	Plantel	Año de Construcción cccCConstruc	Tipología	Numero de Pisos	Sección (cm x cm) Columna típica
1	U.E. Cirilo Alberto	1987	Stac	2	25 x 40
2	U.E. Manuel Felipe Tovar	1976	Cajetón	3	40 x 40
3	U.E. Carabobo	1996	Stac	2	22 x 42
4	U.E. Mercedes Santana	1968	5x3	3	60 x 25
5	L.N. Enrique Bermúdez	1987	Cajetón	3	30 x 40
6	E.B. General Rafael Urdaneta	1975	5x3	3	50 x 30
7	E.T.I. Francisco González Guinan	1972	Cajetón	3	40 x 40
8	U.E. Luis A. Colomine	1980	Prefabricado "Variel"	3	-
9	U.E. Eleazar Beracieto	1968	5x3	3	60 x 25
10	E.B. La Trinidad	1971	5x3	3	50 x 30
11	E.B. Ezequiel Zamora	1994	Stac	2	50 x 30
12	U.E. Pedro Castillo	1975	No Tipificado	3	40 x 40
13	U.E. Lisandro Ramírez	1973	Cajetón Abierto	3	35 x 35
14	U.E. José Austria	1972	5x3	3	50 x 30
15	L.B. Antonio Sandoval	1971	Pórticos de Acero	1	Perfil de alma llena
16	Grupo Escolar Carabobo	1971	5x3	3	60 x 25
17	U.E.N. Alonso Díaz Moreno	1967	Stac	1	45 x 25
18	U.E. Diego Ibara	1936	Antiguo I	2	35 x 20
19	U.E. Luisa A. Machado Cisneros	1976	Pórticos de Acero	1	Perfil de alma llena
20	E.B. Morón	1958	Antiguo I	2	30 x 20
21	U.E. Lisandro Lecuna	1961	Antiguo II	2	25 x 25
22	L.B. Aristides Bastidas y Liceo José Sosa	1975	Cajetón Cerrado	3	35 x 35
23	E.B. Clorinda Azunes	1989	Stac	2	40 x 25
24	L.B. Hipolito Cisneros	1987	Cajetón Cerrado	3	40 x 40
25	U.E. Juan José Flores	1936	½ Cajetón	3	25 x 25
26	E.T. Robinsoniana Miguel Peña	1948	No Tipificado	3	25 x 25
27	E.T. Robinsoniana Simón Bolívar	1985	Stac	2	40 x 25
28	L.B. Manuel Gual	1975	Cajetón Cerrado	3	40 x 40
29	L.B. José A. Maitin	1972	Cajeton Cerrado	3	40 x 40
30	U.E. Agustín Armario	1974	No Tipificado	2	60 x 25
31	E.B. Cayaurima	1990	Stac	2	40 x 30
32	E.T. Robinsoniana Ambrosio Plaza	1970	Cajeton Cerrado	3	40 x 40
33	E.B. Prospero Reverend	1958	No Tipificado	1	30 x 25
34	República de Honduras	1945	Patrimonial	1	75 x 25



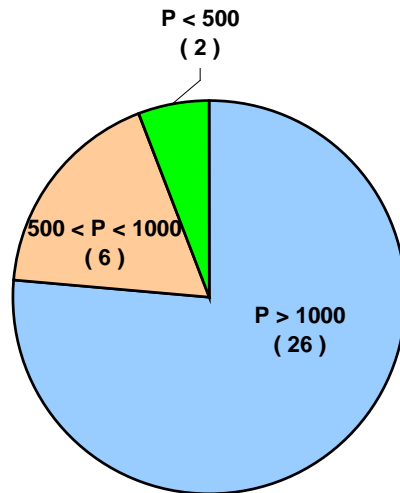


Figura 3.11. Distribución del Número de Estudiantes (p) en una muestra de Edificios Escolares. Entre paréntesis se indica el Número de Edificios dentro de cada categoría.

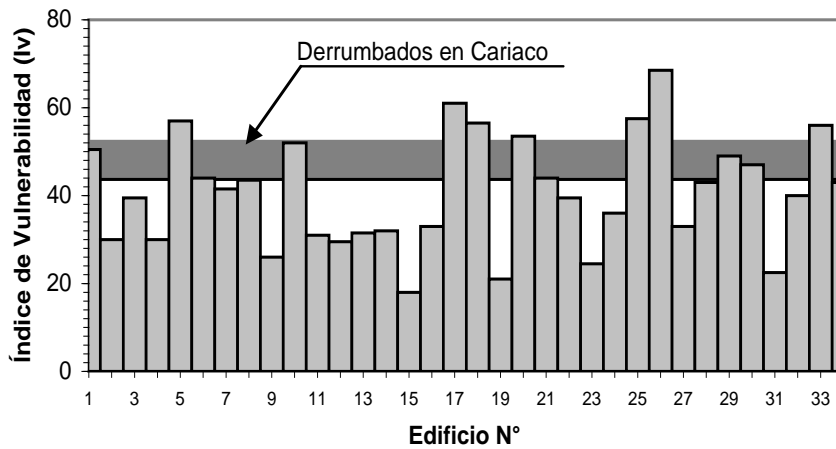


Figura 3.12. Índices de Vulnerabilidad en una muestra de Edificios Escolares.

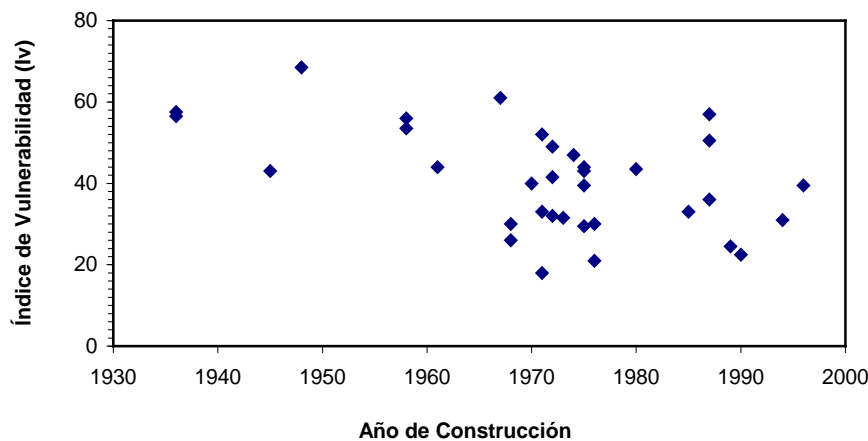
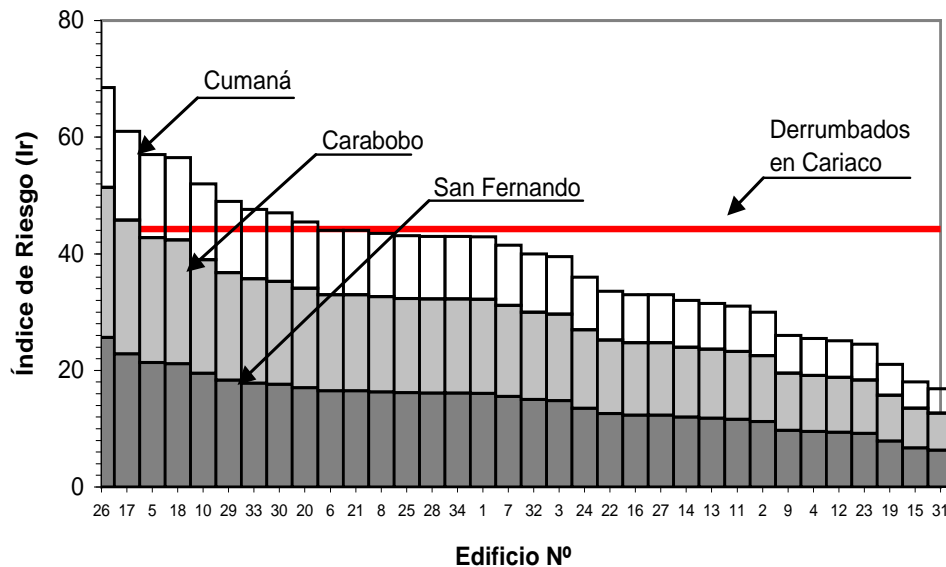


Figura 3.13. Correlación entre el Índice de Vulnerabilidad y el Año de Construcción en una muestra de Edificios Escolares.

**Tabla 3.10. Índice de Vulnerabilidad (I<sub>v</sub>), de Población (I<sub>p</sub>), de Amenaza (I<sub>a</sub>) y de Riesgo (I<sub>r</sub>) en la Muestra de Edificios Escolares del Estado Carabobo**

Edificio Nº	Vulnerabilidad						Población	Amenaza	Riesgo
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>v</sub>	I <sub>p</sub>	I <sub>a</sub>	I <sub>r</sub>
1	4	2	15,5	4	25	50,5	0,85	0,75	32,19
2	3	10	13	0	4	30,0	1	0,75	22,50
3	4	2	11,5	3	19	39,5	1	0,75	29,63
4	4	10	11	0	5	30,0	0,85	0,75	19,13
5	3	20	11	3	20	57,0	1	0,75	42,75
6	3	10	14	0	17	44,0	1	0,75	33,00
7	3	10	18,5	0	10	41,5	1	0,75	31,13
8	10	10	3,5	0	20	43,5	1	0,75	32,63
9	5	10	11	0	0	26,0	1	0,75	19,50
10	3	10	14	0	25	52,0	1	0,75	39,00
11	2	2	10	0	17	31,0	1	0,75	23,25
12	3	10	9,5	0	7	29,5	0,85	0,75	18,81
13	3	10	18,5	0	0	31,5	1	0,75	23,63
14	3	10	14	0	7	34	1	0,75	25,50
15	1	10	0	3	2	16,0	1	0,75	12,00
16	5	10	11	0	7	33,0	1	0,75	24,75
17	3	20	14	0	24	61,0	1	0,75	45,75
18	6	20	15,5	0	15	56,5	1	0,75	42,38
19	1	10	6	0	2	19,0	1	0,75	14,25
20	6	20	15,5	3	9	53,5	0,85	0,75	34,11
21	4	20	14	0	6	44,0	1	0,75	33,00
22	3	10	24,5	0	2	39,5	0,85	0,75	25,18
23	4	2	15,5	3	0	24,5	1	0,75	18,38
24	3	2	17	0	14	36,0	1	0,75	27,00
25	5	20	18,5	0	14	57,5	0,75	0,75	32,34
26	5	20	18,5	0	25	68,5	1	0,75	51,38
27	4	2	14	0	13	35,0	1	0,75	24,75
28	3	10	17	0	13	43,0	1	0,75	32,25
29	3	10	17	4	15	49,0	1	0,75	36,75
30	4	10	20	0	13	47,0	1	0,75	35,25
31	2	2	15,5	3	0	22,5	0,75	0,75	12,66
32	3	10	17	0	10	40,0	1	0,75	30,00
33	3	20	20	0	13	56,0	0,85	0,75	35,70
34	8	20	6	0	9	43,0	1	0,75	32,25



**Figura 3.14. Índices de Riesgo en una muestra de Edificios Escolares suponiendo localizaciones en lugares distintos.**

### 3.5. Optimización del procedimiento

En una segunda fase de desarrollo del procedimiento se decidió modificar algunos aspectos del cálculo del índice de vulnerabilidad y además acotarlo entre 0 y 1 en lugar de entre 1 y 100 como se utilizó previamente. Igualmente se decidió modificar el índice de ocupación, variándolo entre 0,5 para poblaciones escolares menores o iguales a 500 hasta 1,0 para poblaciones escolares mayores a 1.000.

El nuevo índice de vulnerabilidad ( $I_v$ ) considera la tipología estructural con un peso relativo de hasta el 20% del valor de  $I_v$ , el año del proyecto estructural o de la construcción con un peso relativo de hasta el 20%, la existencia de irregularidades en planta con un peso relativo de hasta el 18%, la existencia de irregularidades verticales con un peso relativo de hasta el 18%, evidencias de patologías estructurales y/o ausencia de mantenimiento estructural adecuado con un peso relativo de hasta el 18% y amenaza geotécnica con un peso de hasta el 6%. Dos años son de interés especial: 1939 cuando se elaboró la primera norma para estructuras en Venezuela, la cual consideraba cargas sísmicas de un modo muy básico y no contemplaba detallado sismorresistente para los elementos estructurales, y 1982 cuando las normas estructurales y sísmicas comenzaron a adoptar los requisitos modernos para estructuras sismorresistentes.

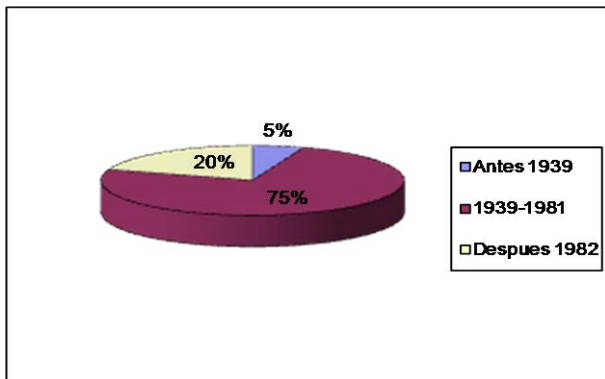
Las edificaciones escolares que resultaron derrumbadas durante el terremoto de Cariaco de 1997 fueron usadas de nuevo para valorar los índices propuestos (Tabla 3.11).

**Tabla 3.11. Índices obtenidos para las edificaciones escolares derrumbadas durante el terremoto de Cariaco**

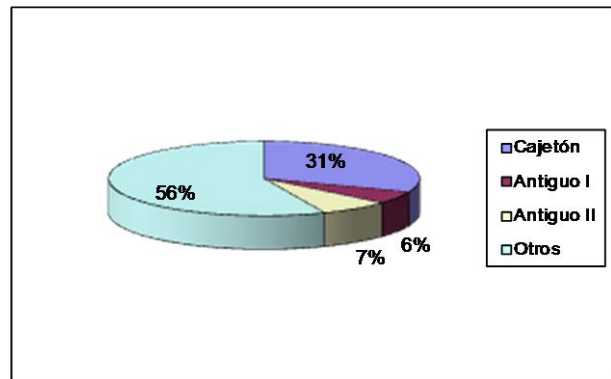
Índice	Edificación Escolar	
	Valentín Valiente	Raimundo Martínez Centeno
Índice de Amenza Sísmica (Iz)	1.00	1.00
Índice de Vulnerabilidad (Iv)	0.64	0.45
Índice de Ocupación (Io)	0.50	1.00
Índice de Riesgo (Ir)	0.32	0.45

Los resultados de 55 inspecciones son presentados a continuación: 19 inspecciones fueron realizadas en el Estado Sucre (zona sísmica 7 con  $PGA=0,4g$  para  $T=475$  años) y 36 restantes en el Estado Carabobo (zona sísmica 5 con  $PGA=0,3g$  para  $T=475$  años).

La Figura 3.15 muestra la distribución del año de diseño y/o construcción de las edificaciones escolares inspeccionadas. Un total de 80% fueron construidas antes del año 1982 y 5% antes del año 1939. La Figura 3.16 muestra la distribución de las tipologías de las edificaciones inspeccionadas, en la que se puede observar que el 36% son similares a aquellas que resultaron derrumbadas durante el terremoto de Cariaco (Antiguo I y Cajetón).

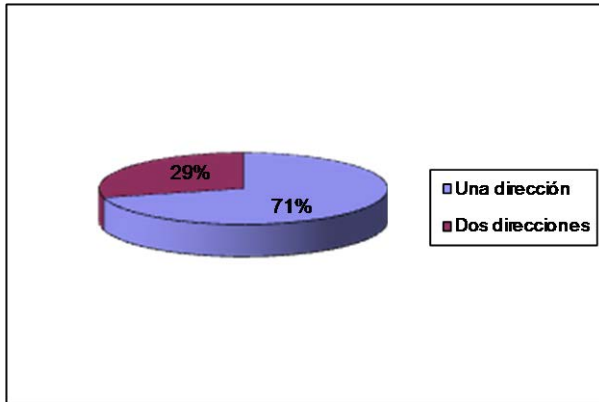


**Figura 3.15. Año de diseño y/o construcción de las edificaciones inspeccionadas**

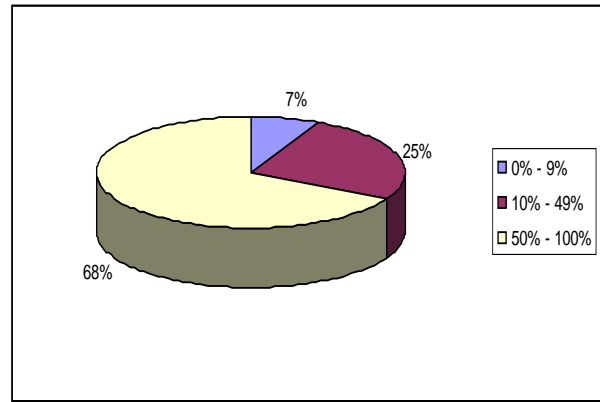


**Figura 3.16. Tipología de las edificaciones escolares inspeccionadas**

La Figura 3.17 muestra si las edificaciones escolares poseen líneas resistentes en sólo una dirección o en dos direcciones perpendiculares. El 71% de las edificaciones inspeccionadas sólo las poseen en una dirección. La Figura 3.18 indica el porcentaje de columnas cortas con respecto al número total de columnas de un piso, observándose que el 68% de las edificaciones inspeccionadas poseen 50% o más de columnas cortas en al menos una de sus plantas, usualmente la planta baja.

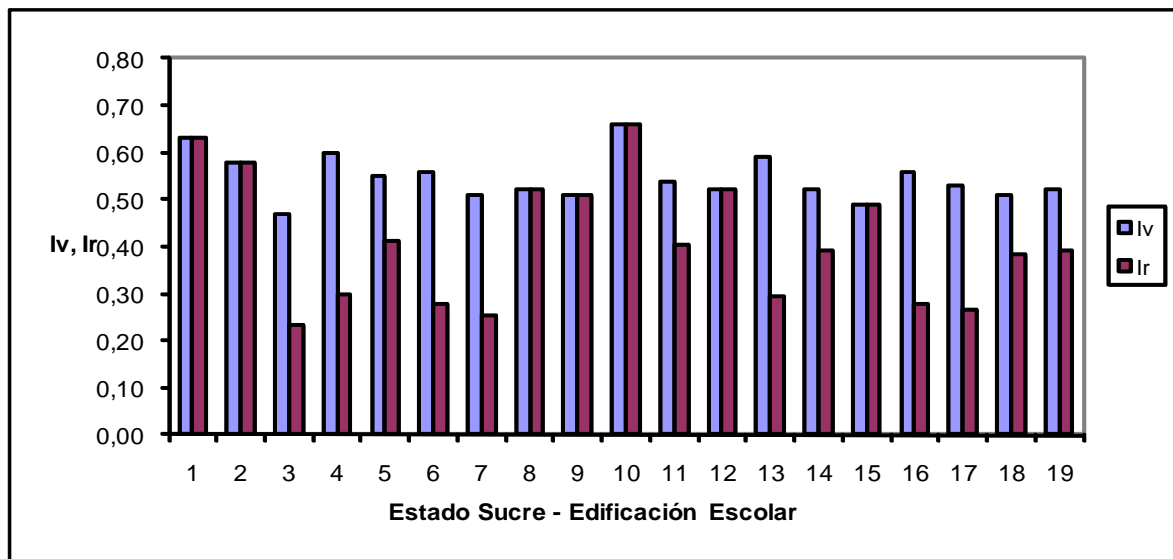


**Figura 3.17. Presencia de líneas resistentes en las edificaciones inspeccionadas**



**Figura 3.18. Cantidad de columnas cortas en las edificaciones inspeccionadas**

Las Figuras 3.19 y 3.20 muestran los valores del índice de vulnerabilidad y del índice de riesgo en cada edificación en los Estados Sucre y Carabobo, respectivamente. La Figura 3.21 indica que el 80% de la muestra posee índices de vulnerabilidad iguales o mayores al obtenido para el liceo Raimundo Martínez Centeno ( $I_v=0,45$ ), independientemente de la zona sísmica. Por otra parte, la Figura 3.22 indica que el 55% de la muestra posee índices de riesgo iguales o mayores al obtenido para la escuela Valentín Valiente ( $I_r=0,32$ ).



**Figura 3.19. Índices de vulnerabilidad ( $I_v$ ) e índices de riesgo ( $I_r$ ) obtenidos para las edificaciones escolares inspeccionadas en el Estado Sucre**



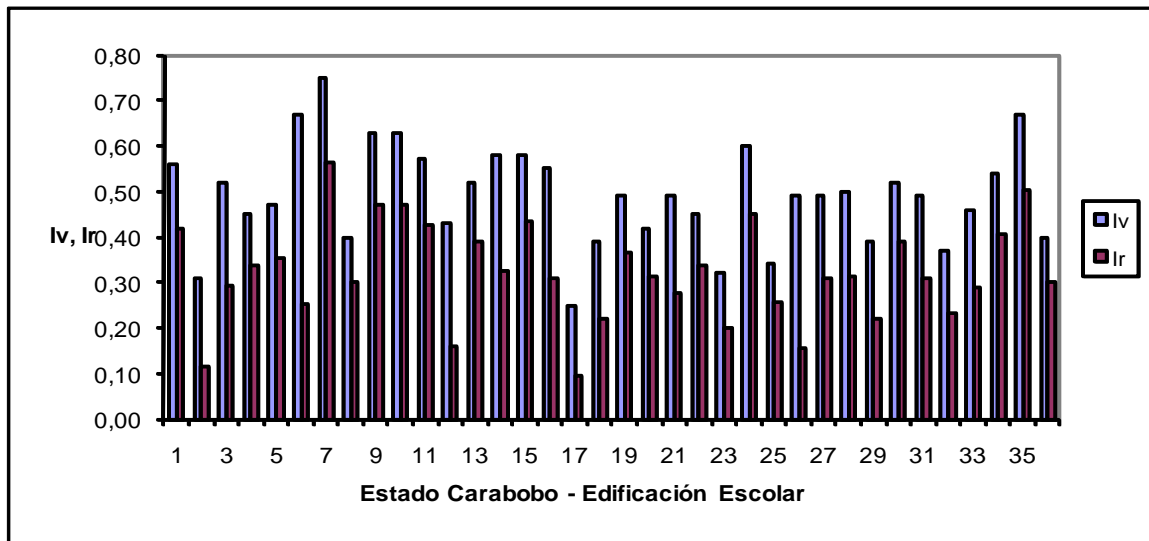


Figura 3.20. Índices de vulnerabilidad (Iv) e índices de riesgo (Ir) obtenidos para las edificaciones escolares inspeccionadas en el Estado Carabobo

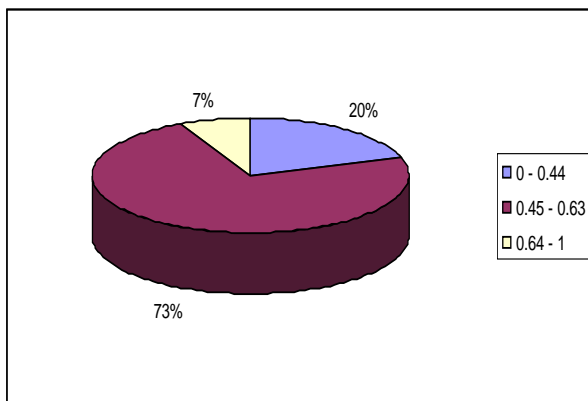


Figura 3.21. Índices de vulnerabilidad (Iv) obtenidos para las edificaciones inspeccionadas

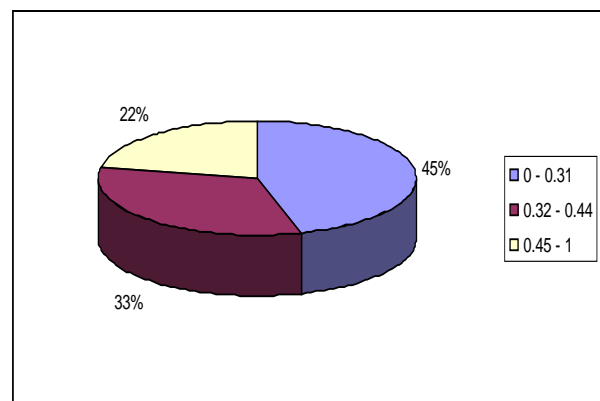


Figura 3.22. Índices de riesgo (Ir) obtenidos para las edificaciones inspeccionadas

### 3.6. Conclusiones

A continuación se presentan las principales conclusiones obtenidas en esta Sección:

- El instrumento de recolección de datos, especialmente diseñado para edificaciones escolares, permite recoger, en una inspección de aproximadamente 3 horas de duración, las características estructurales y no estructurales que pueden tener mayor influencia sobre el desempeño sismorresistente de dichas edificaciones, tales como la presencia de columnas cortas.
- Se seleccionó un total de doscientos ochenta y nueve edificios escolares que fueron inspeccionados en todo el territorio nacional, bajos los siguientes criterios: similitud

con los edificios derrumbados durante el Terremoto de Cariaco, aquellos de mayor antigüedad y aquellos ubicados en las zonas de mayor amenaza sísmica del país.

- Se propuso un procedimiento para calcular índices de vulnerabilidad y de riesgo sísmico, con base en la información obtenida de las inspecciones. Su aplicación a una muestra de 34 edificios escolares en el Estado Carabobo y a 19 en el Estado Sucre y su comparación con los índices correspondientes a los edificios escolares derrumbados en Cariaco, permitió identificar aquellas edificaciones de mayor vulnerabilidad y riesgo. El 80% de las edificaciones inspeccionadas mostró índices de vulnerabilidad iguales o mayores al obtenido para el liceo Raimundo Martínez Centeno, independientemente de la zona sísmica en que están ubicados. El 55% de las edificaciones mostró índices de riesgo iguales o mayores al obtenido para la escuela Valentín Valiente.
- El procedimiento propuesto permite la toma de decisiones de carácter técnico y administrativo, tales como establecer prioridades para pasar a la elaboración de estudios detallados y al reforzamiento de aquellas edificaciones escolares que así lo requieran.

### 3.7. Referencias

- Covenin Mindur 1756 (2001). *Edificaciones sismorresistentes*. Covenin, Caracas.
- Covenin Mindur 1753 (1985). *Estructuras de concreto armado para edificaciones. Análisis y diseño*. Covenin, Caracas.
- Covenin Mindur 1618 (1998). *Estructuras de acero para edificaciones. Método de los estados límites*. Covenin, Caracas.
- FEMA, 2.000. *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. FEMA 356, Washington D.C.
- FEMA 154 (2002). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*. Second Edition. Applied Technology Council, Redwood City.
- FEMA, 2.003. *NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures*. FEMA 450-1/2003 Edition, Washington D.C.
- Grant D. N, J. J. Boomer, R. Pinho, G. M. Calvi, A. Goretti, F. Meroni, 2.007. A Priorization Scheme for Seismic Intervention of School Buildings in Italy. *Earthquake Spectra*, Vol. 23 No 2, p 291-314, may 2.007.
- Hernández E. y Contreras O. (2008). Índice del grado de vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares en Venezuela. T. E. G. para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Carabobo.
- Grippi L. y Rodríguez M. (2008). Evaluación general del grado de riesgo sísmico de un grupo de estructuras escolares públicas de los Municipios Valencia, Guacara y Diego Ibarra del Estado Carabobo. T. E. G. para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Carabobo.

- López O. A., (2008). Protección de Escuelas contra los Terremotos. Trabajo de Incorporación a la Academia Nacional de Ingeniería y del Hábitat, Caracas.
- O. A. López, A. Marinilli, R. Bonilla, N. Fernández, J. Domínguez, T. Baloa, G. Coronel y R. Vielma. Evaluación Sismorresistente de Edificios Escolares em Venezuela. Revista de La Facultad de Ingeniería, UCV, Vol. 25, No 4, 2010.
- Meneses J. and Aguilar Z. (2004). Seismic Vulnerability of School Buildings in Lima, Peru. Proceeding of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Paper No. 1683.
- Meneses J., 2.006. Vulnerabilidad y Adecuación Sismorresistente de Escuelas: La experiencia de California y Otros Lugares del Mundo. VIII Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Valencia, Venezuela, Mayo 2.006.
- Paulay T. and Priestley M. J. N., 1.992. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. John Wiley & Sons, Inc.

## **Anexo 3.1**

Base de Datos de las 257 Escuelas Inspeccionadas por el CENAMB

Nº	COD. DEA	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	Nº DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
1	0D06820321	DOMINGO GUZMAN LANDER	PTO LA CRUZ	ANZOÁTEGUI	JUAN ANTONIO SOTILLO	CALLE BUENOS AIRES CRUCE CON CALLE	6	1963	4	INICIAL A 6TO GRADO	715	
2	OD04050321	RODOLFO MAURERA (E.B.)	PTO LA CRUZ	ANZOÁTEGUI	JUAN ANTONIO SOTILLO	AVENIDA CONGRESO, S/N	6	1958	7	INICIAL, 1 Y 2DA	1283	T7
3	OD06450305	MONSEÑOR ALVAREZ	CLARINES	ANZOÁTEGUI	MANUEL EZEQUIEL BRUZUAL	CALLE SOL	4	2000	4	PRIMARIA	900	T7
4	OD03140321	SEVERIANO HERNÁNDEZ, ESCUELA BOLIVARIANA	PTO. LA CRUZ	ANZOÁTEGUI	JUAN ANTONIO SOTILLO	CALLE CORAZON DE JESUS, SECTOR SIERRA	6	1974	1	INICIAL HASTA 6TO GRADO	811	T10
5		MONSEÑOR ALVAREZ (ACTUAL CAPACITACION ADULTOS)	CLARINES	ANZOÁTEGUI	MANUEL EZEQUIEL BRUZUAL	CALLE MONSEÑOR	4	1955	1	EDUCACION ADULTOS	500	T11
6		INES MARIA POTENTINI	PTO LA CRUZ	ANZOÁTEGUI	JUAN ANTONIO SOTILLO	CALLE BOLIVAR, S/N, TIERRA ADENTRO	6	1970	1	INICIAL/ PRIMARIA	1742	
7	ODO5530321	MARIA GUZMAN DE MARCANO	PTO LA CRUZ	ANZOÁTEGUI	JUAN ANTONIO SOTILLO	CALLE CENTRAL, S/N, SECTOR SIERRA	6	1974	6	BASICA	456	
8	S00757DO105	JOSE TADEO ARREAZA CALATRAVA	PTO LA CRUZ	ANZOÁTEGUI	JUAN ANTONIO SOTILLO	CALLE NEGRO PRIMERO, SECTOR EL	6	1974	1	BASICA DIVERSIFICADA	957	
9	SO673DO321	FRANCISCO SALIAS	PTO LA CRUZ	ANZOÁTEGUI	JUAN ANTONIO SOTILLO	CALLE 23 DE ENERO, S/N, URB GULF	6	1972	1	BACHILLERATO	960	
10	OD05610321	CELESTINO GONZÁLEZ ORTIZ (E.B.)	PTO. LA CRUZ	ANZOÁTEGUI	JUAN ANTONIO SOTILLO	URBANIZACIÓN GUANIRE	6	1985	1	PRESCOLAR-BASICA	1006	
11	S00757DO105	ANDRES MARIA HERNANDEZ	PTO. LA CRUZ	ANZOÁTEGUI	JUAN ANTONIO SOTILLO	CARRETERA EL JUNQUITO, KM. 23	6	1974	3	MEDIA DIVERSIFICADA	1203	
12	OD03790321	JOSE RAMÓN CAMEJO (E.B.)	PTO. LA CRUZ	ANZOÁTEGUI	JUAN ANTONIO SOTILLO	AVENIDA PRINCIPAL OROPEZA	6	1970	1	MEDIA DIVERSIFICADA	1340	
13		MONSEÑOR ALVAREZ	CLARINES	ANZOÁTEGUI	MANUEL EZEQUIEL BRUZUAL	CALLE MONSEÑOR ALVAREZ	4	1930	1	PRIMARIA	0	
14	ODO2200513	LUIS ALEJANDRO ALVARADO, U.E	CAGUA	ARAGUA	SUCRE	CALLE SUCRE C/C NEGRO, SECTOR PRIMERO, SECTOR 3, AL LADO DEL	4	1957	2	SECUNDARIA	1072	T7
15		EDUARDO ASSEF RAIDI	MARACAY	ARAGUA	MARIO BRICENO IRAGORRY	AV. PRINCIPAL, SECTOR 3, AL LADO DEL	4	1976	1	2 - 3 - 4 - 5 - 6	1000	T10
16	S105DO503	LICEO SAUL ALVANO MORENO / LICEO JUAN VICENTE BOLIVAR	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	CALLE VARGAS, URB. EL MILAGRO	4	1978	1	SECUNDARIA	780	T10
17	S1788D0508	OSWALDO TORRES VIÑA	MARACAY	ARAGUA	MARIO BRICENO IRAGORRY	CALLE 8, SECTOR 4, URB. CAÑA DE AZUCAR	4	1978	1	SECUNDARIA	500	T10
18	SO646DOS03	VALENTIN ESPINAL, U.E.N.	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	CALLE NEGRO 1º, C/AV. AYACUCHO, SECTOR LA	4	1966	3	BACHILLERATO	1700	T10
19	ADO07914456	JOSE MANUEL SISO MARTINES, U.E.N	PALO NEGRO	ARAGUA	LIBERTADOR	AV. PRINCIPAL LA OVALLERA, Nº 3, PALO NEGRO	4	1986	3	SECUNDARIA	936	T10



N°	COD. DEA	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	N° DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
20	ODO6910503	LETICIA MUDARRA DE LOPEZ, E.B.E	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	CALLE EL SAMANI, C/AV. F.F.A.A. S/N, BARRIO JOSE	4	1976	1	PRIMARIA	1091	T10
21	SO88D0507	TRINO CELLIS RIOS, LICEO B.		ARAGUA	LIBERTADOR	FINAL AV. BOLIVAR, S/N, SECTOR LA	4	1976	1	BACHILLERATO	1368	T10
22	O065325	JUAN LOVERA, E.N.B	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	URB. MATA REDONDA, CALLE PRINCIPAL OCY 13	4	1993	1	PRIMARIA	632	T10
23	ODO1350507	CASIQUE CHARAIMA, E.B.N.	PALO NEGRO	ARAGUA	LIBERTADOR	CALLE SUJORE, S/N. LA ATASCOSA	4	1994	1	PRIMARIA	1520	T10
24	OD03810503	JESUS PACHECO ROJAS	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	AV FUERZAS ARMADAS CON AV	4	1955	1	2-3-4-5-6	834	T11
25	ODO5470516	TACASURUMA, U.E.N		ARAGUA	ZAMORA	AV. BOLIVAR, N° 160, SECTOR SAN FRANCISCO DE	4	1976	3	INICIAL PRIMARIA	1407	T11
26		REPUBLICA DE MEXICO	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	CALLE VARGAS SUR, NRO. 2, ENTRE AV.	4	1945	1	2-3-4-5-6	1128	
27	S1421D0516	MONSEÑOR MARIANO MARTI, U.E.N.	MAGDALENO	ARAGUA	FRANCISCO LINARES ALCANTARA	CALLE ESTADIUM C/C PAEZ, S/N	4	1974	3	BACHILLERATO	1200	
28	S1421D0516	MONSEÑOR MARIANO MARTI, U.E.N.	MAGDALENO	ARAGUA	FRANCISCO LINARES ALCANTARA	CALLE ESTADIUM C/C PAEZ, S/N	4	1974	3	BACHILLERATO	1200	
29	SO646DOS03	VALENTIN ESPINAL, U.E.N.	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	CALLE NEGRO 1°, C/AV. AYACUCHO, SECTOR LA	4	1966	3	BACHILLERATO	1700	
30	SO646DOS03	VALENTIN ESPINAL, U.E.N.	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	CALLE NEGRO 1°, C/AV. AYACUCHO, SECTOR LA	4	1966	3	BACHILLERATO	1700	
31	OD16820503	SIMON BOLIVAR, U.E.E.	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	AV. BERMUDEZ C/AV. ARAGUA, SECTOR BARRIO	4	1969	4	PRIMARIA BASICA	400	
32	OD16820503	SIMON BOLIVAR, U.E.E.	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	AV. BERMUDEZ C/AV. ARAGUA, SECTOR BARRIO	4	1969	4	PRIMARIA BASICA	400	
33	OD16820503	SIMON BOLIVAR, U.E.E.	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	AV. BERMUDEZ C/AV. ARAGUA, SECTOR BARRIO	4	1969	4	PRIMARIA BASICA	400	
34	OD16820503	SIMON BOLIVAR, U.E.E.	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	AV. BERMUDEZ C/AV. ARAGUA, SECTOR BARRIO	4	1969	4	PRIMARIA BASICA	400	
35	OD13490517	ARTURO SARCO VILLENA, E.B.N.B	SANTA RITA	ARAGUA	FRANCISCO LINARES ALCANTARA	AV. GRAL. FRANCISCO DE MIRANDA,	4	1948	8	PREESCOLAR	100	
36	OD13490517	ARTURO SARCO VILLENA, E.B.N.B	SANTA RITA	ARAGUA	FRANCISCO LINARES ALCANTARA	AV. GRAL. FRANCISCO DE MIRANDA,	4	1948	8	PREESCOLAR	100	
37	ODO7050503	LUCAS GUILLERMO CASTILLO, U.E.E	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	AV. PPAL. SAN IGNACIO C/AV. PPAL. EL	4	1953	5	INICIAL PRIMARIA	576	

Nº	COD. DEA	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	Nº DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
38	ODO6930503	JUSTINA GUERRA, E.DE	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	CALLE SUCRE C/C BOLIVAR, BARRIO OLIVIA VITIO	4	1982	2	PRIMARIA	457	
39	ODO2200513	LUIS ALEJANDRO ALVARADO, U.E	CAGUA	ARAGUA	SUCRE	CALLE SUCRE C/C NEGRO PRIMERO, SECTO	4	1957	2	SECUNDARIA	1072	
40	S1014D0516	AIME BONBLAND, U.E.N		ARAGUA	ZAMORA	CALLE PAEZ S/N, SAN FRANCISCO DE ASIS	4	1972	3	SECUNDARIA	1453	
41	ODO5470516	TACASURUMA, U.E.N		ARAGUA	ZAMORA	AV. BOLIVAR, Nº 160, SECTOR SAN FRANCISCO DE C/ANDRES	4	1976	3	INICIAL PRIMARIA	1407	
42	ODO060507	LUIS BELTRAN PRIETO FIGUEROA, L.B.N.P	PALO NEGRO	ARAGUA	LIBERTADOR	BELLO, Nº 18, SECTOR LA	4	1945	4	SECUNDARIA	1216	
43	ODOS260516	PANAQUIRE, E.B.N.	MAGDALENO	ARAGUA	ZAMORA	CALLE PAEZ, Nº 2	4	1947	8	BASICA	1000	
44	ODOS260516	PANAQUIRE, E.B.N.	MAGDALENO	ARAGUA	ZAMORA	CALLE PAEZ, Nº 2	4	1947	8	BASICA	1000	
45	ODOS260516	PANAQUIRE, E.B.N.	MAGDALENO	ARAGUA	ZAMORA	CALLE PAEZ, Nº 2	4	1947	8	BASICA	1000	
46	S2988D0508	EL LIMON, U.E.B.	MARACAY	ARAGUA	MARIO BRICENO IRAGORRY	CALLE ARIAS BLANCO C/C AV. CARACAS, Nº	4	1946	4	MATERNAL, PREESCOLAR, BACHILLERATO	1200	
47	S2988D0508	EL LIMON, U.E.B.	MARACAY	ARAGUA	MARIO BRICENO IRAGORRY	CALLE ARIAS BLANCO C/C AV. CARACAS, Nº	4	1946	4	MATERNAL, PREESCOLAR, BACHILLERATO	1200	
48	ODO3910503	PIÑONAL, P.N.	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	CALLE BRICENO MENDEZ C/C CIRCUNVALACION	4	1975	4	PREESCOLAR	250	
49	ODO3910503	PIÑONAL, P.N.	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	CALLE BRICENO MENDEZ C/C CIRCUNVALACION	4	1975	4	PREESCOLAR	250	
50	ODO2280507	REPUBLICA DE COLOMBIA, U.E.N	PALO NEGRO	ARAGUA	LIBERTADOR	URB. EL TRIANGULO, Nº 231 232, CALLE	4	2000	3	INICIAL PRIMARIA, SECUNDARIA	930	T12
51	ODO481-0503	MADRE MARIA DE SAN JOSE, E.B.M.	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	BARRIO CAMPO ALEGRE, CALLE JOSE GREGORIO	4	1971	8	PRIMARIA	647	T12
52	ODO481-0503	MADRE MARIA DE SAN JOSE, E.B.M.	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	BARRIO CAMPO ALEGRE, CALLE JOSE GREGORIO	4	1971	8	PRIMARIA	647	T12
53	ODO5150508	DR. ALBERTO JOSE FERNANDEZ, U.E.B	MARACAY,	ARAGUA	MARIO BRICENO IRAGORRY	CALLE ROMULO GALLEGOS C/C BOLIVAR, Nº 57, LA	4	1971	5	PREESCOLAR, PRIMARIA	464	T12
54	ODO5150508	DR. ALBERTO JOSE FERNANDEZ, U.E.B	MARACAY,	ARAGUA	MARIO BRICENO IRAGORRY	CALLE ROMULO GALLEGOS C/C BOLIVAR, Nº 57, LA	4	1971	5	PREESCOLAR, PRIMARIA	464	T12
55	ODO5150508	DR. ALBERTO JOSE FERNANDEZ, U.E.B	MARACAY,	ARAGUA	MARIO BRICENO IRAGORRY	CALLE ROMULO GALLEGOS C/C BOLIVAR, Nº 57, LA	4	1971	5	PREESCOLAR, PRIMARIA	464	T12

N°	COD. DEA	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	N° DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
56	S1301D0508	SANTOS MICHELENA	MARACAY	ARAGUA	MARIO BRICEÑO IRAGORRY	AV. PRINCIPAL, SECTOR 6, URB. CAÑA DE AZUCAR	4	1974	1	SECUNDARIA	856	T13
57	ODO7050503	LUCAS GUILLERMO CASTILLO, U.E.E	MARACAY	ARAGUA	GIRARDOT	AV. PPAL SAN IGNACIO C/AV. PPAL EL	4	1953	5	INICIAL PRIMARIA	576	T4
58	S1014D0516	AIME BONBLAND, U.E.N		ARAGUA	ZAMORA	CALLE PAEZ S/N, SAN FRANCISCO DE ASIS	4	1972	3	SECUNDARIA	1453	T4
59	ODO2280507	REPUBLICA DE COLOMBIA, U.E.N	PALO NEGRO	ARAGUA	LIBERTADOR	URB EL TRIANGULO, N° 231 232, CALLE	4	2000	3	INICIAL PRIMARIA, SECUNDARIA	930	T4
60	ODO5470516	TACASURUMA, U.E.N		ARAGUA	ZAMORA	AV. BOLIVAR, N° 160, SECTOR SAN FRANCISCO DE	4	1976	3	INICIAL PRIMARIA	1407	T4
61	ADO07914456	JOSE MANUEL SISO MARTINES, U.E.N	PALO NEGRO	ARAGUA	LIBERTADOR	AV. PRINCIPAL O VALLERA, N° 3, PALO NEGRO	4	1986	3	SECUNDARIA	936	T4
62	ODOS280516	PANAQUIRE, E.B.N.	MAGDALENO	ARAGUA	ZAMORA	CALLE PAEZ, N° 2	4	1947	8	BASICA	1000	T4
63	ODO4600516	MAGDALENO, E.B.N.	MAGDALENO	ARAGUA	ZAMORA	CALLE ANDRES E. BLANCO, S/N	4	2002	1	PRIMARIA	809	T4
64	S2988D0508	EL LIMON, U.E.B.	MARACAY	ARAGUA	MARIO BRICEÑO IRAGORRY	CALLE ARIAS BLANCO C/C AV. CARACAS, N°	4	1946	4	MATERNAL, PREESCOLAR, BACHILLERATO	1200	T5
65	SO150D0516	ALBERTO SMITH, U.E.N		ARAGUA	ZAMORA	CALLE DR. RANGEL, SECTOR LA REPRESA,	4	1962	3	SECUNDARIA	1320	T6
66	SO150D0516	ALBERTO SMITH, U.E.N		ARAGUA	ZAMORA	CALLE DR. RANGEL, SECTOR LA REPRESA,	4	1962	3	SECUNDARIA	1320	T6
67	OD13490517	ARTURO SARCO VILLENA, E.B.N.B	SANTA RITA	ARAGUA	FRANCISCO LINARES ALCANTARA	AV. GRAL. FRANCISCO DE MIRANDA,	4	1948	8	PREESCOLAR	100	T6
68	S1014D0516	AIME BONBLAND, U.E.N		ARAGUA	ZAMORA	CALLE PAEZ S/N, SAN FRANCISCO DE ASIS	4	1972	3	SECUNDARIA	1453	T6
69	O09460605	ESCUELA BOLIVARIANA BARINITAS	BARINITAS	BARINAS	BOLIVAR	CARRERA 4, NRO. 3 A. SECTOR AGUA DULCE	4	1962	2	PRIMARIA	639	T7
70	OD0670604	ESCUELA BOLIVARIANA JUAN ESCALONA	BARINAS	BARINAS	BARINAS	AV. SAN LUIS CON CALLE MERIDA, PARROQUIA EL	4	1959	5	PRIMARIA	450	T7
71	OD0603060	BOLIVARIANA JULIAN PINO	SABANETA	BARINAS	ALBERTO ARVELO TORREALBA	AV. LIBERTADOR, FRENTE A LA PLAZA BOLIVAR	4	1958	1	PRIMARIA	675	T7
72	S2605D0604	BOLIVARIANA BR. SIMON AGUSTIN JIMENEZ	BARINAS	BARINAS	BARINAS	PROLONGACION CALLE CAMEJO, FRENTE AL	4	1953	1	PRIMARIA	706	T7
73	O09460605	ESCUELA BOLIVARIANA PREESCOLAR BARINITAS	BARINITAS	BARINAS	BOLIVAR	CARRERA 4, NRO. 3 A. SECTOR AGUA DULCE	4	1962	2	PREESCOLAR	110	

Capítulo 3: Anexo 3.1 Base de Datos de las 257 Escuelas Inspeccionadas por el CENAMB

Nº	COD. DEA	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	Nº DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
74	004101250	PREESCOLAR Br. SIMON AGUSTIN JIMENEZ	BARINAS	BARINAS	BARINAS	PROLONGACION CALLE CAMEJO, FRENTE AL	4	1990	5	PREESCOLAR	100	
75	S2605D0604	BOLIVARIANA Br. SIMON AGUSTIN JIMENEZ	BARINAS	BARINAS	BARINAS	PROLONGACION CALLE CAMEJO, FRENTE AL	4	1963	5	PRIMARIA	120	
76	OD14350809	ANTONIO HERRERA TORO	MONTALBAN	CARABOBO	MONTALBAN	CALLE SOUBLETTE CON PTO CABELLO Y	5	1968	1	PRIMARIA	800	T11
77	OD14280809	MONSEÑOR FRANCISCO ANTONIO GRANADILLO	MONTALBAN	CARABOBO	MONTALBAN	AV CARABOBO CON CALLE ANDRES BELLO	5	1946	5	PRIMARIA	604	
78	OD14930804	ENRIQUE TEJERA, E.B.N.	YAGUA	CARABOBO	GUACARA	CALLE JOSE R. POCATERRA, QTA LA	5	1995	7	SECUNDARIA	760	
79	OD05020803	ANTONIO GUTIERREZ PEREZ, E.B.E.	LA CABRERA	CARABOBO	DIEGO IBARRA	CARRETERA NAC. MARACAY - MARIARA - LA	5	1963	3	PRIMARIA	0	
80	OD05020803	ANTONIO GUTIERREZ PEREZ, E.B.E.	LA CABRERA	CARABOBO	DIEGO IBARRA	CARRETERA NAC. MARACAY - MARIARA - LA	5	1963	3	PRIMARIA	0	
81	OD05020803	ANTONIO GUTIERREZ PEREZ, E.B.E.	LA CABRERA	CARABOBO	DIEGO IBARRA	CARRETERA NAC. MARACAY - MARIARA - LA	5	1963	3	PRIMARIA	0	
82	SOS16D0813	ALFREDO PIETRI, C.C.	SAN JOAQUIN	CARABOBO	SAN JOAQUIN	SECTOR EL CARMEN, SAN JOAQUIN	5	1970	7	TECNICA	1564	
83	SOS16D0813	ALFREDO PIETRI, C.C.	SAN JOAQUIN	CARABOBO	SAN JOAQUIN	SECTOR EL CARMEN, SAN JOAQUIN	5	1970	7	TECNICA	1564	
84	SO133D0874	LUIS AUGUSTO MACHADO CISNEROS	GUACARA	CARABOBO	GUACARA	PROLONG. AREVALO GONZALEZ,	5	1973	1	BACHILLER	1700	
85	OD15070804	EL TOQUITO, E.B	GUACARA	CARABOBO	GUACARA	CARRETERA NACIONAL VIA VIGIRIMA,	5	1948	4	PREESCOLAR / PRIMARIA	588	
86	OD14930804	ENRIQUE TEJERA, E.B.N.	YAGUA	CARABOBO	GUACARA	CALLE JOSE R. POCATERRA, QTA LA	5	1995	7	SECUNDARIA	760	
87	OD14930804	ENRIQUE TEJERA, E.B.N.	YAGUA	CARABOBO	GUACARA	CALLE JOSE R. POCATERRA, QTA LA	5	1995	7	SECUNDARIA	760	
88	SOS16D0813	ALFREDO PIETRI, C.C.	SAN JOAQUIN	CARABOBO	SAN JOAQUIN	SECTOR EL CARMEN, SAN JOAQUIN	5	1970	7	TECNICA	1564	
89	S4622D0823	DELEITE, U.E.N.B.	MARIARA	CARABOBO	DIEGO IBARRA	CALLE LA HERMOSA, SIN BARRIO	5	1981	9	BACHILLERATO	880	
90	ODO5110803	MARIA CLEMENCIA CAMARAN	MARIARA	CARABOBO	DIEGO IBARRA	CALLE 1º DE MAYO, Nº 1, SECTOR LA	5	1969	3	PREESCOLAR, PRIMARIA	451	
91	OD14280809	MONSEÑOR FRANCISCO ANTONIO GRANADILLO	MONTALBAN	CARABOBO	MONTALBAN	AV CARABOBO CON CALLE ANDRES BELLO	5	1970	5	PRIMARIA	1000	T12

N°	COD. DE A	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	N° DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
92	ODO6400813	PEDRO GUAL U.E	SAN JOAQUIN	CARABOBO	GUACARA	CARRETERA NACIONAL SAN JOAQUIN -	5	1962	4	PREESCOLAR, PRIMARIA	684	T12
93	ODO6400813	PEDRO GUAL U.E	SAN JOAQUIN	CARABOBO	GUACARA	CARRETERA NACIONAL SAN JOAQUIN -	5	1962	4	PREESCOLAR, PRIMARIA	684	T12
94	SO133D0874	LUIS AUGUSTO MACHADO CISNEROS	GUACARA	CARABOBO	GUACARA	PROLONG. AREVALO GONZALEZ,	5	1973	1	BACHILLER	1700	T12
95	ODO5120803	ESCUELA BOLIVARIANA GUAMACHO	MARIARA	CARABOBO	DIEGO IBARRA	BARRIO 1° DE DICIEMBRE, CALLE JOSE F.	5	1951	3	PRIMARIA	289	T12
96	ODO5120803	ESCUELA BOLIVARIANA GUAMACHO	MARIARA	CARABOBO	DIEGO IBARRA	BARRIO 1° DE DICIEMBRE, CALLE JOSE F.	5	1951	3	PRIMARIA	289	T12
97	OD15070804	EL TOQUITO, E.B	GUACARA	CARABOBO	GUACARA	CARRETERA NACIONAL VIA VIRIRIMA,	5	1948	4	PREESCOLAR / PRIMARIA	588	T12
98	OD15070804	EL TOQUITO, E.B	GUACARA	CARABOBO	GUACARA	CARRETERA NACIONAL VIA VIRIRIMA,	5	1948	4	PREESCOLAR / PRIMARIA	588	T12
99	OD05410813	LA ESTACION, N° 262, E.C.B.	SAN JOAQUIN	CARABOBO	SAN JOAQUIN	SECTOR 18 DE OCTUBRE, CALLE 19 DE ABRIL, SIN	5	1968	3		240	T12
100	OD71980803	NUCLEO BOLIVARIANO 181 ANIVERSARIO BATALLA DE CARABOBO	MARIARA	CARABOBO	DIEGO IBARRA	PARCELA 1, SECTOR EL CUJIZAL, PAVIA	5	2003	9	BACHILLERATO	2100	T5
101	OD71980803	NUCLEO BOLIVARIANO 181 ANIVERSARIO BATALLA DE CARABOBO	MARIARA	CARABOBO	DIEGO IBARRA	PARCELA 1, SECTOR EL CUJIZAL, PAVIA	5	2003	9	BACHILLERATO	2100	T5
102	OD71980803	NUCLEO BOLIVARIANO 181 ANIVERSARIO BATALLA DE CARABOBO	MARIARA	CARABOBO	DIEGO IBARRA	PARCELA 1, SECTOR EL CUJIZAL, PAVIA	5	2003	9	BACHILLERATO	2100	T5
103	OD14830804	ENRIQUE TEJERA, E.B.N.	YAGUA	CARABOBO	GUACARA	CALLE JOSE R. POCATERRA, QTA LA	5	1995	7	SECUNDARIA	760	T6
104	S4622D0823	DELEITE, U.E.N.B.	MARIARA	CARABOBO	DIEGO IBARRA	CALLE LA HERMOSA, S/N, BARRIO	5	1981	9	BACHILLERATO	880	T8
105	OD10310101	PADRE MENDOZA (E.B.N.)	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	ENTRE CALLES 4 Y 6, LOS JARDINES DEL VALLE, PUNTO	5	1976	1	PRIMARIA	1600	T10
106	50672D0104	LICEO BOLIVARIANO FRANCISCO FAJARDO	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	SECTOR UDT FRENTE AL BLOQUE 1 URB	5	1967	1	BASICA	1000	T10
107	DO6732280	CARICUAO (U.E.N.)	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	RUIZ PINEDA ENTRE BLOQUE 21 Y 22 CENTRO	5	1965	1	BASICA	1518	T10
108	50603D0101	LICEO BOLIVARIANO DIEGO DE LOZADA	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	ENTRE CALLE 9 Y 10 LOS JARDINES DEL VALLE	5	1964	1	SECUNDARIA	750	T10
109	S0075D0105	LICEO BOLIVARIANO AUGUSTO PI-SUNER	EL JUNQUITO	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	CARRETERA EL JUNQUITO, KM. 23	5	1986	1	SECUNDARIA	1500	



Capítulo 3: Anexo 3.1 Base de Datos de las 257 Escuelas Inspeccionadas por el CENAMB

Nº	COD. DEA	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	Nº DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
110	SOO02DO102	LICEO BOLIVARIANO ANDRES BELLO	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. MEXICO, AL LADO DE LA PLAZA	5	1945	4	PRIMARIA	1750	
111	S-0007D0102	LICEO BOLIVARIANO FERMIN TORO	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	SOLIS A MARCOS PARRA PARROQUIA	5	1946	4	BASICA	800	
112	S-0007D0102	LICEO BOLIVARIANO FERMIN TORO	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	SOLIS A MARCOS PARRA PARROQUIA	5	1946	4	BASICA	800	
113	ODO2830104	JOSE MANUEL NUÑEZ PONTE (U.E)	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. PRINCIPAL SECTOR UDT RUIZ PINEDA	5	1962	4	BASICA	1600	
114	ODO7210103	JOSE ANTONIO GONZALEZ (U.E.N.B)	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. REPUBLICA CON CALLE LUCAS MANZANO	5	1958	1	BASICA	961	
115		CENTRO AMERICA (U.E.N)	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	URB. KENNEDY, FRENTE BLOQUE 1, PARROQUIA	7	1969	1	BASICA	1000	
116	ODO5360103	REPUBLICA DEL ECUADOR (U.E.N)	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	CALLE PRINCIPAL DE SAN MARTIN CRUCE AL	5	1964	1	PREESCOLAR BASICA I y II		
117	006430410	CENTRO DE ESPECIALIDADES ELEAZAR GUERAY	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	PARROQUIA SAN JUAN ENTRE AV SAN MARTIN Y	5	0	2	EDUCACION ADULTOS	500	
118	SOO02DO102	LICEO BOLIVARIANO ANDRES BELLO	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. MEXICO, AL LADO DE LA PLAZA	5	1945	4	PRIMARIA	1750	
119		LAS ACACIAS, U.E.C.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. EL PARQUE CON CENTROAMERIC	5	1953	3		0	
120	ODO04660101	OCTAVIO ANTONIO DIEZ, E.B.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	CALLE CALCAÑO, STA. MONICA AL LADO DE LA	5	1980	1		356	
121	ODO4630101	EDUARDO OXFORD LOPEZ	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. FRANCISCO PIMENTEL CON AGUSTIN	5	1999	1		146	
122	ODO4421519	ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS, U.E.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	4TA TRANSVERSAL DE	5	1985	2	PRIMARIA	352	
123	ODO4421519	ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS, U.E.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	4TA TRANSVERSAL DE	5	1985	2	PRIMARIA	352	
124		APUCY, C.E.E	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	CALLE CAURIMARE, RAMAL 3.	5	1955	1	PRIMARIA, BACHILLERATO	650	
125	OD16171519	MISION SUCRE	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	SUCRE	AV. ROMULO GALLEGOS, URB. MONTECRISTO	5	1952	9		0	
126	OD16171519	ALFARO ZAMORA, U.E.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	URB. MONTECRISTO, AV. ROMULO	5	2008	1		0	
127	50017D0101	URBANEJA ACHELPOHL, U.E.E.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AVENIDA ZULOAGA, LOS ROSALES	5	1960	2		1200	

N°	COD. DEA	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	N° DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
128	50017D0101	URBANEJA ACHELPOHL, U.E.E.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AVENIDA ZULOAGA, LOS ROSALES	5	1960	2		1200	
129	S0063D019	COLEGIO LOS ROSALES, U.E.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. ZULOAGA, QTA. EDDA, LOS ROSALES	5	0	2	BACHILLERATO	192	
130	S0063D019	COLEGIO LOS ROSALES, U.E.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. ZULOAGA, QTA. EDDA, LOS ROSALES	5	0	2	BACHILLERATO	192	
131	ODO6240101	DISTRITAL PAEZ, U.E.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	LA BANDERA, FRENTE AL PARQUE ITALO-	5	1965	1	PREFESCOLAR, PRIMARIA	320	
132	ODO5300101	DELANO ROOSEVELT, U.B.N	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	CALLE GRAN COLOMBIA, N° 1231.LAS ACACIAS	5	0	1	PREFESCOLAR	308	
133	ODO2830104	JOSE MANUEL NUÑEZ PONTE (U.E)	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. PRINCIPAL SECTOR UDB7 RUIZ PINEDA	5	1962	4	BASICA	1600	T12
134		NUUESTRA SEÑORA DEL CARMEN, U.E.C.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. AMERICA, N° 21-23, LOS ROSALES	5	1950	3	REGULAR DIVERSIFICADO	0	T2
135		RICARDO ZULOAGA, U.E.N.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. PPAL. DE LOS CHORROS, CRUCE CON	5	1982	6		0	T5
136	S1399D0101	HUMBERTO PARODI ALISTER, U.E.N	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. EL CORTIJO, LOS ROSALES	5	1979	1	PRIMARIA, BACHILLERATO	546	T5
137		LAS ACACIAS, U.E.C.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. EL PARQUE CON CENTROAMERIC.	5	1953	3		0	T6
138		LAS ACACIAS, U.E.C.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. EL PARQUE CON CENTROAMERIC.	5	1953	3		0	T6
139		RICARDO ZULOAGA, U.E.N.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. PPAL. DE LOS CHORROS, CRUCE CON	5	1982	6		0	T8
140		RICARDO ZULOAGA, U.E.N.	CARACAS	DISTRITO CAPITAL	LIBERTADOR	AV. PPAL. DE LOS CHORROS, CRUCE CON	5	1982	6		0	T8
141	S912D1212	RAFAEL CABRERA MALO, U.E.N	SAN JUAN DE LOS MORROS	GUÁRICO	JUAN GERMÁN ROSCIO	AV. MIRANDA FRENTE A POLIGUARICO,	4	1971	4	SECUNDARIA	1330	T7
142	S912D1212	RAFAEL CABRERA MALO, U.E.N	SAN JUAN DE LOS MORROS	GUÁRICO	JUAN GERMÁN ROSCIO	AV. MIRANDA FRENTE A POLIGUARICO,	4	1971	4	SECUNDARIA	1330	
143	S912D1212	RAFAEL CABRERA MALO, U.E.N	SAN JUAN DE LOS MORROS	GUÁRICO	JUAN GERMÁN ROSCIO	AV. MIRANDA FRENTE A POLIGUARICO,	4	1971	4	SECUNDARIA	1330	
144	ODO1421212	LICEO BOLIVARIANO GENERAL PEDRO ZARAZA	SAN JUAN DE LOS MORROS	GUÁRICO	JUAN GERMÁN ROSCIO	SECTOR PEDRO ZARAZA, PASAJE ARAGUA, S/N	4	1966	6	BACHILLERATO	153	
145	ODO1421212	LICEO BOLIVARIANO GENERAL PEDRO ZARAZA	SAN JUAN DE LOS MORROS	GUÁRICO	JUAN GERMÁN ROSCIO	SECTOR PEDRO ZARAZA, PASAJE ARAGUA, S/N	4	1966	6	BACHILLERATO	153	

Capítulo 3: Anexo 3.1 Base de Datos de las 257 Escuelas Inspeccionadas por el CENAMB

Nº	COD. DEA	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	Nº DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
146	ODO1421212	LICEO BOLIVARIANO GENERAL PEDRO ZARAZA	SAN JUAN DE LOS MORROS	GUÁRICO	JUAN GERMAN ROSCIO	SECTOR PEDRO ZARAZA, PASAJE ARAGUA, SN	4	1966	6	BACHILLERATO	153	
147	T086D1212	PEDRO ZARAZA, E.T.I.R.	SAN JUAN DE LOS MORROS	GUÁRICO	JUAN GERMAN ROSCIO	SECTOR PEDRO ZARAZA, PASAJE ARAGUA, SN	4	1964	12	TECNICO	450	
148	T086D1212	PEDRO ZARAZA, E.T.I.R.	SAN JUAN DE LOS MORROS	GUÁRICO	JUAN GERMAN ROSCIO	SECTOR PEDRO ZARAZA, PASAJE ARAGUA, SN	4	1964	12	TECNICO	450	
149	006756055	U.E JOSE HERRERA OROPEZA	CARORA	LARA	TORRES	CALLE SAN PEDRO URB LA GUZMANA	4	1954	3	BASICA	1548	T7
150	ODO2011303	U.E VIRGINIA DE ANDRADE	BARQUISIMETO	LARA	IRIBARREN	CALLE 51 ENTRE 24 Y 25	4	1958	3	PRIMARIA	425	T7
151	ODO2011303	U.E VIRGINIA DE ANDRADE	BARQUISIMETO	LARA	IRIBARREN	CALLE 51 ENTRE 24 Y 25	4	1958	3	PREESCOLAR	120	T7
152	ODO0961303	E.B MARIA PEREIRA DAZA	BARQUISIMETO	LARA	IRIBARREN	URB BARORITO ENTRE CALLE 4 Y 9	4	1960	2	PRIMARIA	545	T7
153	S2831D13033	U.E HECTOR CASTILLO REYES	BARQUISIMETO	LARA	IRIBARREN	AV FFAA ENTRE CALES 61 Y 62	4	1947	4	PRIMARIA- SECUNDARIA	1450	T7
154	S024715250	LICEO BOLIVARIANO LISANDRO ALVARADO	BARQUISIMETO	LARA	IRIBARREN	CARRERA 15 ENTRE CALLES 32 Y 33	4	1945	3	SECUNDARIA	1300	
155	ODO2031303	U.E REPUBLICA DE COSTA RICA	BARQUISIMETO	LARA	TORRES	CALLE 31 ENTRE 16 Y 17	4	1945	1	PRIMARIA	665	
156	ODO 7801306	GRUPO ESCOLAR NUEVA SEGOVIA	CABUDARE	LARA	PALAVECINO	AV LIBERTADOR CON CALLE GENERAL	4	1989	3	PRIMARIA	1000	
157	ODO5871304	U.E MATEO LISCANO TORRES	QUIBOR	LARA	JIMÉNEZ	CALLE 11 ENTRE 4 Y 5	4	1951	1	PRIMARIA	1435	
158	ODO6551305	GRUPO ESCOLAR REPUBLICA DOMINICANA	EL TOCUYO	LARA	MORÁN	AV FRATERNIDAD ENTRE CALLE 15 Y 16	4	1941	1	PREESCOLAR- PRIMARIA	704	
159	006736055	U.E JOSE HERRERA OROPEZA	CARORA	LARA	TORRES	CALLE SAN PEDRO URB LA GUZMANIA	4	1972	2	PREESCOLAR	500	T12
160	ODO0291303	E.B MARIA PEREIRA DAZA	BARQUISIMETO	LARA	IRIBARREN	URB BAROTITA ENTRE CALLE 4 Y 9	4	1960	2	PREESCOLAR	146	T12
161	ODO 7801306	GRUPO ESCOLAR NUEVA SEGOVIA	CABUDARE	LARA	PALAVECINO	AV LIBERTADOR CON CALLE GENERAL	4	1974	3	PREESCOLAR	120	T12
162	S2831D13033	U.E HECTOR CASTILLO REYES	BARQUISIMETO	LARA	IRIBARREN	AV FFAA ENTRE CALES 61 Y 62	4	1980	4	PREESCOLAR	120	T12
163	ODO9881300	E.B ALANIAS COTTE	AREVOLES	LARA	TORRES	CALLE REAL CON BOLIVAR	4	1974	2	PRIMARIA	180	T12

N°	COD. DE A	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	N° DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
164	ODO 7801306	GRUPO ESCOLAR NUEVA SEGOVIA	CABUDARE	LARA	PALAVECINO	AV LIBERTADOR CON CALLE GENERAL	4	1989	3	PRIMARIA	1000	T4
165	ODO9681300	E.B ALANIAS COTTE	AREVOLES	LARA	TORRES	CALLE REAL CON BOLIVAR	4	1958	2	SECUNDARIA	440	T4
166	ODO2721412	E.B GLADIS CELINA LOBO	MERIDA	MÉRIDA	LIBERTADOR	AV 1 HOYADA DE MILLA	5	1958	2	MISION SUCRE	351	T10
167	S273D1412	LICEO BOLIVARIANO LIBERTADOR	MERIDA	MÉRIDA	LIBERTADOR	AV BOLIVAR ENTRE CALLES 27 Y 29	6	1046	4	BASICA	1274	
168	01531401-D	C.D ROMULO GALLEGOS	MERIDA	MÉRIDA	LIBERTADOR	FINAL AVENIDA BULEVAR SECTOR SANTA	6	1958	3	BASICA	452	
169	ODO0757412	U.E GENERAL ELEAZAR LOPEZ CONTRERAS	MERIDA	MÉRIDA	LIBERTADOR	CALLE 2 BARRIO SANTA ANA NORTE	5	1979	2	PREESCOLAR BASICA HASTA 9NO GRADO	374	
170	ODO2601412	E.B JUAN RUIZ	MERIDA	MÉRIDA	LIBERTADOR	AV PPAL JHON F KENNEDY FRENTE AL	6	1970	1	BASICA Y SECUNDARIA	513	
171	ODO2031421	U.E.B CLAUDIO VIVAS	TOVAR	MÉRIDA	TOVAR	CALLE 1 NRO 5-90 SECTOR SABANETA	6	1959	3	BASICA	374	
172	OO6737564	E. B. MENCA DE LEONI	GUARENAS	MIRANDA	PLAZA	AV. MARTIN VERA GUERRA, URB. 27 DE FEBRERO	5	1978	1	PRIMARIA	1400	T10
173	ODI6831517	U. E. MIGUELOTERO SILVA	GUARENAS	MIRANDA	PLAZA	AV. FRANCISCO GARCIA, URB. LAS CLAVELLINAS	5	1985	1	2 - 3 - 4 - 5 - 6	923	T10
174	S3122D1510	U. E. N. BOLIVARIANA SIMON BOLIVAR	LOS TEQUES	MIRANDA	GUAICAIPURO	AV. JORGE LOSCH, URB. SIMON BOLIVAR	5	1972	1	PRIMARIA SECUNDARIA	630	T10
175	T-309D-1519	LEONARDO INFANTE, E.T.I.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	CALLE EL LAGO CON PRIMERO DE MAYO, SECTOR	5	1968	2	TECNICA	563	T10
176	T-309D-1519	LEONARDO INFANTE, E.T.I.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	CALLE EL LAGO CON PRIMERO DE MAYO, SECTOR	5	1968	2	TECNICA	563	T10
177	OD00542402	JUAN BAUTISTA PLAZA, E.C.B.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	AVENIDA ROMULO GALLEGOS, PARR.	5	1977	1		0	T10
178	OD00542402	E.B. GABRIEL E. MUÑOZ	HIGEROTE	MIRANDA	BRIÓN	Calle Tocuyito Sector La Perifita	5	1968	1	Primaria	1200	T11
179	OO7913630	U. E. BENITO CANONIGO	GUARENAS	MIRANDA	PLAZA	AV. PRINCIPAL, ZONA 1, URB. LOS NARANJOS	5	1971	2	SECUNDARIA	1200	
180	S00757DO105	ESCUELA TÉCNICA INDUSTRIAL ROQUE PINTO	LOS TEQUES	MIRANDA	GUAICAIPURO	BICENTENARIA, URBANIZACION	5	0	1	SECUNDARIA	1500	
181		COLEGIO AGUSTINIANO SANTO TOMAS DE VILLANUEVA	CARACAS	MIRANDA	BARUTA	CALLE LA CINTA, LAS MERCEDES	5	1954	2	PREESCOLAR, PRIMARIA	850	

Nº	COD. DEA	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	Nº DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
182		COLEGIO AGUSTINIANO SANTO TOMAS DE VILLANUEVA	CARACAS	MIRANDA	BARUTA	CALLE LA CINTA, LAS MERCEDES	5	1954	2	PREESCOLAR, PRIMARIA	850	
183	OD16171519	BELTRAN PRIETO FIGUEROA, U.E.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	AV. ROMULO GALLEGOS, MONTECRITO	5	1953	9	BACHILLERATO	0	
184	OD16171519	BELTRAN PRIETO FIGUEROA, U.E.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	AV. ROMULO GALLEGOS, MONTECRITO	5	1953	9	BACHILLERATO	0	
185	OD16171519	BELTRAN PRIETO FIGUEROA, U.E.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	AV. ROMULO GALLEGOS, MONTECRITO	5	1953	9	BACHILLERATO	0	
186	OD16171519	BELTRAN PRIETO FIGUEROA, U.E.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	AV. ROMULO GALLEGOS, MONTECRITO	5	1953	9	BACHILLERATO	0	
187	OD16171519	BELTRAN PRIETO FIGUEROA, U.E.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	AV. ROMULO GALLEGOS, MONTECRITO	5	1953	9	BACHILLERATO	0	
188	S3290D1519	NUUESTRA SEÑORA DE FATIMA, U.E.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	CALLE DEL CENTRO, Nº 27	5	1952	2		300	
189	S3290D1519	NUUESTRA SEÑORA DE FATIMA, U.E.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	CALLE DEL CENTRO, Nº 27	5	1952	2		300	
190		DON BOSCO, E.T.P.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	CALLE "A", URB. RESIDENCIAL BOLEITA.	5	0	3	DIVERSIFICADO	0	
191		DON BOSCO, E.T.P.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	CALLE "A", URB. RESIDENCIAL BOLEITA.	5	0	3	DIVERSIFICADO	0	
192		DON BOSCO, E.T.P.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	CALLE "A", URB. RESIDENCIAL BOLEITA.	5	0	3	DIVERSIFICADO	0	
193	ODO427519	GABRIELA MISTRAL, P.E.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	AV. MONACO, LA CALIFORNIA	5	1975	1		110	
194	SD69D1519	JOSE CORTES MADARIAGA, E.B.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	AV. MADRID, LA CALIFORNIA NORTE	5	1982	2	BASICO III	450	
195	SD69D1519	JOSE CORTES MADARIAGA, E.B.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	AV. MADRID, LA CALIFORNIA NORTE	5	1982	2	BASICO III	450	
196	5634	COLEGIO PATRIA, U.E.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	AVENIDA LOS MANGOS, Nº 7, LOS CHORROS	5	0	7	MATERNAL, HASTA 2DO CICLO BASICO	0	
197	ODO39715	COSME DAMIAN, E.B.N.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	AVENIDAD MADRID, LA CALIFORNIA	5	1983	1		571	T2
198	OD16171519	CAURIMARE, C.E.T.	CARACAS	MIRANDA	SUCRE	AV. ROMULO GALLEGOS, URB. MONTECRISTO	5	1952	9		0	T4
199	OD17101505	ALMIRANTE BRION LICEO BOLIVARIANO	MAMPORAL	MIRANDA	BUOZ	CALLE MIRANDA, VIA CARRETERA NACIONAL	5	1986	6	SECUNDARIA	1590	T6



N°	COD. DE A	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	N° DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
200	OO6732655	CENTURION	PUNTA DE MATA	MONAGAS	EZEQUIEL ZAMORA	AV. BOLIVAR, NRO. 121, PUNTA DE MATA	6	1950	4	PRIMARIA	610	T7
201	OD01791603	CIUDAD DE LOS TEQUES	CARIPITO	MONAGAS	BOLIVAR	AV. MADARIAGA CON CARUPANO, S/N. LA SABANA	6	1959	5	PRIMARIA	801	T7
202	SOS32D1601	MANUEL PENALVER	SAN ANTONIO	MONAGAS	ACOSTA	CALLE RIVAS, S/N, URB. ROMULO GALLEGOS	6	1986	1	SECUNDARIA	1056	T10
203		MIGUEL VECCHIO MARSIGLIA	CARIPE	MONAGAS	CARIPE	CALLE JUMA, S/N, SECTOR CONCHA DE COCO	6	1976	1	PREESCOLAR-PRIMARIA	900	T10
204	S1620D1603	LICEO BOLIVARIANO FRANCISCO DE MIRANDA	CARIPITO	MONAGAS	BOLIVAR	AV. MADARIAGA, S/N. LA SABANA	7	1977	1	PRIMARIA	1086	T10
205	S28004D1606	GENERAL EZEQUIEL ZAMORA	PUNTA DE MATA	MONAGAS	EZEQUIEL ZAMORA	FINAL CALLE AYACUCHO, SIN NUMERO, PUNTA	6	1986	1	SECUNDARIA	1304	T10
206		JULIAN PADRON	CARIPE	MONAGAS	CARIPE	AV. LAS ORQUIDEAS	6	1984	1	SECUNDARIA	800	T10
207	OO6736900	RAFAEL VILLAVICENCIO	PUNTA DE MATA	MONAGAS	EZEQUIEL ZAMORA	CALLE AYACUCHO, NRO. 121, PUNTA DE	6	1958	1	PREESCOLAR-PRIMARIA	790	T11
208	OD04801610	DOMINGO RAMOS HERNANDEZ	QUIRIQUIRE	MONAGAS	PUNCERES	CALLE LIBERTAD CON CARRIZALES S/N	7	1961	4	BASICA- PREESCOLAR	375	
209		MIGUEL VECCHIO MARSIGLIA	CARIPE	MONAGAS	CARIPE	CALLE JUMA, S/N, SECTOR CONCHA DE COCO	6	1976	1	PREESCOLAR-PRIMARIA	900	T12
210	OD04801610	DOMINGO RAMOS HERNANDEZ	QUIRIQUIRE	MONAGAS	PUNCERES	CALLE LIBERTAD CON CARRIZALES S/N	7	1961	4	BASICA- PREESCOLAR	375	T12
211	S1740D1609	J. I. PALACIO CABELLO	CHAGUARAMA L	MONAGAS	PIAR	CALLE SAN José, S/N, CHAGUARAMAL	7	1958	0	PRIMARIA	766	T12
212		LUIS FELIPE TURMERO CORVO	CAICARA DE MATURIN	MONAGAS	CEDEÑO	AV. BERMUDEZ, CAICARA DE MATURIN	6	1958	6		900	T4
213	4296D1608	LOS GUARITOS	MATURIN	MONAGAS	MATURIN	AV. 4. SECTOR LOS GUARITOS 4	6	2002	3	PRIMARIA	831	T4
214	OO6732655	CENTURION	PUNTA DE MATA	MONAGAS	EZEQUIEL ZAMORA	AV. BOLIVAR, NRO. 121, PUNTA DE MATA	6	1950	4	PRIMARIA	610	T4
215		LUIS FELIPE TURMERO CORVO	CAICARA DE MATURIN	MONAGAS	CEDEÑO	AV. BERMUDEZ, CAICARA DE MATURIN	6	1958	6		900	T8
216	OD01181804	CIUDAD DE GUANARE (E. BOLIVARIANA)	GUANARE	PORTUGUESA	GUANARE	CALLE 26 ESQUINA CARRERA 11	4	1971	5	PREESCOLAR-PRIMARIA	835	T10
217	OD00371808	TRINA DE MORENO GONZALEZ DE NARCISO (UENB)	ACARIGUA	PORTUGUESA	PAEZ	CALLE 2 CON AV 2, URB LA CORTEZA	4	1977	2	PRIMARIA- SECUNDARIA	1220	T10

Nº	COD. DEA	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	Nº DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
218	OD01371808	DOCTOR RAIMUNDO ANDUEZA PALACIOS. UENB	ACARIGUA	PORTUGUESA	PÁEZ	CALLE 24 ENTRE AV 40 Y 40 B BARRIO AMERICA	4	1989	5	PREESCOLAR- PRIMARIA	1011	T10
219	51336D1808	5 DE DICIEMBRE (UEN)	ACARIGUA	PORTUGUESA	PÁEZ	BARRIO NEGRO PRIMERO AV 31 VIA EL	4	1974	1	PRIMARIA	980	T10
220	O07932620	24 DE JULIO	ARAURE	PORTUGUESA	ARAURE	AV. 1. SECTOR 2, URB. 24 DE JULIO	4	1983	1	PRIMARIA - SECUNDARIA	1435	T10
221	S1708D1804	CARLOS EMILIO MUÑOZ ORAA, Liceo Bolivariano	GUANARE	PORTUGUESA	GUANARE	AV. JUAN FERNANDEZ LEON CON CALLE	4	1984	1	SECUNDARIA	812	T10
222	S21385802	JOSE VICENTE UNDA (UEN)	GUANARE	PORTUGUESA	GUANARE	AV UNDA ENTRE CARRERAS 14 Y 15, BARRIO MATURIN	4	1971	1	SECUDARIA TECNICA	1800	T10
223	S213851802	LICEO LIBERTADOR (UEN)	ARAURE	PORTUGUESA	ARAURE	AV. PRINCIPAL, URB. BARAURE 1	4	1983	1	SECUDARIA	731	T10
224	OD00371808	TRINA DE MORENO GONZALEZ DE NARCISO (UENB)	ACARIGUA	PORTUGUESA	PÁEZ	CALLE 2 CON AV 2, URB LA CORTEZA	4	1977	2	PRIMARIA- SECUNDARIA	1220	
225	OD01181804	CIUDAD DE GUANARE (E. BOLIVARIANA)	GUANARE	PORTUGUESA	GUANARE	CALLE 26 ESQUINA CARRERA 11	4	1971	5	PREESCOLAR- PRIMARIA	835	T12
226	OD03191905	MACARAPANA, Liceo Bolivariano	CARUPANO	SUCRE	BERMUDEZ	CALLE PRINCIPAL SECTOR MACARAPANA	7	1995	3	SECUNDARIA	450	T7
227	OD03641910	VIRGINIA BOR. U.E. Bolivariana	IRAPA	SUCRE	MARIÑO	CARRETERA NACIONAL PUEBLO VIEJO	7	1945	1	2, 3 Y 4	420	T7
228	S1100D1909	BERNARDO BERMUDEZ, Liceo Bolivariano	TUNAPUY	SUCRE	LIBERTADOR	URB. ANDRES ELOY BLANCO, TUNAPUY	7	1988	2	SECUNDARIA	902	T10
229	O32	JOSE JESUS MARTIEZ MATA, Escuela	CARUPANO	SUCRE	BERMUDEZ	FINAL CALLE LIBERTAD, SI UMERO	7	1963	1	2, 3, Y 4	489	T10
230	ODO1481914	LUIS ANTONIO MORALES, U.E	CUMANA	SUCRE	SUCRE	SECTOR 3. URB. BRASIL	6	1976	1	PRIMARIA	1328	T10
231	OD04951911	LUISA BLANCO DE RAMIREZ, U.E.N.	SAN ANTONIO DEL GOLFO	SUCRE	MEJÍA	CALLE SAN JOSÉ, SAN ANTONIO DEL GOLFO	6	1961	1	PREESCOLAR SECUNDARIA	554	T10
232	ODO04491915	MANUEL ISAVA, U.E Bolivariana	GUIRIA	SUCRE	VALDEZ	CALLE VIGIRIMA, SIN NUMERO	7	1940	1	PRIMARIA	800	T10
233	17007911460	SALVADOR CORDOVA	ARAYA	SUCRE	CRUZ SALMERÓN ACOSTA	CALLE EL HOSPITAL, FRENTE AL	7	1982	1	SECUNDARIA	1400	T10
234	OD03191905	EUSTOQUIA SOLEDAD LUIGGI, U.E.B. Bolivariana	CARUPANO	SUCRE	BERMUDEZ	CALLE PRINCIPAL, SECTOR	7	1955	1		529	T11
235	O07912050	JOSE MARIA CARRERA, Liceo Bolivariano	CASANAY	SUCRE	ANDRÉS ELOY	CALLE LAS MARGARITAS ENTRE CALLES	6	1975	1	SECUDARIA	1410	T11

N°	COD. DEA	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	N° DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
236	ODO4081903	DON NICOLAS FLORES, U.E	RIO CARIBE	SUCRE	ARISMENDI	CALLE LIBERTAD, SIN NUMERO	7	1935	3	2, 3, 4, 5, 6	384	T11
237	S0367D1914	ANTONIO JOSE DE SUCRE, Liceo	CUMANA	SUCRE	SUCRE	CALLE GENERAL SALOMI, FRENTE A LA CATEDRAL	6	1945	1	SECUNDARIA	746	
238	ODO3131905	ESTOQUIA LUIGGI, U.E.E	CARUPANO	SUCRE	BERMÚDEZ	VEREDA PRINCIPAL, URB. EL VALLE	7	1982	1	SECUNDARIA	314	
239	OD014951914	NUEVA ANDALUCIA, U.E	CUMANA	SUCRE	SUCRE	CALLE PRINCIPAL DE MIRAMAR, PARROQUIA	6	1970	1	PREESCOLAR SECUNDARIA	1100	
240	S1561D1914	REPUBLICA DE ARGENTINA, U.E	CUMANA	SUCRE	SUCRE	CALLE SUCRE, CASA SIN NUMERO, A LADO FINAL CALLE	6	1945	1	PREESCOLAR SECUNDARIA	2384	
241	SO373D1910	SANTIAGO MARIÑO, Liceo Bolivariano	IRAPA	SUCRE	MARIÑO	MADARIAGA, SIN NUMERO	7	1978	2	1 a 5 to	1051	
242	OD06830321	DOMINGO GUZMÁN LANDER, U.E.	CUMANA	SUCRE	SUCRE	CALLE BUENOS AIRES CRUCE CON CALLE	6	1963	4	JNI. 6 GRADO	715	
243	S1208D1914	VICENTE DE SUCRE Y URBANEJA, E.T.R.C	CUMANA	SUCRE	SUCRE	URB. BRASIL, SECTOR 1	6		3	E.T.R.C.	1111	
244	ODO4181904	MIGUEL SANCHEZ PESQUERA	EL PILAR	SUCRE	BENÍTEZ	CALLE CAFÉ, SIN COMUNIDAD LOS ARROYOS	6	1960	2	2, 3, Y 4	276	T5
245	S1157D2023	ANTONIO ROMULO COSTA	SAN CRISTOBAL	TÁCHIRA	SAN CRISTOBAL	PASAJE CUMANACOA ENTRE CALLES 12	6	0	1	SECUNDARIA	960	T10
246	S0956D2023	MONSEÑOR SAN MIGUEL	SAN CRISTOBAL	TÁCHIRA	SAN CRISTOBAL	AV. PRINCIPAL, FRENTE A HIDROSUROESTE,	6	1971	1	SECUNDARIA	914	T10
247	S0384D2023	SIMON BOLIVAR	SAN CRISTOBAL	TÁCHIRA	SAN CRISTOBAL	ENTRE CARRERAS 12 Y 13 ENTRE CALLES 10	6	1915	3	SECUNDARIA	1304	T10
248	S0384D2023	SIMON BOLIVAR	SAN CRISTOBAL	TÁCHIRA	SAN CRISTOBAL	ENTRE CARRERAS 12 Y 13 ENTRE CALLES 10	6	1915	3	SECUNDARIA	1304	T10
249	OD01002023	PABLO EMILIO GAMBOA PEÑALOZA	SAN CRISTOBAL	TÁCHIRA	SAN CRISTOBAL	CALLE JUAN MALDONADO, URB. PIRINEOS	6	1959	1	PRIMARIA	340	T11
250	SO76D2402	ARMANDO REVERON	CATIA LA MAR	VARGAS	VARGAS	AV. PRINCIPAL, URB. GUARACARUMBO	5	1968	1		1145	
251	OD00542402	GUARACARUMBO	CATIA LA MAR	VARGAS	VARGAS	AV. PRINCIPAL, URB. GUARACARUMBO	5	1975	1		700	
252	ODO0952403	EUGENIO MARIA DE HOSTOS	MAIQUETIA	VARGAS	VARGAS	PROLONGACION 10 DE MARZO DETRÁS DEL	5	1961	1	2 Y 3	387	
253	240162	REPUBLICA DELSALVADOR	MAIQUETIA	VARGAS	VARGAS	CALLE OESTE, PADRE MACHADO,	5	0	2	2 Y 3	900	

Nº	COD. DEA	NOMBRE	CIUDAD	ESTADO	MUNICIPIO	DIRECCION	ZONA SISMICA	AÑO CONST	Nº DE EDF	MODALIDAD	MATRICULA	TIPOLOGIA
254	S00757DO105	EMILIO GIMON STENLING	Catia la Mar	VARGAS	VARGAS	Calle Sucre, entrada al Barrio Mirabal	5	1984	1	1 Y 2	1367	
255	S2145D22210	LAUREANO VILLANUEVA	YARITAGUA	YARACUY	PEÑA	AV. TROXADERO, CARRERA 10 ENTRE CALLES 4	4	1960	2	PRIMARIA SECUNDARIA	1252	T7
256	OD04032305	INDEPENDENCIA	SAN FELIPE	YARACUY	INDEPENDENCIA	AV. 8 ENTRE CALLES 32 Y 33, SECTOR LA	4	1959	1	PRIMARIA SECUNDARIA	820	T11
257	S2145D22210	LAUREANO VILLANUEVA	YARITAGUA	YARACUY	PEÑA	AV. TROXADERO, CARRERA 10 ENTRE CALLES 4	4	1960	2	PRIMARIA SECUNDARIA	1252	T12

## **Anexo 3.2**

Sistema de Información Estructural de Edificaciones Educativas (SIEED)





Figura A.1.3.1. Menú principal de SIEED.

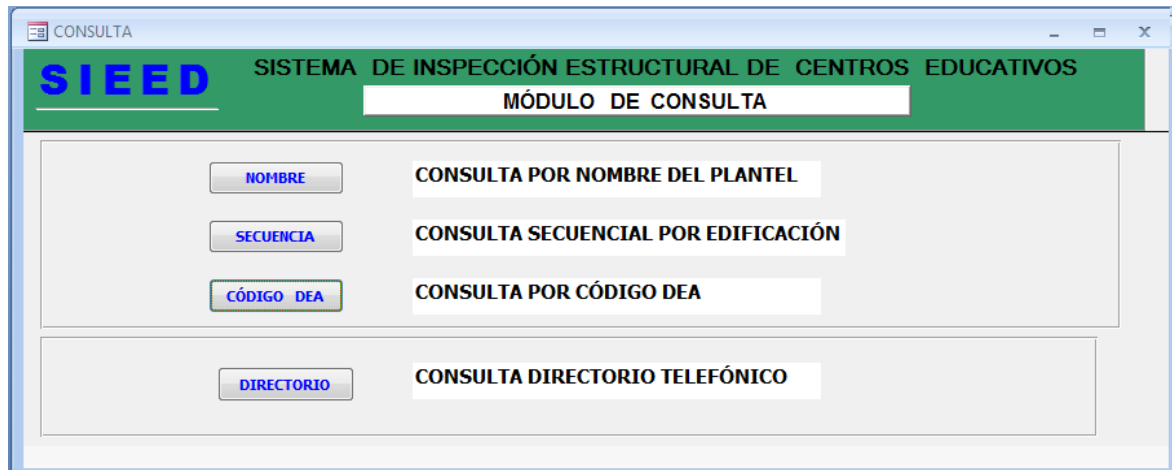


Figura A.1.3.2. Menú de consulta del SIEED.

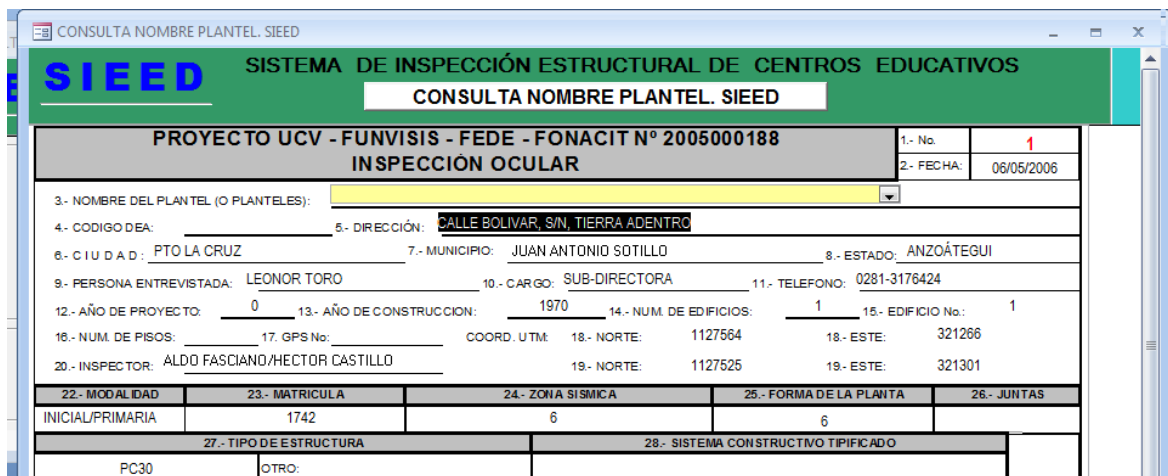


Figura A.1.3.3. Formato de planilla digital de consulta por nombre del SIEED.

CONSULTA NOMBRE PLANTEL. SIEED

**SIEED SISTEMA DE INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE CENTROS EDUCATIVOS**

**CONSULTA NOMBRE PLANTEL. SIEED**

DETALLES DE LA ESTRUCTURA										
29.- SISTEMA RESISTENTE A SISMO EN LAS DOS DIRECCIONES					42.- CONSTRUIDO EN LADERA					
DIRECCIONES PRINCIPALES EN PLANTA					CORTA	LARGA	43.- CERCANÍA A TALUD			
30.- DIMENSIONES TÍPICAS DE ELEMENTOS (cm)					COLUMNAS	35x35	35x35	44.- CONCENTRACIÓN DE MASA EN PISOS SUPERIORES		
					VIGAS	70x35	BLOQUE CONCRETO			
					MUROS		BLOQUE ARCILLA			
31.- NÚMERO DE VANOS					6	5	45.- TABIQUERÍA EMPLEADA			
32.- LUCES DE VANOS TÍPICAS (cm)					720	720	LADRILLO			
33.- ALTURA DE ENTREPISO TÍPICA (cm)					275		FRISADA			
34.- PRESENCIA DE VOLADOS (dimensión típica en cm)					0	235	OTRO (ESPECIFIQUE):			
35.- PRESENCIA DE ENTRANTES (dimensión típica en cm)					0	0	INDICADORES DE DETERIORO DE LA ESTRUCTURA			
36.- PRESENCIA DE SALENTES (dimensión típica en cm)					0	0	46.- AGRIETAMIENTO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES			
37.- ENTREPISO BLANDO					<input checked="" type="checkbox"/>		47.- AGRIETAMIENTO EN TABIQUERÍA			
38.- DISCONTINUIDAD VERTICAL. SISTEMA RESISTENTE A SISMOS					<input checked="" type="checkbox"/>		48.- ACERO DE REFUERZO EXPUESTO			
					<input type="checkbox"/>		49.- CORROSIÓN EN EL ACERO			
39.- COLUMNA CORTA					No. DE COLUMNAS EN FACHADA	7	6	50.- DEFLEXIONES EXCESIVAS		
					No. DE COLUMNAS INTERNAS	6		51.- DETERIORO EN UNIONES		
					ALTURAS LIBRES TÍPICAS (cm)	130		52.- ASENTAMIENTO DE LAS FUNDACIONES		
40.- POSIBILIDAD DE GOLPETEO ENTRE EDIFICIOS					LOSAS A IGUAL COTA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	53.- ESTADO GENERAL DE MANTENIMIENTO		
					LOSAS A DIFERENTES COTAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MALO		
					ENTREP.		TECHO	<input checked="" type="checkbox"/>		
41.- TIPO DE ENTREPISO Y TECHO					LIIVANO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	54.- EVIDENCIA DE REPARACIONES		
					NERVADA DE CONCRETO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	55.- EVIDENCIA DE REFUERZO DE LA ESTRUCTURA		
					MACIZA DE CONCRETO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	56.- OTRO (ESPECIFIQUE):		
					TIPO LOSA ACERO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
					TABELONES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

COMENTARIO:

Figura A.1.3.4. Formato de planilla digital de consulta por nombre del SIEED (continuación).

CONSULTA CÓDIGO DEA. SIEED

**SIEED SISTEMA DE INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE CENTROS EDUCATIVOS**

**CONSULTA CÓDIGO DEA. SIEED**

**PROYECTO UCV - FUNVISIS - FEDE - FONACIT N° 2005000188**

**INSPECCION OCULAR**

1.- No. **1**  
2.- FECHA: **06/05/2006**

3.- NOMBRE DEL PLANTEL. (O PLANTELES): **INES MARIA POTENTINI**

4.- CODIGO DEA: **006430410**  
5.- DIRECCIÓN: **CALLE BOLIVAR, S/N, TIERRA ADENTRO**

6.- CIUDAD: **PTO. LUIS CRISTÓBAL**  
7.- MUNICIPIO: **JUAN ANTONIO SOTILLO**  
8.- ESTADO: **ANZOÁTEGUI**

9.- PERSONA ENTREVISTADA: **006736055**  
10.- CARGO: **SUB-DIRECTORA**  
11.- TELEFONO: **0281-3176424**

12.- AÑO DE PROYECTO: **01531401-D**  
13.- AÑO DE CONSTRUCCIÓN: **1970**  
14.- NUM. DE EDIFICIOS: **1**  
15.- EDIFICIO N°: **1**

16.- NUM. DE PISOS: **0006820321**  
17.- COORD. UTM: **18-NORTE: 1127564**  
18.- NORTE: **1127564**  
19.- NORTE: **1127525**  
19.- ESTE: **321301**

20.- INSPECTOR: **ALD 0002601412**  
21.- ESTADISTAS: **0002721412**

22.- MODALIDAD: **0002721412**  
23.- ZONA SISMICA: **6**  
24.- FORMA DE LA PLANTA: **6**  
25.- JUNTAS: **6**

26.- INICIAL/PRIMARIA: **17007911460**  
27.- PC30: **240162**  
28.- SISTEMA CONSTRUCTIVO TIPIFICADO: **4296D1608**

29.- MODALIDAD: **50017D0101**  
30.- PC30: **50603D0101**  
31.- MODALIDAD: **50672D0104**

DETALLES DE LA ESTRUCTURA										
29.- SISTEMA RESISTENTE A SISMO EN LAS DOS DIRECCIONES					42.- CONSTRUIDO EN LADERA					
DIRECCIONES PRINCIPALES EN PLANTA					CORTA	LARGA	43.- CERCANÍA A TALUD			
30.- DIMENSIONES TÍPICAS DE ELEMENTOS (cm)					COLUMNAS	35x35	35x35	44.- CONCENTRACIÓN DE MASA EN PISOS SUPERIORES		
					VIGAS	70x35	BLOQUE CONCRETO			
					MUROS		BLOQUE ARCILLA			
31.- NÚMERO DE VANOS					6	5	45.- TABIQUERÍA EMPLEADA			
32.- LUCES DE VANOS TÍPICAS (cm)					720	720	LADRILLO			
33.- ALTURA DE ENTREPISO TÍPICA (cm)					275		FRISADA			
34.- PRESENCIA DE VOLADOS (dimensión típica en cm)					0	235	OTRO (ESPECIFIQUE):			
35.- PRESENCIA DE ENTRANTES (dimensión típica en cm)					0	0	INDICADORES DE DETERIORO DE LA ESTRUCTURA			
36.- PRESENCIA DE SALENTES (dimensión típica en cm)					0	0	46.- AGRIETAMIENTO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES			
37.- ENTREPISO BLANDO					<input checked="" type="checkbox"/>		47.- AGRIETAMIENTO EN TABIQUERÍA			
38.- DISCONTINUIDAD VERTICAL. SISTEMA RESISTENTE A SISMOS					<input checked="" type="checkbox"/>		48.- ACERO DE REFUERZO EXPUESTO			
					<input type="checkbox"/>		49.- CORROSIÓN EN EL ACERO			
39.- COLUMNA CORTA					No. DE COLUMNAS EN FACHADA	7	6	50.- DEFLEXIONES EXCESIVAS		
					No. DE COLUMNAS INTERNAS	6		51.- DETERIORO EN UNIONES		
					ALTURAS LIBRES TÍPICAS (cm)	130		52.- ASENTAMIENTO DE LAS FUNDACIONES		
40.- POSIBILIDAD DE GOLPETEO ENTRE EDIFICIOS					LOSAS A IGUAL COTA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	53.- ESTADO GENERAL DE MANTENIMIENTO		
					LOSAS A DIFERENTES COTAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MALO		
					ENTREP.		TECHO	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figura A.1.3.5. Formato de planilla digital de consulta por código DEA del SIEED.



Figura A.1.3.6. Menú de consulta del directorio telefónico DEA del SIEED.

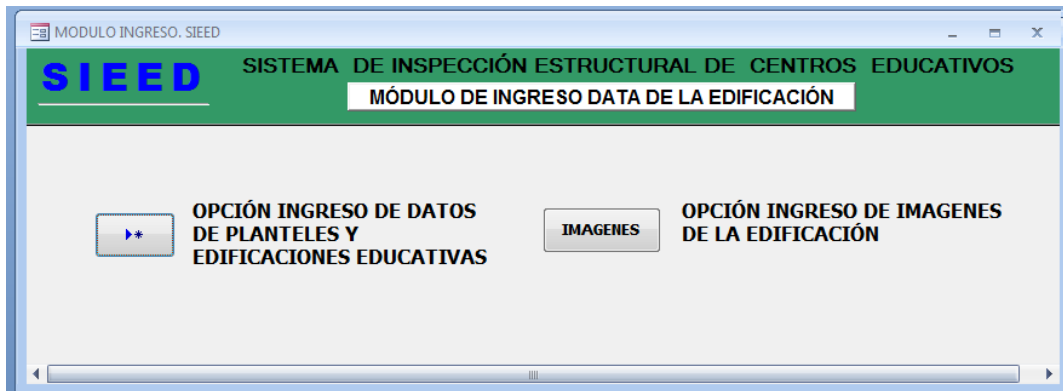


Figura A.1.3.7. Módulo de Ingreso de nuevos datos del SIEED.

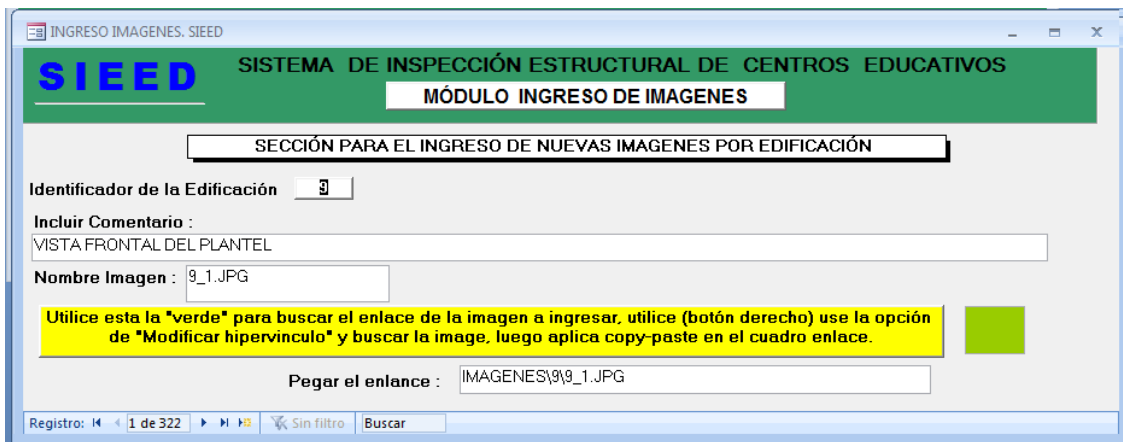


Figura A.1.3.8. Módulo de Ingreso de imágenes del SIEED.

INGRESO PLANTEL. SIEED

**SIEED** SISTEMA DE INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE CENTROS EDUCATIVOS  
MÓDULO DE INGRESO DE DATA DEL PLANTEL EDUCATIVO

IDENTIFICACIÓN DEL PLANTEL

INDIQUE LA IDENTIFICACIÓN PLANTEL:

<b>PROYECTO UCV - FUNVISIS - FEDE - FONACIT N° 2005000188</b>		1.- No. <input type="text"/>
<b>INSPECCIÓN OCULAR</b>		2.- FECHA: <input type="text"/>

3.- NOMBRE DEL PLANTEL (O PLANTE)

4.- CODIGO DEA:  5.- DIRECCIÓN:

6.- C I U D A D :  7.- MUNICIPIO:  Actualizar 8.- ESTADO:

9.- PERSONA ENTREVISTAD  10.- CARGO  11.- TELEFONO:

12.- AÑO DE PROYECT  13.- AÑO DE CONSTRUCCION  14.- NUM. DE EDIFICIOS:  15.- EDIFICIO No.:

16.- NUM. DE PISC  17. GPS N  COORD. UTM 18.- NORTE:  18.- ESTE

20.- INSPECTOR:  19.- NORTE:  19.- ESTE

22.- MODALIDAD  23.- MATRICULA  24.- ZONA SISMICA

CENTROIDE N:   
CENTROIDE E:

NOTA : SE RECOMIENDA ESCRIBIR LOS TEXTOS EN MAYÚSCULAS  **INDIQUE SI HA VERIFICADO TODOS LOS DATOS**

Cerrar Ventana para volver al Menú Principal

Sistema diseñado y desarrolla Versión 1.0 - CENAMB - Caracas. 2008

Registro: 1 de 1 Sin filtro Buscar

Figura A.1.3.9. Módulo de Ingreso de datos de identificación de la escuela del SIEED.

INGRESO EDIFICACION. SIEED

**SIEED** SISTEMA DE INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE CENTROS EDUCATIVOS  
MÓDULO DE INGRESO DATA DE LA EDIFICACIÓN

INFRAESTRUCTURA DEL PLANTEL I. **INFRAESTRUCTURA DEL PLANTEL II.** COMENTARIOS

1) INDICAR NUM DEL EDIFICIO:  2) SELECCIONE DATO:  IDENTIFICACIÓN PLANTEL:

25.- FORMA DE LA PLANTA <input type="text"/>	26.- JUNTAS <input type="checkbox"/> SI / NO	27.- TIPO DE ESTRUCTURA <input type="text" value="PC30"/>	28.- SISTEMA CONSTRUCTIVO TIFICADO <input type="text"/>
--	--	---	---

**DETALLES DE LA ESTRUCTURA**

29.- SISTEMA RESISTENTE A SISMO EN LAS DOS DIRECCIONES	<input type="checkbox"/>	42.- CONSTRUIDO EN LADERA	<input type="checkbox"/>	
DIRECCIONES PRINCIPALES EN PLANTA	CORTA <input type="text"/>	LARGA <input type="text"/>	43.- CERCAÑA A TALUD	<input type="checkbox"/>
30.- DIMENSIONES TÍPICAS DE ELEMENTOS (cm)	COLUMNAS <input type="text" value="35x35"/>	35x35	44.- CONCENTRACIÓN DE MASA EN PISOS SUPERIORES	<input checked="" type="checkbox"/>
	VIGAS <input type="text" value="70x35"/>		BLOQUE CONCRETO	<input type="checkbox"/>
	MUROS <input type="text"/>		BLOQUE ARCILLA	<input checked="" type="checkbox"/>
31.- NÚMERO DE VAHOS	6	5	45.- TABIQUERÍA EMPLEADA	LADRILLO <input type="checkbox"/>
32.- LUCES DE VAHOS TÍPICAS (cm)	720	720	FRISADA	<input checked="" type="checkbox"/>
33.- ALTURA DE ENTREPISO TÍPICA (cm)	275		OTRO (ESPECIFIQUE): <input type="text"/>	
34.- PRESENCIA DE VOLADOS (dimensión típica en cm)	0	235	<b>INDICADORES DE DETERIORO DE LA ESTRUCTURA</b>	
35.- PRESENCIA DE ENTRAITES (dimensión típica en cm)	0	0	46.- AGRIETAMIENTO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES	LOCALIZ. <input type="checkbox"/>
36.- PRESENCIA DE SALIENTES (dimensión típica en cm)	0	0	47.- AGRIETAMIENTO EN TABIQUERÍA	GENERALIZ. <input checked="" type="checkbox"/>
37.- ENTREPISO BLAINDO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	48.- ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	<input type="checkbox"/>
38.- DISCONTINUIDAD VERTICAL SISTEMA RESISTENTE A SISMOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	49.- CORROSIÓN EN EL ACERO	<input checked="" type="checkbox"/>

Cerrar Ventana para volver al Menú Principal

Sistema diseñado y desarrolla Versión 1.0 - CENAMB - Caracas. 2008

Registro: 1 de 572 Sin filtro Buscar

Figura A.1.3.10. Módulo de Ingreso de datos del edificio de la escuela del SIEED parte I.

**SIECE SISTEMA DE INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE CENTROS EDUCATIVOS**  
**MÓDULO DE INGRESO DATA DE LA EDIFICACIÓN**

INFRAESTRUCTURA DEL PLANTEL I.    INFRAESTRUCTURA DEL PLANTEL II.    COMENTARIOS

39.- COLUMNA CORTA	No. DE COLUMNIAS EIFACHADA	7	6	50.- DEFLEXIONES EXCESIVAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	No. DE COLUMNIAS INTERNAS	6		51.- DETERIORO EN UNIONES	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	ALTURAS LIBRES TÍPICAS (cm)	130		52.- ASENTAMIENTO DE LAS FUNDACIONES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
40.- POSIBILIDAD DE GOLPETEO ENTRE EDIFICIOS	LOSAS A IGUAL COTA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	53.- ESTADO GENERAL DE MANTENIMIENTO	MALO		
	LOSAS A DIFERENTES COTAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
41.- TIPO DE ENTREPISO Y TECHO	LIVIANO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	54.- EVIDENCIA DE REPARACIONES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	PESADO	HERVADA DE CONCRETO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	55.- EVIDENCIA DE REFUERZO DE LA ESTRUCTURA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		MACIZA DE CONCRETO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	56.- OTRO (ESPECIFIQUE):		
		TIPO LOSA ACERO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		TABERONES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					

Cerrar Ventana para volver al Menú Principal    1) Guardar Datos    2) Agregar Otra Edificación

Sistema diseñado y desarrolla Versión 1.0 - CENAMB - Caracas. 2008

Registro: 1 de 572    Sin filtro    Buscar

Figura A.1.3.11. Módulo de Ingreso de datos del edificio de la escuela del SIEED parte II.

**SIECE SISTEMA DE INSPECCIÓN ESTRUCTURAL DE CENTROS EDUCATIVOS**  
**MÓDULO DE INGRESO DATA DE LA EDIFICACIÓN**

INFRAESTRUCTURA DEL PLANTEL I.    INFRAESTRUCTURA DEL PLANTEL II.    COMENTARIOS

COMENTARIOS :

Cerrar Ventana para volver al Menú Principal    1) Guardar Datos    2) Agregar Otra Edificación

Sistema diseñado y desarrolla Versión 1.0 - CENAMB - Caracas. 2008

Registro: 1 de 572    Sin filtro    Buscar

Figura A.1.3.12. Módulo de Ingreso de datos del edificio de la escuela del SIEED parte III.



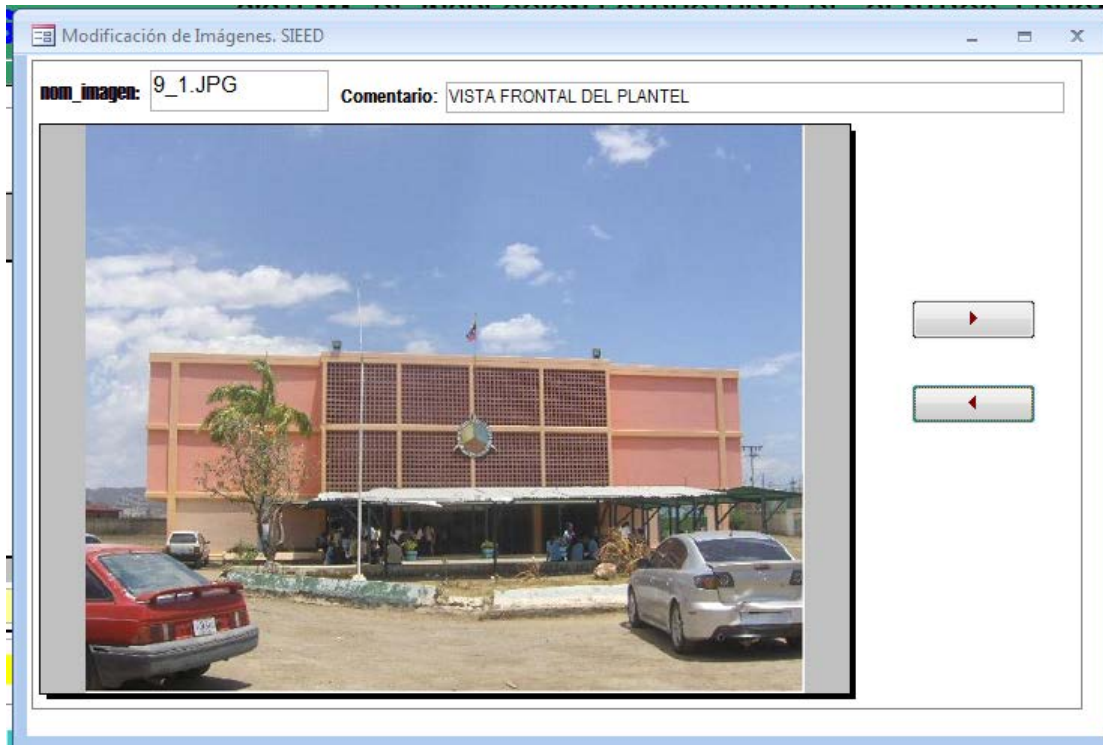


Figura A.1.3.13. Módulo para modificar imágenes del SIEED.

## **Anexo 3.3**

### Ejemplo de Inspección

PROYECTO UCV - FUNVISIS - FEDE - FONACIT N° 2005000188				1.- No.	06	
INSPECCIÓN OCULAR				2.- FECHA:	17/07/2008	
3.- NOMBRE DEL PLANTEL (O PLANTELES): U.E.B CLAUDIO VIVAS						
4.- CODIGO DEA: ODO2031421		5.- DIRECCIÓN: CALLE 1 NRO 5-90 SECTOR SABANETA				
6.- CIUDAD: TOVAR		7.- MUNICIPIO: TOVAR		8.- ESTADO: MERIDA		
9.- PERSONA ENTREVISTADA: ALEJANDRO PICON		10.- CARGO: DIRECTOR		11.- TELEFONO: 0416- 4701553		
12.- AÑO DE PROYECTO: 0		13.- AÑO DE CONSTRUCCIÓN: 1959		14.- NUM. DE EDIFICIOS: 1		
15.- EDIFICIO No.: 3		16.- NUM. DE PISOS:		17.- GPS No:		
18.- NORTE: 922418		19.- NORTE: 22374		20.- INSPECTOR:		
21.- ESTE: 196955		22.- ESTE: 196989		23.- MATRÍCULA: 374		
24.- ZONA SISMICA: 6						
25.- FORMA DE LA PLANTA: 0		26.- JUNTAS: <input checked="" type="checkbox"/>		27.- TIPO DE ESTRUCTURA: PC30		
28.- SISTEMA CONSTRUCTIVO TIPIFICADO:						
DETALLES DE LA ESTRUCTURA						
29.- SISTEMA RESISTENTE A SISMO EN LAS DOS DIRECCIONES			<input type="checkbox"/>			
DIRECCIONES PRINCIPALES EN PLANTA			CORTA	LARGA		
30.- DIMENSIONES TÍPICAS DE ELEMENTOS (cm)	COLUMNIAS	20	30	42.- CONSTRUIDO EN LADERA <input type="checkbox"/>		
	VIGAS	20	40	43.- CERCAÑA A TALUD <input checked="" type="checkbox"/>		
	MUROS			44.- CONCENTRACIÓN DE MASA EN PISOS SUPERIORES <input type="checkbox"/>		
31.- HORMERO DE VANOS			1	12	45.- TABICUERA EMPLEADA <input type="checkbox"/>	
32.- LUCES DE VANOS TÍPICAS (cm)			0	420		BLOQUE CONCRETO <input checked="" type="checkbox"/>
33.- ALTURA DE ENTREPISO TÍPICA (cm)			260			BLOQUE ARCILLA <input type="checkbox"/>
34.- PRESENCIA DE VOLADOS (dimensión típica en cm)				230	LADRILLO <input type="checkbox"/>	
35.- PRESENCIA DE ENTRANTES (dimensión típica en cm)					FRISADA <input type="checkbox"/>	
36.- PRESENCIA DE SALIENTES (dimensión típica en cm)					OTRO (ESPECIFIQUE): <input type="checkbox"/>	
37.- ENTREPISO BLANDEO			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INDICADORES DE DETERIORO DE LA ESTRUCTURA LOCALIZ. GENERALIZ.	
38.- DISCONTINUIDAD VERTICAL SISTEMA RESISTENTE A SISMOS			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		46.- AGRIETAMIENTO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES <input type="checkbox"/>
39.- COLUMBIA CORTA				13		47.- AGRIETAMIENTO EN TABICUERA <input type="checkbox"/>
Hs. DE COLUMNAS EN FACHADA				13		48.- ACERO DE REFUERZO EXPUESTO <input type="checkbox"/>
Hs. DE COLUMNAS INTERNAS			13		49.- CORROSIÓN EN EL ACERO <input type="checkbox"/>	
ALTURAS LIBRES TÍPICAS (cm)				128	50.- DEFLEXIONES EXCESIVAS <input type="checkbox"/>	
40.- POSIBILIDAD DE GOLPETEO ENTRE EDIFICIOS			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	51.- DETERIORO EN UNIONES <input type="checkbox"/>	
LOSAS A IGUAL COTA			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	52.- ASENTAMIENTO DE LAS FUNDACIONES <input type="checkbox"/>	
LOSAS A DIFERENTES COTAS			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	53.- ESTADO GENERAL DE MAINTENIMIENTO BUENO	
41.- TIPO DE ENTREPISO Y TECHO			ENTREP.	TECHO	54.- EVIDENCIA DE REPARACIONES <input type="checkbox"/>	
LIVIANO			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	55.- EVIDENCIA DE REFUERZO DE LA ESTRUCTURA <input type="checkbox"/>	
	PESADO	HERVADA DE CONCRETO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	56.- OTRO (ESPECIFIQUE):	
		MACIZA DE CONCRETO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		TIPO LOSA ACERO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
TABELONES		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			





















COMENTARIO:

### Comentarios






- 1.- La presente Edificación se encuentra asentada en la parte media de un talud, presenta modelado terrestre por la acción hidrometeorológica, perdida de la capa superficial que sustenta a los árboles, en área de la cancha tienen las raíces superficiales
- 2.- Se evidencio agrietamiento puntual en mamposterías de las paredes de algunos salones, áreas de los baños, y administrativas.
- 3.- Manchas de humedad en la parte interna de algunos salones y parte posterior de la edificación..
- 4.- En todos los salones predominan las columnas cortas como lo muestra la foto Nro. 08
- 5.- En la parte Noroeste, se encuentran unos elementos estructurales que tienen mas de 5 años según personal docentes, los cuales no han sido terminado
- 6.- En la grafica Nro. 20 se puede observar la tanquilla de acometida eléctrica llena de agua, esta se encuentra próxima a un preescolar.

**E. B. CLAUDIO VIVAS**

EDO. MERIDA

			
01.- Fachada Norte	02.- Fachada Sureste	03.- Vista Fachada Sur	04.- Vista del núcleo escaleras
			
05.- Vista de la separación entre la mampostería y elementos estructurales	06.- Vista General de pasillo 1er nivel	07.- Vista general del pasillo 2do. Nivel.	08.- Vista de la columna corta, se presenta en todos los salones
			
09.- Concentración de masa en la placa techo	10.- Otra vista de la concentración de masa en la placa techo	11.- Separación en mampostería y elemento estructural	12.- Vista de un leve asentamiento de terreno
			
13.- Grieta horizontal en la mampostería	14.- Grieta en placa techo	15.- Grietas en columnas	16.- Vista general de salón predominante
			
17.- Vista de talud próximo a la edificación.	18.- Vista general de la entrada principal a la edificación.	19.- Vista de la cancha	20.- Vista de la tanquilla de acometida eléctrica, la cual está llena de agua.



PROYECTO IMME - FUNVISIS - FEDE - FONACIT N° 2005000188																					
REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES ESCOLARES DE VENEZUELA																					
REPORTE DE ESCUELAS PRIORITARIAS																					
1.- NOMBRE DEL PLANTEL (O PLANTELES): P.E. CLAUDIO VIVAS										FECHA:		24/08/2010									
2.- CÓDIGO DEA: 0001891421			3.- CÓDIGO ESTAD: 140921		COORD. UTM:		4.- NORTE: 922418		5.- ESTE: 196955												
6.- ESTADO: MERIDA			7.- MUNICIPIO: TOVAR			8.- PARROQUIA: TOVAR															
9.- LOCALIDAD: Tovar (Capital)			10.- DIRECCIÓN: CALLE 1 N. 5-90 SABANETA TOVAR																		
11.- DIRECTOR: MARTHA PRAGEDES CASTELLANO MOLINA			12.- Teléfono: 0416-4701553																		
13.- CROQUIS																					
																					
14.- MODALIDAD			15.- TURNO:			16.- MATRÍCULA			17.- NUM. DE PISOS:												
Educación Inicial			Mañana - Tarde			374			2												
18.- NUM. DE EDIFICIOS		19.- ESTADO GENERAL DE MANTENIMIENTO				20.- AÑO DE CONSTRUCCIÓN			21. ZONA SISMICA (COVENIN 1798 - 2501)												
1		Bueno				1959			5												
22.- FORMA DE LA PLANTA					23.- SISTEMA CONSTRUCTIVO TIPIFICADO																
H	L	U	T	■	□	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	Antiguo I		
	X											X									
DETALLES DE LA ESTRUCTURA																					
24.- SISTEMA RESISTENTE A SISMO EN LAS DOS DIRECCIONES										SI		NO		X		BLOQUE CONCRETO			X		
(A = DIRECCIÓN CORTA					B = DIRECCIÓN LARGA)					A		B		26.- TABIQUERÍA EMPLEADA			BLOQUE ARCILLA				
25.- DIMENSIONES TÍPICAS DE ELEMENTOS (m)					COLUMNAS		20		30		LADRILLO										
					VIGAS		20		40		FRISADA										
					MURDOS		-		-		OTRO										
27.- REFERENCIAS:										28.- OBSERVACIONES:											
CENAMB - UCV (FOTOS) FEDE Registro Escolar Nacional 2005-MPPE										Escuela similar a la Valentín Valiente que colapso debido al sismo de Caracas de 1957											
ELABORADO POR:										Gustavo Coronel D. (Edición)				Oscar A. López (Coordinador)				Yeslin Azañe (Colaboradora)			
 INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES FI - UCV						 FUNDACIÓN VENEZOLANA DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS MPPECT.						 FUNDACIÓN DE EDIFICACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS MPPE						ANEXOS			
																				1	

## **Anexo 3.4**

### Escuelas Prioritarias

### A.3.4.1.- Escuelas Prioritarias Tipo Antiguo I

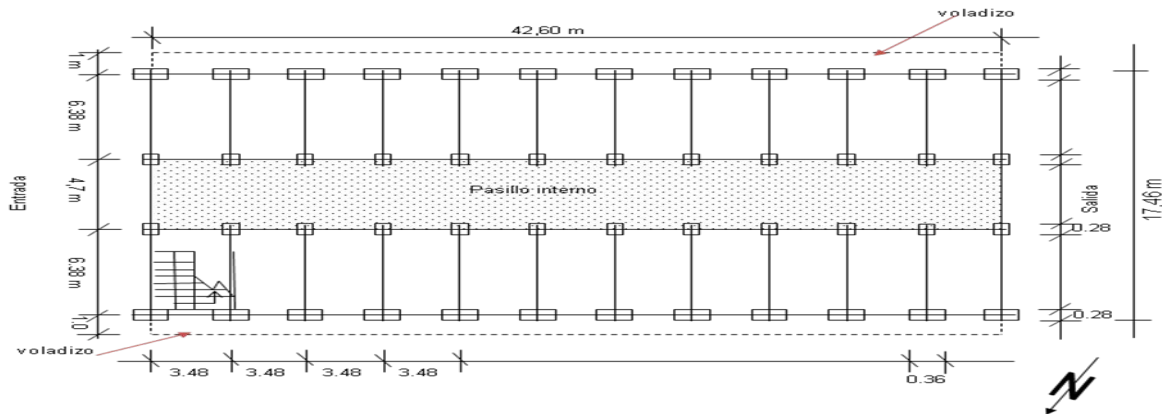


**E. B. CLAUDIO VIVAS , EDO. MERIDA, MUNICIPIO TOVAR.**



**E.B RODOLFO MAURARA, EDO. ANZOATEGUI, PUERTO LA CRUZ.**





**U.E. MONSEÑOR ALVAREZ, EDO. ANZOATEGUI, CLARINES.**



**U.E LUIS ALEJANDRO ALVARADO, EDO. ARAGUA, CAGUA.**



**U.E.N REPUBLICA DE COLOMBIA, EDO. ARAGUA, PALO NEGRO.**



**U.E.N AIME BONBLAND, EDO. ARAGUA, ZAMORA.**



**ESCUELA BOLIVARIANA BARINITAS, EDO. BARINAS, BARINITAS.**



**ESCUELA BOLIVARIANA JUAN ESCALONA, EDO. BARINAS, BARINAS.**

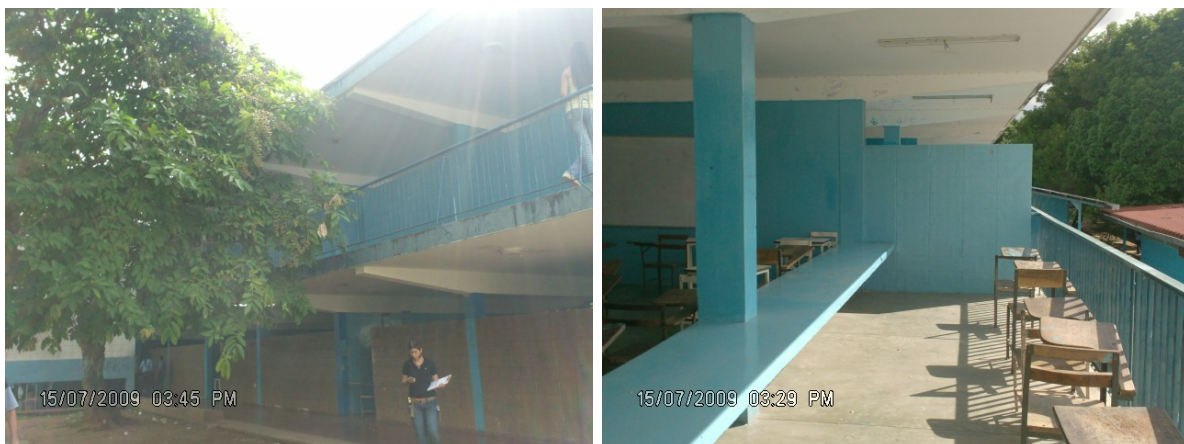




**ESCUELA BOLIVARIANA JULIAN PINO, EDO. BARINAS, SABANETA.**



**E.B. BR. SIMON AGUSTIN JIMENEZ, EDO. BARINAS, BARINAS.**



**U.E.N. RAFAEL CABRERA MALO, EDO. GUÁRICO, SAN JUAN DE LOS MORROS.**



**U.E JOSE HERRERA OROPEZA, EDO. LARA, CARORA.**



**U.E VIRGINIA DE ANDRADE, EDO. LARA, BARQUISIMETO.**



**E.B MARIA PEREIRA DAZA, EDO. LARA, BARQUISIMETO.**

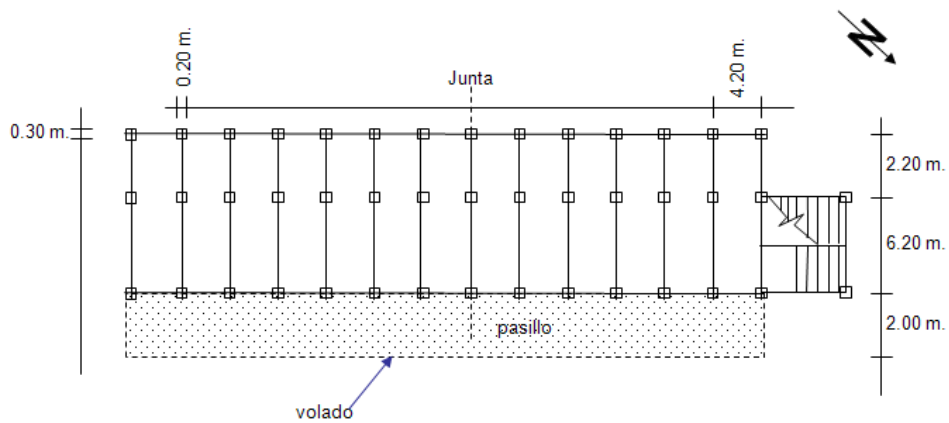




**U.E HECTOR CASTILLO REYES, EDO. LARA, BARQUISIMETO.**



**E.B ALANIAS COTTE, EDO. LARA, AREVOLES**



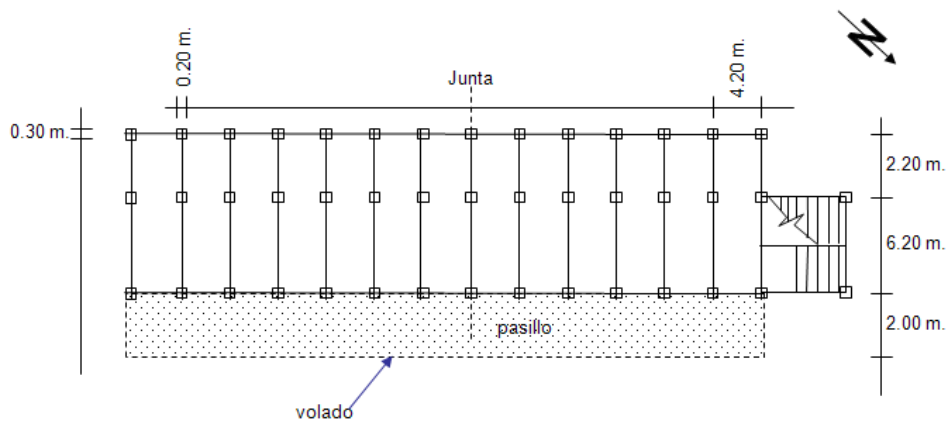
**ESCUELA CENTURION, EDO. MONAGAS, PUNTA DE MATA.**



**CIUDAD DE LOS TEQUES, EDO. MONAGAS, CARIPITO.**



**DOMINGO RAMOS HERNANDEZ, EDO. MONAGAS, QUIRIQUIRE**



**LOS GUARITOS, EDO. MONAGAS, MATURIN**



**J. I. PALACIO CABELLO, EDO. MONAGAS, CHAGUARAMAL**



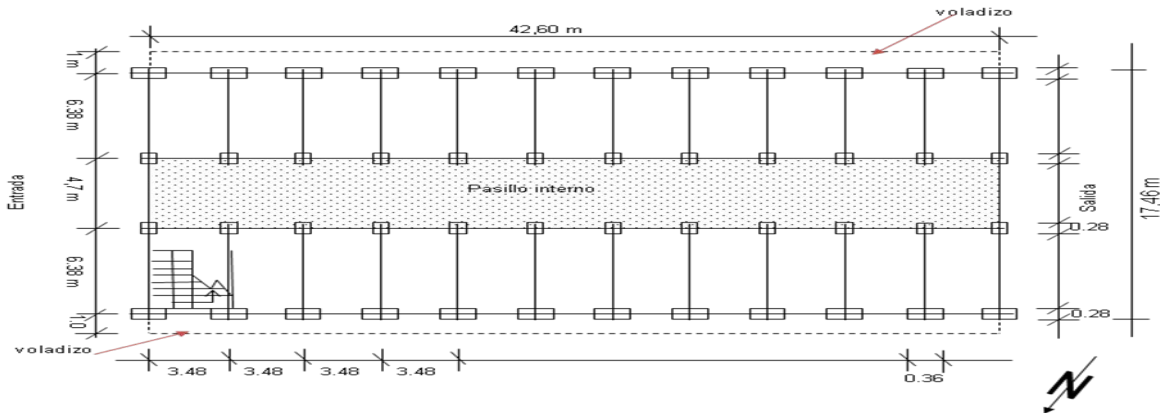
**U.E. BOLIVARIANA VIRGINIA BOR, EDO. SUCRE, IRAPA.**



**LAUREANO VILLANUEVA, EDO. YARACUY, YARITAGUA.**



### A.3.4.2.- Escuelas Prioritarias Tipo Antiguo II



**U.E. MONSEÑOR ALVAREZ, EDO. ANZOATEGUI, CLARINES.**



**C.D. ROMULO GALLEGOS, EDO. MERIDA, MUNICIPIO LIBERTADOR**



**U.E.N JESUS PACHECO ROJAS, EDO. ARAGUA, MARACAY.**



**U.E.N TACASURUMA, EDO. ARAGUA, MARACAY.**

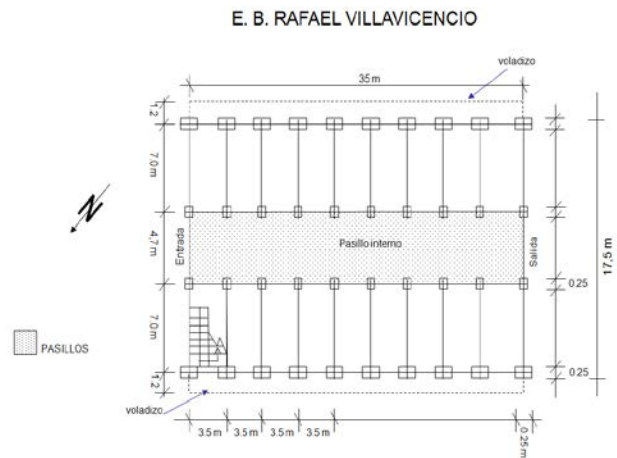


**U.E. ANTONIO HERRERA TORO, EDO. CARABOBO, MONTALBAN.**



**E.B. GABRIEL E. MUÑOZ, EDO. MIRANDA, HIGUEROTE.**

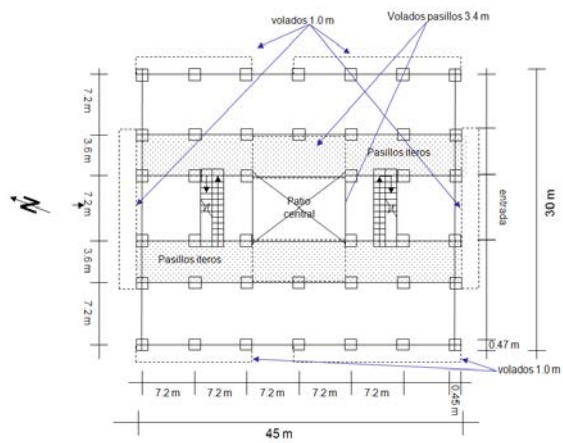




**E.B. RAFAEL VILLAVICENCIO, EDO. MONAGAS, PUNTA DE MATA.**



**U.E.B. EUSTOQUIA SOLEDAD LUIGGI, EDO. SUCRE, CARUPANO.**



**LICEO BOLIVARIANO JOSE MARIA CARRERA, EDO. SUCRE, CASANAY.**



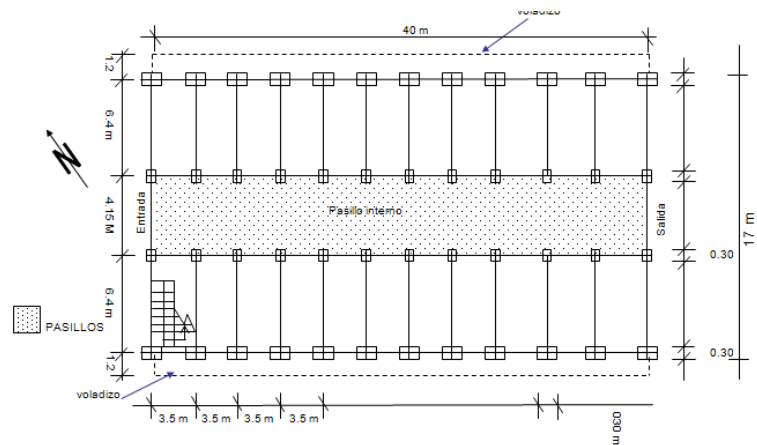
**U.E.N. LUISA BLANCO DE RAMIREZ, EDO. SUCRE, DAN ANTONIO DEL GOLFO.**



**U.E. DON NICOLAS FLORES, EDO. SUCRE, RIO CARIBE.**



**PABLO EMILIO GAMBOA PEÑALOZA, EDO. TACHIRA, SAN CRISTOBAL.**



**INDEPENDENCIA, EDO. YARACUAY, SAN FELIPE.**

### A.3.4.3.- Escuelas Prioritarias Tipo Cajetón



**E. B. SEVERIANO HERNÁNDEZ, EDO. ANZOATEGUI, PUERTO LA CRUZ.**



**L.B. JOSE TADEO ARREAZA CALATRAVA, EDO. ANZOÁTEGUI, PTO LA CRUZ.**





**E.B. CELESTINO GONZÁLEZ ORTÍZ, EDO. ANZOÁTEGUI, PTO LA CRUZ.**



**FRANCISCO SALIAS, EDO. ANZOÁTEGUI, PTO LA CRUZ.**



**INES MARIA POTENTINI, ANZOÁTEGUI, PTO LA CRUZ.**



**U.E.N. VALENTIN ESPINAL, EDO. ARAGUA, MARACAY.**



**LICEO JUAN VICENTE BOLIVAR, EDO. ARAGUA, MARACAY.**



**E. B. OSWALDO TORRES VIÑA, EDO. ARAGUA, MARACAY.**





**U.E.N. VALENTIN ESPINAL, EDO. ARAGUA, MARACAY.**



**U.E.N. JOSE MANUEL SISO MARTINES, EDO. ARAGUA, PALO NEGRO.**



**E.B.E LETICIA MUDARRA DE LOPEZ, EDO. ARAGUA MARACAY.**



**LICEO B. TRINO CELLIS RIOS, EDO. ARAGUA MARACAY.**



**E.N.B. JUAN LOVERA, EDO. ARAGUA MARACAY.**



**U.E.B. EL LIMON, EDO. ARAGUA MARACAY.**





**E.B.N. CASIQUE CHARAIMA, EDO. ARAGUA, PALO NEGRO.**



**SANTOS MICHELENA, EDO. ARAGUA MARACAY.**



**E.B.N. PADRE MENDOZA, EDO. DISTRITO CAPITAL, CARACAS.**

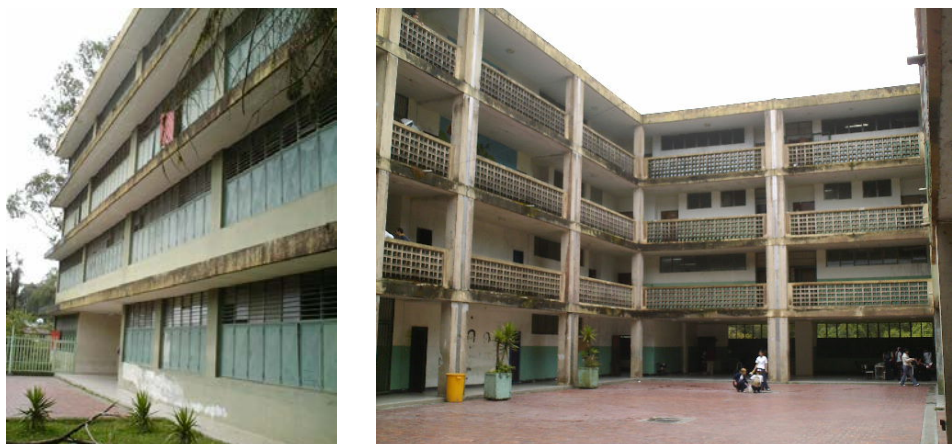




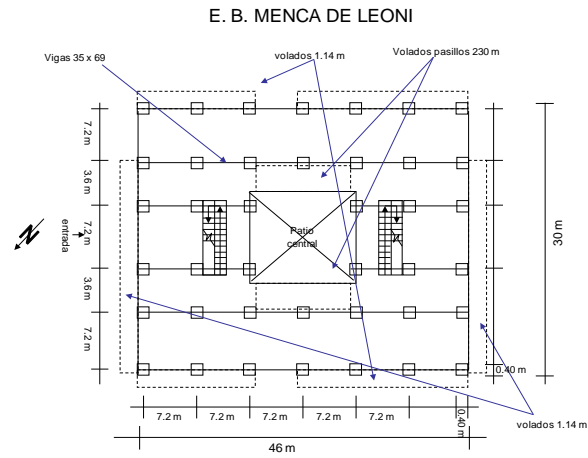
**L.B. FRANCISCO FAJARDO, EDO. DISTRITO CAPITAL, CARACAS.**



**U.E.N. CARICUAQ, EDO. DISTRITO CAPITAL, CARACAS.**



**L. B. AUGUSTO PI-SUÑER, EDO. DISTRITO CAPITAL, CARACAS.**



**E. B. MENCA DE LEONI, EDO. MIRANDA, GUARENAS.**



**U. E. MIGUEL OTERO SILVA, EDO. MIRANDA, GUARENAS.**

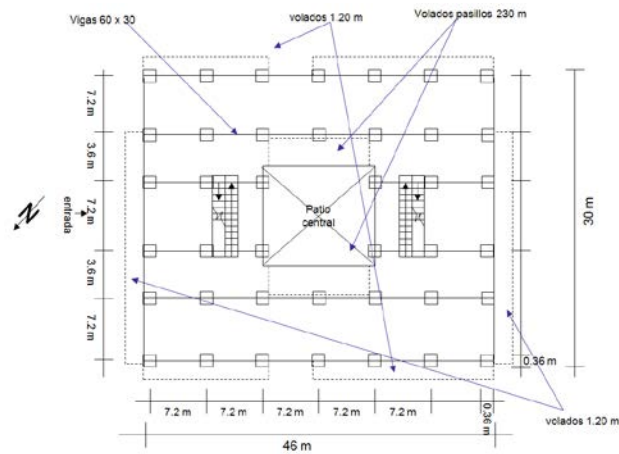


**U. E. N. BOLIVARIANA SIMON BOLIVAR, EDO. MIRANDA, LOS TEQUES.**





**E.T.I. LEONARDO INFANTE, EDO. MIRANDA, CARACAS.**



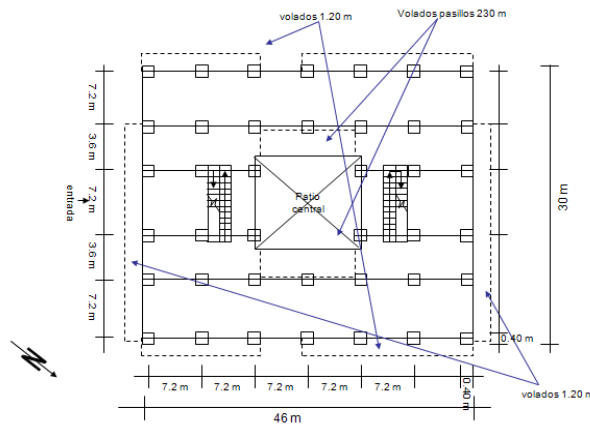
**U. E. BENITO CANONIGO, EDO. MIRANDA, GUARENAS.**



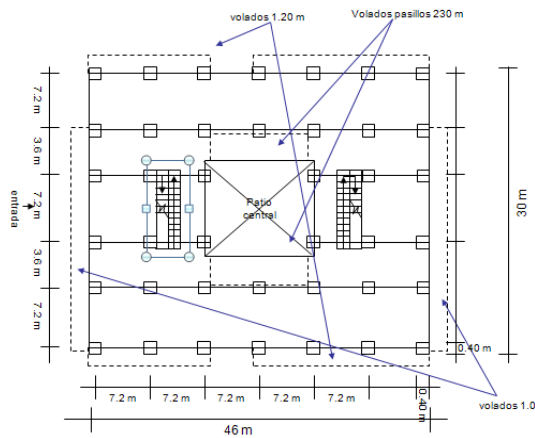
**E. T. INDUSTRIAL ROQUE PINTO, EDO. MIRANDA, LOS TEQUES.**



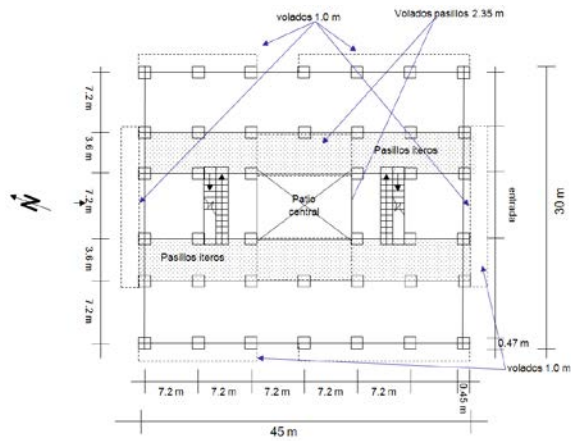
**LICEO BOLIVARIANO FCO DE MIRANDA, EDO. MONAGAS, CARIPITO.**



**GENERAL EZEQUIEL ZAMORA, EDO. MONAGAS, PUNTA DE MATA.**



**JULIAN PADRON, EDO. MONAGAS, CARIPE.**



**MIGUEL VECCHIO MARSIGLIA, EDO. MONAGAS, CARIBE.**



**E. BOLIVARIANA CIUDAD DE GUANARE, EDO. PORTUGUESA, GUANARE.**



**U.E.N.B. TRINA DE MORENO GONZALEZ DE NARCISO, EDO. PORTUGUESA, ACARIGUA.**





**U.E.N.B. DOCTOR RAIMUNDO ANDUEZA PALACIOS, EDO. PORTUGUESA, ACARIGUA.**



**U.E.N. 5 DE DICIEMBRE, EDO. PORTUGUESA, ACARIGUA.**



**ESCUELA BASICA 24 DE JULIO, EDO. PORTUGUESA, ARAURE.**



**LICEO BOLIVARIANO CARLOS EMILIO MUÑOZ ORAA, EDO. PORTUGUESA, GUANARE.**



**U.E.N. JOSE VICENTE UNDA, EDO. PORTUGUESA, GUANARE.**



**U.E.N. LICEO LIBERTADOR, EDO. PORTUGUESA, ARAURE.**





**ESCUELA JOSE JESUS MARTINEZ MATA, EDO. SUCRE, CARUPANO.**



**E.B. LUIS ANTONIO MORALES, EDO SUCRE, CUMANA.**



**U.E. BOLIVARIANA MANUEL ISAVA, EDO. SUCRE. GUIRIA.**



**SALVADOR CORDOVA, EDO. SUCRE, ARAYA.**



**LICEO BOLIVARIANO BERNARDO BERMUDEZ, EDO. SUCRE, TUNAPUY.**



**E.T.R.C VICENTE DE SUCRE Y URBANEJA, EDO SUCRE, CUMANA.**





**ANTONIO ROMULO COSTA, EDO. TACHIRA, SAN CRISTOBAL.**



**MONSEÑOR SAN MIGUEL, EDO. TACHIRA, SAN CRISTOBAL.**



**SIMÓN BOLÍVAR, EDO. TACHIRA, SAN CRISTOBAL.**



# Capítulo 4

## *Estudios Detallado de Edificaciones Escolares*



## Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela

Informe Técnico

Responsable: Oscar A. López (IMME–FI-UCV)



## 4.- ESTUDIOS DETALLADO DE EDIFICACIONES ESCOLARES

### 4.1.- Objetivos y Alcance

En este capítulo se describen los estudios detallados de edificios escolares que se desarrollaron con el objetivo de evaluar y cuantificar en detalle el nivel del riesgo sísmico y proceder si es necesario con un proyecto de ingeniería de detalle de adecuación y refuerzo estructural, incluyendo la elaboración de los planos y cómputos métricos para la construcción

Los estudios detallados que aquí se describen se inician con las inspecciones de los edificios y la elaboración de planos de la estructura (puesto que por la antigüedad de las construcciones no se dispone de ellos) y sigue con la determinación del riesgo existente, el estudio de las opciones de adecuación estructural y el desarrollo del proyecto de refuerzo. Los proyectos de ingeniería de detalle, planos y cómputos métricos del refuerzo se presentan en el Capítulo 9 en aquellas escuelas seleccionadas para tal fin.

### 4.2.- Selección de Edificaciones

Las edificaciones a estudiar se seleccionaron con base a los siguiente criterios: 1) Similitud con las escuelas tipo derrumbadas en Cariaco en 1997; 2) Las de carácter repetitivo; 3) Las de mayor antigüedad. En la Tabla 4.2.1 se listan los 17 planteles seleccionados y su tipo constructivo.

Los planteles listados en la Tabla 4.2.1 pertenecen a los tipos constructivos que se describen a continuación:

#### i) Edificaciones del Tipo Antiguo I

Dos edificios de este tipo se derrumbaron en Cariaco en 1997 y otros dos fueron severamente dañadas durante los sismos de Curarigua en 1991 y del Táchira en 1981. Son edificaciones construidas en la década de 1950. Se han contabilizado hasta la fecha un total de 104 edificios en todo el país pertenecientes a este tipo (Capítulo 1).

#### ii) Edificaciones del Tipo Cajetón

Los dos edificios que constituían el Cajetón del Liceo Raimundo Martínez Centeno se derrumbaron durante el sismo de Cariaco de 1997. Hay dos variantes de estos Caletones: El más común es el Cajetón Cerrado el cual es un único edificio sin juntas de construcción. El otro es el Cajetón Abierto donde existe una junta de construcción que separa dos edificios similares en forma de C cada uno; a este tipo pertenecía el Liceo Martínez Centeno. Tal como se presentó en el Capítulo 1 se han contabilizado hasta la fecha un total de 334 edificios pertenecientes a este tipo y distribuidos en todo el país.

#### iii) Edificaciones Tipo Antiguo II

Son edificaciones construidas en la década de 1950 y que se encuentran distribuidas en todo el país. Se han identificado hasta el momento un total de 114 edificios escolares de este tipo (Capítulo 1).

iv) Edificaciones Patrimoniales

Dentro de este grupo se encuentran las edificaciones escolares más antiguas del país y las de mayor valor cultural.

v) Edificaciones Tipo R

Son las edificaciones denominadas Rural o R que fueron construidas principalmente en el interior del país durante los años 1970-2000. Una de ellas sufrió el desplome de varias paredes durante el terremoto de Cariaco de 1997.

vi) Edificaciones Tipo Módulo Base

Son edificaciones modulares construidas en los años 1980-2000. Una de ellas (U. E. Julio Bustamante) fue reforzada estructuralmente en el año 1997, en Caracas, diez años después de su construcción, por presentar diversos problemas de índole estructural.

vii) Edificaciones Tipo Stac

Son edificios escolares que se comenzaron a construir posiblemente en los años de 1970 y todavía se construyen. Su tipología es similar a la del Antiguo I, pero con modificaciones estructurales acordes a la evolución de las normas sismorresistentes.

viii) Edificaciones Tipo Variel

Son edificios escolares prefabricados construidas en el período 1975-1985. Están constituidos por pórticos tridimensionales y losas prefabricadas.

### 4.3.- Participantes

Los estudiantes e investigadores que participaron en cada uno de estos estudios se muestran en la Tabla 4.2.1.

**Tabla 4.2.1.- Estudios detallados de edificios escolares**

No	Plantel	Investigador	Estudiante Postgrado	Estudiante Pregrado	Tipo
1	Escuela Experimental Venezuela (Caracas)	Angelo Marinilli	Leonardo Colmenares	Karina Paredes Randolph Borrego Omar Jaramillo Yoman Al Jarrouj	Patrimonial
2	Domingo Faustino Sarmiento (Caracas)	Oscar A. López	Esteban Tenreiro	Adrián Taboada Marcos Sosa	Cajetón Cerrado
3	Padre Sojo (Caracas)	Oscar A. López	Luis F. Espinosa Denis Rodríguez	María C. Sucre Mary Ann Olivo	Módulo Base
4	Alfaro Zamora (Caracas)	Ricardo Bonilla	-	Roberto Azancot Wadih Bule Carlos Espluga	R
5	Luis Alejandro Alvarado (Cagua, Estado Aragua)	Norberto Fernández	Omar Montilla Aura Fernández	Maria C. Olivo Deglysbres	Antiguo I
6	Antonio Rodríguez Abreu (Canchunchú, Estado Sucre)	Norberto Fernández	Aura Fernández	Marialth Ynfante ZulimarGonzález	Antiguo I
7	E. B. Petrica Reyes de Quilarte (Carúpano, Estado Sucre)	Norberto Fernández	Aura Fernández	Marialth Ynfante ZulimarGonzález	Antiguo I
8	E. B. Manuel María Urbaneja (Carúpano, Estado Sucre)	Norberto Fernández	Aura Fernández	Marialth Ynfante ZulimarGonzález	Antiguo I
9	Escuela Bolivariana Playa Grande (Cumaná, Estado Sucre)	Norberto Fernández	Eliud Hernández	-	Stac
10	E. B. Corazón de Jesús (Cumaná, Estado Sucre)	Angelo Marinilli	Martín Beyer	Manuel A. Lárez JohannaGascón	Cajetón Cerrado
11	Ambrosio Plaza (Caracas)	Oscar A. López/ Ricardo Bonilla	Carlos Lee	Carlos Lee	Antiguo II
12	U. E. María Reina de López (Carúpano, Estado Sucre)	Oscar A. López	Carlos Lee	-	Antiguo II
13	U. E. Ezequiel Zamora (Guacara, Estado Carabobo)	Oscar A. López/ Juan Valencia	-	Erika Duarte Ildemaro Acosta	Stac
14	U. E. Cirilo Alberto (Valencia, Estado Carabobo)	Clara Alvarado/ Oscar A. López	-	Gabriela Guzmán Lizardo Rojas	Stac
15	U. E. Dr Lisandro Lecuna (Valencia, Estado Carabobo)	Gabriela Prado/ Oscar A. López	-	Laura Márquez Hareyo Rodríguez	Antiguo II
16	U. E. Colomine (Valencia, Estado Carabobo)	Fernando Villalobos	-	Maryelin Chan Luis Sequera	Variel
17	U. E. Manuel Felipe Tovar (Valencia, Estado Carabobo)	Clara Alvarado	-	Wilmer Gil Johan Builes	Cajetón Cerrado

#### **4.4.- Planes de Trabajo de Tesistas**

A continuación se presentan los planes de trabajo que desarrollaron los estudiantes de pregrado y de postgrado bajo la asesoría del investigador-tutor.

##### **4.4.1.- Tesistas de Pregrado**

#### **Objetivos**

El objetivo General es la determinación del riesgo sísmico en una edificación escolar.

Los objetivos específicos son: i) Generar la información necesaria de la edificación y desarrollar planos arquitectónicos y estructurales en 2D, 3D y videos; ii) Desarrollar modelos matemáticos representativos del edificio; iii) Determinar su respuesta a los sismos definidos en las normas nacionales de diseño sismorresistente, y iv) Evaluar indicadores de riesgo sísmico y recomendar acciones a tomar.

#### **Plan de Trabajo**

##### **1.- Preparación Previa.**

Lectura y discusión de artículos relacionados con el Proyecto. Identificación de los objetivos del Proyecto y del Trabajo de Grado.

##### **2.- Levantamiento de un Archivo Fotográfico.**

El informe debe incluir las cuatro fachadas, claramente identificadas (usualmente Norte, Sur, Este y Oeste), columnas, vigas y losas, cada tipo de pared, tanques, estructuras anexas, etc. Cada elemento debe quedar identificado por el piso o nivel donde se obtuvo la fotografía y con cualquier otra información significativa.

##### **3.- Levantamiento geométrico de la edificación.**

Determinación de las distancias entre ejes de columnas, alturas de entrepisos, secciones de vigas y columnas, alturas de losas, sobrepisos, alturas y espesores de paredes, aberturas, puertas y ventanas, etc. Obtención de toda la geometría necesaria para elaborar planos 2D y 3D. Atención especial a las columnas cortas.

##### **4.- Identificación de los materiales que componen el edificio.**

Asistencia al Taller sobre uso de equipos para trabajar en campo. Identificación de los elementos de concreto armado, de acero, de mampostería u otros. Identificación de las piezas de mampostería (bloques de concreto, bloques de arcilla, ladrillos, etc) y del espesor del friso. Separación y diámetro del refuerzo transversal en elementos de concreto armado. Localización y diámetro del refuerzo longitudinal. Resistencia del concreto. Identificación del suelo. Identificación del tipo y profundidad de las fundaciones.

Esta actividad se desarrollará en conjunto con el personal técnico del IMME.



**5.- Elaboración de planos del edificio.**

Planos de arquitectura y de estructura, en 2D y en 3D. Videos de animación digital de la edificación.

**6.- Taller sobre el uso del Programa Sap 2000.**

**7.- Elaboración de modelos matemáticos.**

Se prepararán diversos modelos que representen la estructura sola, la estructura con paredes, con escalera, etc.

**8.- Análisis dinámico del edificio.**

Se determinará la respuesta dinámica del edificio utilizando el Método de Análisis Espacial, ante el sismo especificado en la Norma COVENIN 1756. En particular, se determinaran los desplazamientos de cada piso, las derivas de cada entrepiso, la fuerza cortante en la base y las sollicitaciones (fuerzas) en elementos seleccionados de la estructura.

**9.- Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico.**

Comparación entre las demandas y las capacidades, en términos de desplazamientos, derivas y fuerzas seleccionadas. La capacidad de cada entrepiso se determinará mediante métodos aproximados que supongan modos de falla probables. Determinación del grado de cumplimiento con la norma COVENIN 1756.

**10.- Recomendaciones para la adecuación sismorresistente.**

Se propondrán en forma general alternativas para mejorar la confiabilidad a sismos del edificio y reducir los riesgos hasta niveles compatibles con las normas vigentes.

**Cronograma**

Inicio: Enero 2008

**Mes**

<b>Actividades</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>
1.- Preparación previa.	X	X							
2.- Levantamiento de un Archivo Fotográfico.	X	X							
3.- Levantamiento geométrico de la edificación.	X	X							
4.- Identificación de los materiales que componen el edificio.		X							
5.- Elaboración de planos del edificio y videos.			X	X	X				
6.- Taller sobre el uso del Programa Sap 2000.						X			
7.- Elaboración de modelos matemáticos.						X	X		
8.- Análisis dinámico del edificio.							X	X	
9.- Riesgo Sísmico.									X
10.- Recomendaciones para la adecuación sismorresistente.									X

### Mecanismo de Trabajo

La evaluación del riesgo sísmico en cada escuela, es una investigación llevada a cabo por un equipo de trabajo constituido por un profesor, un estudiante de Postgrado y los dos estudiantes de Pregrado. Cada equipo de Trabajo se reunirá una vez a la semana con su Tutor y hará una presentación mensual del avance del estudio ante los otros equipos y ante los demás integrantes del Proyecto de Investigación.

### Informes Técnicos a entregar

- 1er Informe: 29 de febrero: Informe levantamiento geométrico
- 2do Informe: 30 de mayo: Planos y videos
- 3er Informe: 30 de septiembre: Riesgo sísmico; indicadores de riesgo

#### 4.4.2.-Tesis de Postgrado

### Adecuación Estructural de una Edificación Escolar

(Trabajo Especial para optar al Título de Especialista en Ingeniería Estructural o Sismorresistente)

#### 1.- Objetivo y Alcance:

- Desarrollar un Proyecto de Ingeniería Conceptual para el refuerzo estructural de una edificación escolar.
- El Proyecto de refuerzo se desarrollará bajo el marco de las normas nacionales vigentes, tales como COVENIN-1756, 1753 y 1618.La ingeniería de detalle se desarrollará posteriormente, fuera del alcance de este Proyecto.

#### 2.- Plan y Cronograma de Trabajo:

Inicio: Enero

Finalización: Septiembre

Actividades	Mes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Recopilación de información; inspecciones y mediciones en sitio.	X								
Análisis lineal y no-lineal de la estructura en su estado actual. Evaluación del riesgo.		X	X						
Opciones de refuerzo estructural. Análisis y diseño de cada opción.				X	X	X			
Elaboración de planos.							X		
Cómputos métricos y costos.								X	
Informe final.									X

### 3.- Metodología de Trabajo:

- Por lo menos una reunión semanal de cada equipo de trabajo constituido por el tutor y los estudiantes.
- Una exposición mensual ante todos los equipos de trabajo en donde se presentará el avance del Proyecto y se analizarán y discutirán las opciones de análisis, diseño y refuerzo.
- Se entregaran tres (3) informes técnicos durante el desarrollo del Proyecto:
  - 1er Informe: 31 de marzo: Riesgo sísmico en la edificación en su estado actual.
  - 2do Informe: 31 de junio: Opciones de refuerzo.
  - 3er Informe: 31 de septiembre: Planos y cálculos métricos

### 4.5.- Criterios de Análisis y Evaluación

#### 1.- Idealización del Edificio

##### a- Propiedades de los materiales

- Se usará el mejor estimado de la resistencia promedio.

##### b- Pesos

- El peso que concentraremos en cada nivel debe incluir el peso de la losa y del sobre piso, el peso de las vigas, el peso de la porción de las columnas que se asocia a ese nivel, el peso de la porción de las paredes que se asocia a ese nivel, y cualesquiera otros pesos que contribuyan a la inercia del nivel (ejemplo: ornamentos). A esas cargas permanentes se le añadirá el 50% de la carga variable correspondiente en cada piso, a excepción del techo donde se tomará el 0% de la misma (COVENIN 1756).

- Los valores específicos de los pesos se tomarán de la norma COVENIN 2002-88 titulado "Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones". Según dicha norma la carga variable en edificaciones educacionales es: Pasillos: 400 kgf/m<sup>2</sup>; Aulas: 300 kgf/m<sup>2</sup>; Escaleras: 500 kgf/m<sup>2</sup>.

##### c- Rigidez de la junta

- Se supondrán juntas rígidas en las estructuras de concreto armado, con un 50% de longitud de brazo rígido en los extremos de vigas y columnas.

##### d- Apoyos

- Se supondrán empotramientos perfectos de las columnas en el nivel del terreno a menos que un estudio de la flexibilidad del terreno sugiera la adopción de un modelo más refinado.

##### e- Inercia de elementos

- Se adoptarán valores de inercia de los elementos que se correspondan con el estado de agrietamiento esperado durante la respuesta a los sismos (periodo de retorno de 500 años) estipulados en la norma COVENIN 1756. Al respecto se puede adoptar 0,4

Ig para vigas y 0,6 Ig para columnas, siendo Ig la inercia de la sección gruesa. Para un refinamiento de estos valores se puede consultar a [Pauley&Priestly, 1992].

**f- Paredes**

- Si las paredes se encuentran fuera del plano del pórtico, se despreciará su rigidez y resistencia.

- Se considerarán los efectos de la rigidez y la resistencia de las paredes que estén enmarcadas y adosadas al pórtico.

- Es la intención de esta modelación el incorporar los efectos de la pared para niveles de deformación consistentes con la intensidad del sismo prescrito en COVENIN 1756, lo que supone la existencia de una separación entre la pared y el pórtico en las esquinas traccionadas y la formación de una franja de compresión a lo largo de la diagonal del pórtico.

- La rigidez de la pared completa se puede representar por la rigidez de una biela equivalente trabajando a compresión según la diagonal del pórtico y articulada en sus extremos. Se le asigna a la biela el mismo espesor y módulo de elasticidad de la pared. El ancho de la biela se puede tomar como 0,15 veces la longitud de la diagonal, o alternativamente refinar este valor a partir de estudios tales como los citados en [Bazán y Meli, 1999; Klingner et. al., 1996].

- La rigidez de las paredes que no alcancen a rellenar totalmente el pórtico, ya sea por tener ventanas o puertas, se incorporará con base a un examen específico de cada caso que tome en cuenta el tamaño y la localización de las aberturas. Al respecto puede consultarse a [Mondal y Jain, 2006; López y Espinosa, 2007].

**g- Escalera**

- Se incorporará el efecto de las losas de escalera en la rigidez de la estructura.

**h- Modelos del Edificio**

- Se definirán diversos modelos del edificio a fin de discriminar los efectos del agrietamiento de los elementos y de la presencia de componentes no-estructurales en los periodos y en las formas de vibración. A título de ejemplo, en el caso de una estructura con paredes y escaleras:

- Modelo 1: Estructura sola con inercia gruesa de elementos
- Modelo 2: Estructura sola con inercia reducida de elementos
- Modelo 2: Modelo 2 + paredes
- Modelo 3: Modelo 2 + escaleras
- Modelo 4: Modelo 2 + paredes + escaleras

**2.- Análisis Dinámicos**

**a-Selección del Factor de Reducción**

- Se seleccionará un factor de reducción R, definido bajo el marco de las Normas COVENIN 1756 y 1753, que esté en consonancia con el detallado existente en los



elementos estructurales, con base a la información recabada en sitio o verificada en sitio si se dispusiese de los planos estructurales correspondientes.

#### **b- Espectro**

- En la definición del espectro se tomará un factor de importancia  $\alpha = 1,30$  correspondiente a edificaciones educacionales (Grupo A).
- Se hará una estimación del perfil de suelo a emplear con base en estudios de suelos de zonas cercanas u otra información disponible.

#### **c- Componentes Sísmicas**

- Se consideran las dos componentes horizontales del movimiento sísmico, definidas por el mismo espectro. Alternativamente, se podrá considerar una componente con un 70% de la intensidad de la otra y aplicarlas según la dirección crítica de respuesta estructural.
- Los efectos de las dos componentes sísmicas horizontales se combinarán según el criterio de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados dado en la sección 8.6.I(a) de COVENIN 1756.
- Los efectos de la componente sísmica vertical se tomarán en cuenta según lo estipulado en la sección 8.6 de COVENIN 1756.

#### **d- Respuesta estructural (Demanda)**

- Se determinarán los desplazamientos y derivas máximas, en el centro de masas y en el extremo más desfavorable, en cada nivel y entrepiso.
- Se determinarán las fuerzas cortantes en la base, en cada dirección horizontal del edificio.
- Se determinarán solicitaciones en elementos estructurales específicos cuando se considere necesario para fines de evaluar la seguridad del edificio. Las solicitaciones debidas al sismo se combinarán con aquellas debidas a las acciones gravitatorias.

### **3.- Capacidad Estructural**

- La capacidad global de la estructura se puede determinar mediante un análisis estático no-lineal completo o alternativamente mediante un análisis simplificado suponiendo los modos de colapso.
- La capacidad a fuerza cortante de cada columna será la menor entre el cortante resistente para una falla a flexión (dúctil) y el cortante resistente para una falla por cortante (frágil). En dichos cálculos se tomarán en cuenta la longitud efectiva de la columna debido a la presencia de paredes de relleno que ocasionan los efectos de columna corta.
- La capacidad a fuerza cortante de una columna para falla a flexión (dúctil) se determinará con la siguiente expresión:

$$V_{\text{columna dúctil}} = (M_{yi} + M_{yj}) / H$$

donde  $M_{yi}$  y  $M_{yj}$  son los momentos últimos en los extremos  $i$  y  $j$  de la columna, respectivamente.  $H$  es la longitud efectiva de la columna, considerando la presencia de paredes de relleno.

- La capacidad de una columna para falla por cortante (frágil) se determinará con la siguiente expresión:

$$V_{\text{columna frágil}} = V_c + V_s$$

donde  $V_c$  es el aporte resistente del concreto y  $V_s$  es el aporte del acero de refuerzo transversal, según las secciones 11.3 y 11.4 de COVENIN 1753.

- La carga axial que actúa en cada columna se determinará con las cargas de servicio ( $CP + CV$ ) tanto para determinar la capacidad a flexión de la misma ( $M_y$ ), como para determinar el aporte resistente del concreto ( $V_c$ ).

- Cuando lo amerite se considerará la contribución de las paredes a la resistencia lateral de la estructura.

#### **4.- Comparación Demanda vs. Capacidad**

- En el caso de las columnas se comparará la mayor demanda de cortante, proveniente de todas las combinaciones de carga que consideren el sismo, con la capacidad a fuerza cortante de las mismas.

- En el caso de la estructura se comparará la fuerza cortante basal total con la sumatoria de las capacidades a fuerza cortante de todas las columnas en la planta baja de la estructura. Esto supone que las paredes no tienen contribución a la resistencia.

- Las comparaciones entre demanda y capacidad se harán en cada dirección de análisis.

#### 4.6.- Evaluación de Edificaciones Escolares del Tipo Antiguo I

##### 4.6.1.- Participantes

- Profesor : Norberto Fernández
- Estudiante de Postgrado: Aura Fernández
- Estudiantes de Pregrado: Deglys Ebres, María C. Olivo, Zulimar Goncalvez y Marialth Ynfante,
- Técnico: Juan Robert Burgos

##### 4.6.2.- Inspecciones Efectuadas

En la Tabla 4.6.1 se presentan las instituciones educacionales inspeccionadas.

**Tabla 4.6.1.- Inspecciones efectuadas**

Escuela visitada	Ubicación	Fecha de la visita
U.E. José Rafael Revenga	Turmero, Edo. Aragua	20/07/2006
U.E. Rafael Briceño Ortega	Santa Cruz; Edo. Aragua	20/07/2006
U.E. Luís Alejandro Alvarado	Cagua, Edo. Aragua	20/07/2006
E.B. José Antonio Rodríguez Abreu (J.A.R.A)	Carúpano, Edo. Sucre	08/03/2008
E.N. Manuel María Urbaneja (M.M.U.)	Carúpano, Edo. Sucre	08/03/2008
U.E. Petrica Reyes de Quilarte (P.R.Q.)	Carúpano, Edo. Sucre	08/03/2008

##### 4.6.3.- Descripción de las Edificaciones

###### a) E.B. José Antonio Rodríguez Abreu (J.A.R.A)

Se encuentra ubicada en la calle principal de Canchunchú Viejo, Municipio Bermúdez de la Ciudad de Carúpano, Estado. Sucre. (Figura 4.6.1.). Su construcción finalizó en el año 1962 y fue fundada al siguiente año. La actual Directora es la Prof. Mercedes Frontado y el Sub Director es el Prof. José Gregorio González.

Dicha edificación está constituida por dos (2) módulos alineados que están unidos por una junta de construcción, presentando cada uno siete (7) pórticos en la dirección más corta, mientras que en la dirección larga presenta vigas planas. Además la institución posee un patio central, anfiteatro, comedor, dirección y otras estructuras anexas que son utilizadas como salones de clase. (Figura 4.6.2.)

Cada módulo mide 25,5m de largo y 10,8m de ancho, la distancia de eje a eje de las columnas es de 4,25m para la dirección larga de la edificación. Toda la estructura posee piso de granito. La losa es nervada con un espesor de 20cm, las paredes tanto en sus caras internas como externas están frisadas y tienen un espesor de 20cm. La altura de entrepiso es de 2,90m incluyendo la losa.

En la Fachada Sur de la edificación se puede observar claramente el efecto de columna corta por la presencia de tres (3) hileras de bloques de ventilación. Es importante mencionar que el número de hileras sobre las puertas de los salones se reduce a dos (2) por la presencia de

dinteles y las dimensiones de las mismas son de 1,20m de ancho y 2.10m de altura. (Figura 4.6.3.)

A lo largo de la Fachada Norte se pudo observar que ambos módulos presentan bloques de ventilación de dos (2) tipos, además se pudo visualizar la junta de construcción y la presencia de machones en ambos pisos. También se observa el deterioro que actualmente presentan algunas zonas de la estructura. (Fig.4.6.4)

Con respecto a la Fachada Este y Oeste se puede decir que tienen paredes continuas a excepción de los volados que presentan tres (3) hileras de bloques ventilados con una sección variable en ambos pisos y actualmente están deteriorados. Además, en los volados de la fachada sur se encuentra un pasillo que permite el acceso a los salones del primer piso. (Figura 4.6.5).

Las escaleras se encuentran apoyadas sobre el segundo módulo de la estructura, su sección en planta es de 4,25x 8,1m, posee dos (2) columnas de 20x 30cm y dos (2) de 25x 25cm con separación de ligaduras de 20cm en todas ellas, además presenta 18 escalones con huellas de 30cm. (Figura 4.6.6)

Cada uno de los salones posee un banco de concreto empotrado en dos (2) columnas internas de cada salón, con una altura desde su tope inferior hasta el piso de 0,75 m aproximadamente, ocasionando un efecto de columna corta en la estructura. (Figura 4.6.7)

En la dirección corta, los pórticos tienen luces de 6,10 m, con dos volados de 2.35m, presentando secciones variables en ambas plantas. Las vigas altas en Planta Baja tienen dimensiones de 20cm x 60cm Todas las columnas son de 20x30 cm con un ancho de 20 cm.

En la dirección larga de la edificación, se detectaron vigas planas de dimensiones 20x20cm en planta baja y primer piso. Esto se realizó con la ayuda del equipo detector de metales.



**Figura 4.6.1.- E.B. José Antonio Rodríguez Abreu (J.A.R.A)**



**Figura 4.6.2.- Módulos alineados unidos por una junta de construcción**



**Figura 4.6.3.- Fachada Sur**



**Figura 4.6.4.- Fachada Norte**



**Figura 4.6.5.- Fachada Este y Oeste**



**Figura 4.6.6.- Modulo de escaleras**



**Figura 4.6.7.- Banco de concreto dentro de los salones de clases**



*b) E.N. Manuel María Urbaneja (M.M.U.)*

Se encuentra ubicada en la calle principal de Curacho, en la Ciudad de Carúpano, Edo. Sucre. Fue construida en los años 1950. La Directora de la Escuela es la Prof. Del Valle de Castillo, y su matrícula es de 700 alumnos aproximadamente. (Figura 4.6.8)

La edificación está constituida por dos (2) módulos alineados que están unidos por una junta de construcción, presentando cada uno siete (7) pórticos en la dirección más corta, mientras que en la dirección larga presenta vigas planas. Además la institución posee un patio central, anfiteatro, comedor, dirección y otras estructuras anexas que son utilizadas como salones de clase.

La estructura posee piso de granito en PB y cemento pulido en el primer nivel. La losa es nervada con un espesor de 20 cm, las paredes son de bloques de espesor 20 cm frisados en ambas caras. La altura de entrepiso es de 2,90m incluyendo la losa.

En la Fachada Sur de la edificación, se observa claramente que presenta dos (2) hileras de bloques de ventilación de 40 cm. aproximadamente (Exceptuando el vano que existe entre los tres (3) primeros pórticos del módulo I), paredes de bloques de concreto de 15 cm. con 2,30 m de altura en ambos pisos. Es importante mencionar que existe una especie de separación entre los bloques de ventilación y la dimensión de la cara sur de las columnas, por lo cual se debe analizar detalladamente si se comporta o no como columna corta. (Figura 4.6.9)

A lo largo de la Fachada Norte, se pudo observar que ambos módulos presentan bloques de ventilación de dos (2) tipos, exceptuando los vanos de planta baja que están ubicados entre los tres primeros pórticos del módulo I, ya que allí existen dos aires acondicionados. (Figura 4.6.10)

Con respecto a las fachadas Este y Oeste, se tienen paredes continuas a excepción del volado ubicado en la cara sur de ambos módulos, en donde se observa un pasillo que permite el acceso a las aulas en el primer piso. (Figura 4.6.11)

Las escaleras tienen dieciocho (18) escalones con huellas de 30 cm, los cuales se encuentran apoyados sobre el segundo módulo de la estructura y sobre una viga de 65 cm de altura con espesor de 20 cm y separación de estribos cada 30 cm. La sección del módulo de las escaleras en planta es de 4,25x 8,1 m, posee dos (2) columnas de 20x 30 cm y dos (2) de 25x 25 cm con separación de ligaduras cada 20 cm en todas ellas. (Figura 4.6.12)

Se pudo observar que a diferencia de la Escuela Básica Jesús Antonio Rodríguez Abreu no existen bancos de concreto en los salones de clase lo que favorece el espacio y el comportamiento de la estructura ante un evento sísmico. (Figura 4.6.13)

Estructuralmente hablando, se pudo confirmar que ambos módulos poseen aproximadamente las mismas dimensiones de la E.B. Jesús Antonio Rodríguez Abreu, ya que las luces y la disposición de aceros en vigas y columnas que arrojaron las mediciones realizadas son similares entre ellas. De igual forma la disposición y dimensiones de las vigas planas son semejantes en ambas escuelas.



**Figura 4.6.8.- E.N. Manuel María Urbaneja (M.M.U.)**



**Figura 4.6.9.- Fachada Sur**



**Figura 4.6.10.- Fachada Norte**



**Figura 4.6.11.- Fachada Este y Oeste**



**Figura 4.6.12.- Modulo de escalera.**



**Figura 4.6.13.- Salones de clases sin la presencia de bancos de concreto**

c) *U.E. Petrica Reyes de Quilarte (P.R.Q.)*

Se encuentra ubicada en el sector de Playa Grande, en la Ciudad de Carúpano, Edo. Sucre. Fue construida en los años 1958-1959. Su Directora es la Prof. Breakarelis de Martínez, y su matrícula es de 1033 alumnos aproximadamente. (Figura 4.6.14)

A diferencia de las dos instituciones descritas anteriormente, está constituida por un solo módulo con siete (7) pórticos en la dirección más corta, mientras que en la dirección larga presenta vigas planas. Además la institución posee un patio central, anfiteatro, comedor, dirección y otras estructuras anexas que son utilizadas como salones de clase. (Figura 4.6.15)

La Fachada Sur de la edificación presenta en planta baja cuatro (4) hileras de bloques ventilados de 25 cm cada uno, paredes de bloques de concreto de 20cm de espesor, con altura de 1.75 m, mientras que en el primer piso de la edificación existen tres (3) hileras de bloques ventilados del mismo estilo. Sobre las puertas de los salones las hileras de bloques se reducen a dos (2), existe un dintel y un machón de dimensiones 20 x 20cm con 2 cabillas por cara y separación de ligaduras cada 15 cm, también se observa un sobre ancho de 30 cm en las columnas de los ejes pares (los pórticos 2, 4 y 6), donde se encuentran embutidos los bajantes de agua de lluvia. (Figura 4.6.15)

Con respecto a la Fachada Norte, se pudo visualizar que en ambas plantas existen cinco (5) hileras de bloques de ventilación que ocupan aproximadamente la mitad de la altura de entrepiso, mientras que la parte restante está hecha con bloques de concreto de 20 cm de espesor con friso en ambas caras. En los vanos de los tres últimos pórticos de planta baja, los bloques de ventilación fueron eliminados para ser sustituidos por bloques de concreto con la finalidad de habilitar ese salón para una sala de computación. (Figura 4.6.16)

Las fachadas Este y Oeste tienen paredes continuas a excepción del volado ubicado en la cara sur del módulo, ya que se observa un pasillo que permite el acceso a las aulas en el primer piso, con una pared de bloques de concreto a una altura superior a la mitad del valor del entrepiso. (Figura 4.6.17)

Las escaleras se encuentran apoyadas sobre el módulo de la estructura, su sección en planta es de 4,25m x 8m, a diferencia de las instituciones anteriores posee dos (2) columnas de 25x 30 cm y las otras dos se mantienen en 25x 25 cm con separación de ligaduras de 20cm en todas ellas, además presenta dieciocho (18) escalones con huellas de 30cm. (Figura 4.6.18)

Se pudo observar que al igual que la (M.M.U) no tienen bancos de concreto en los salones de clase favoreciendo el espacio y el comportamiento de la estructura ante un evento sísmico. (Figura 4.6.19)

Estructuralmente hablando y en lo que se refiere a la disposición de aceros en vigas y columnas, se pudo constatar que las tres edificaciones Tipo Antiguo I anteriormente mencionadas presentan las mismas características entre ellas. Las diferencias existentes en su mayoría son de carácter arquitectónico.



**Figura 4.6.14.- U.E. Petrica Reyes de Quilarte (P.R.Q.)**



**Figura 4.6.15.- Fachada Sur**



**Figura 4.6.16.- Fachada Norte**



**Figura 4.6.17.- Fachada Este y Oeste**



**Figura 4.6.18.- Modulo de Escaleras**



**Figura 4.6.19.- Salones de clases sin la presencia de bancos de concreto**

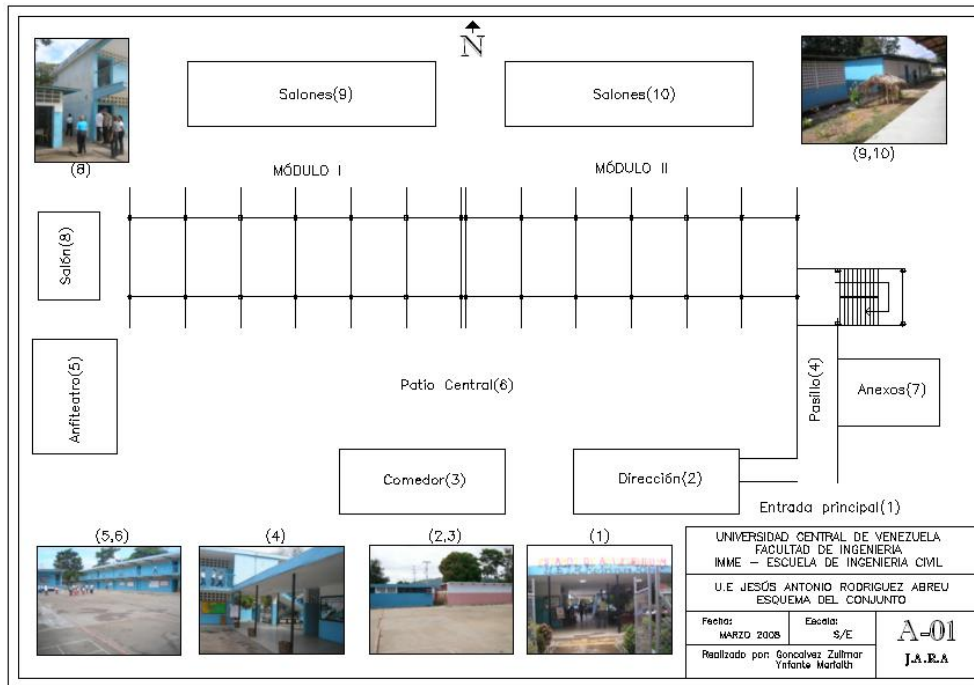


Figura 4.6.20.- Plano del conjunto de la E.B. José Antonio Rodríguez Abreu (J.A.R.A)

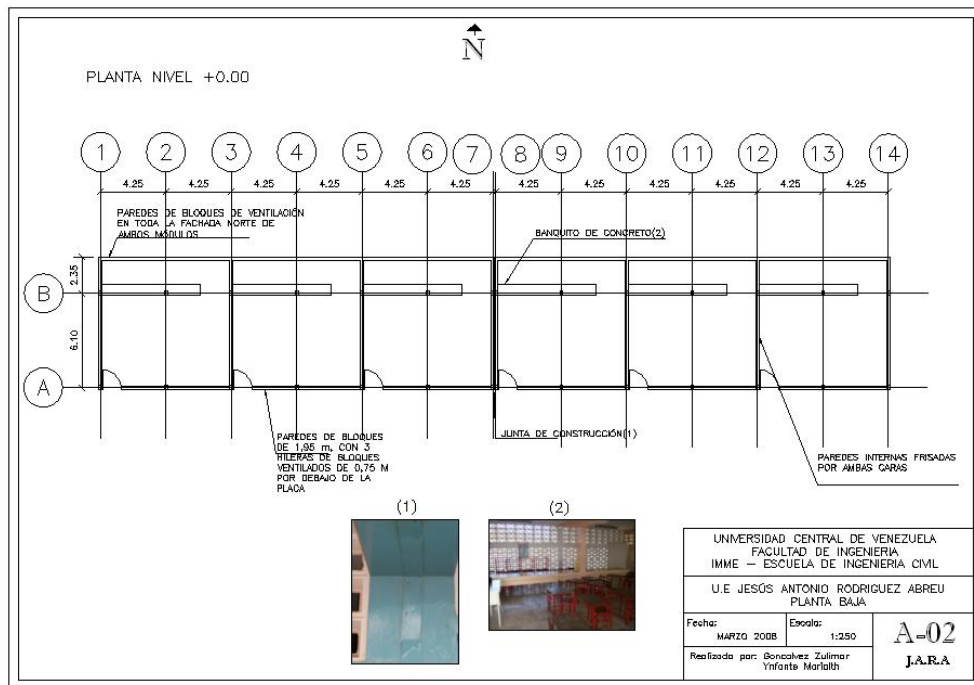
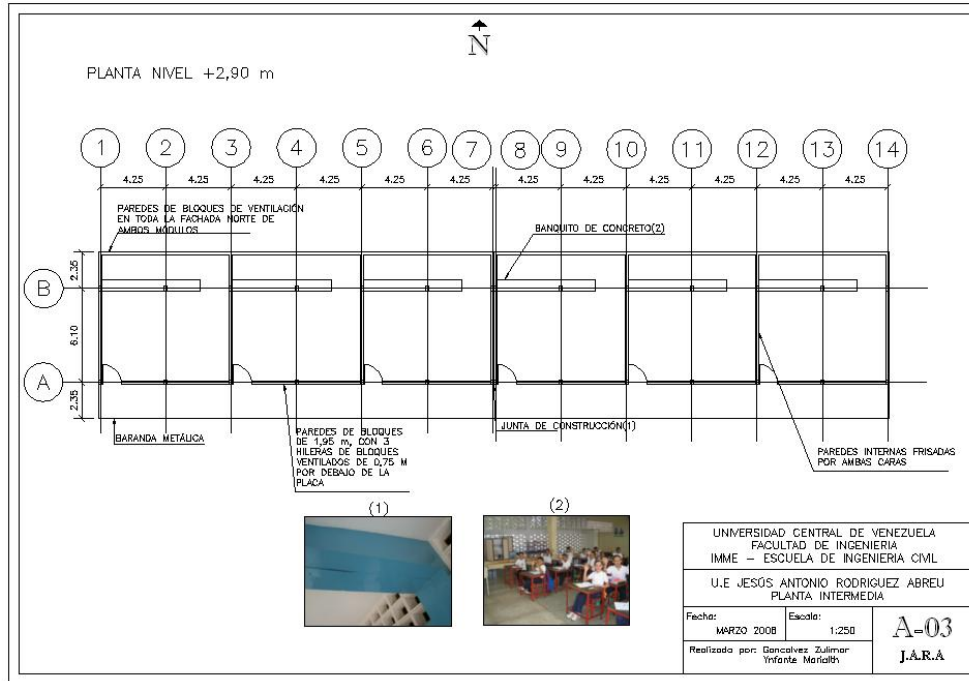
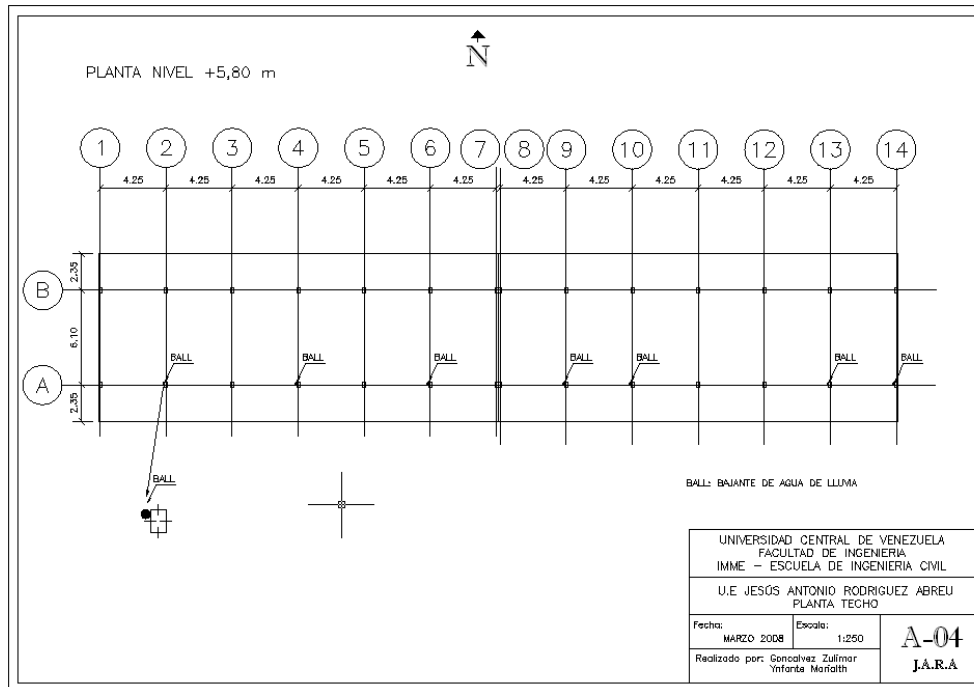


Figura 4.6.21.- Plano de la Planta Baja.





**Figura 4.6.22.- Plano de la Planta Intermedia.**



**Figura 4.6.23.- Plano de la Planta Techo.**

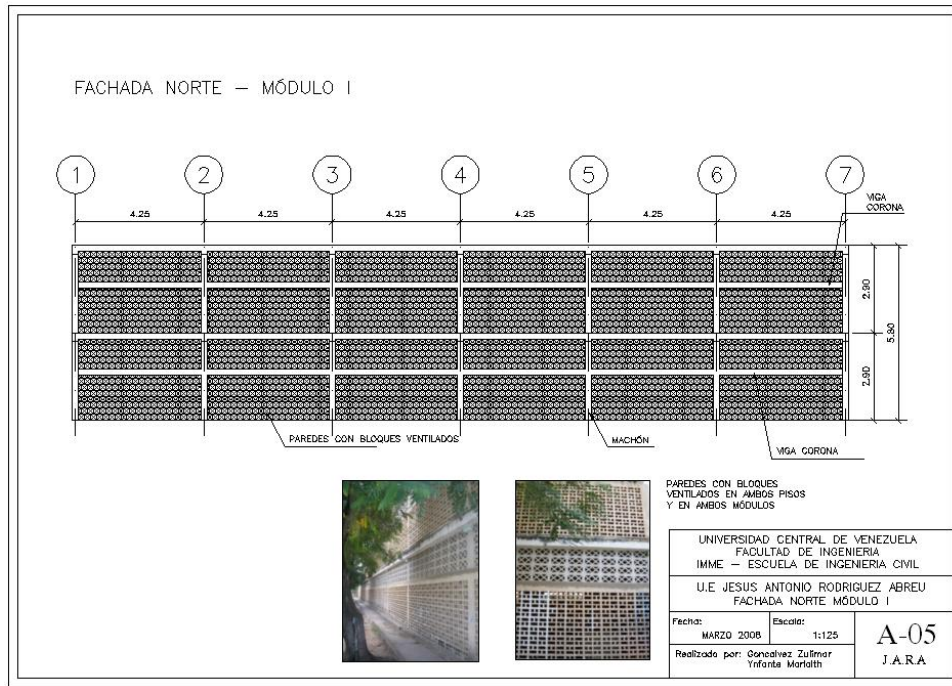


Figura 4.6.24.- Fachada Norte Modulo 1.

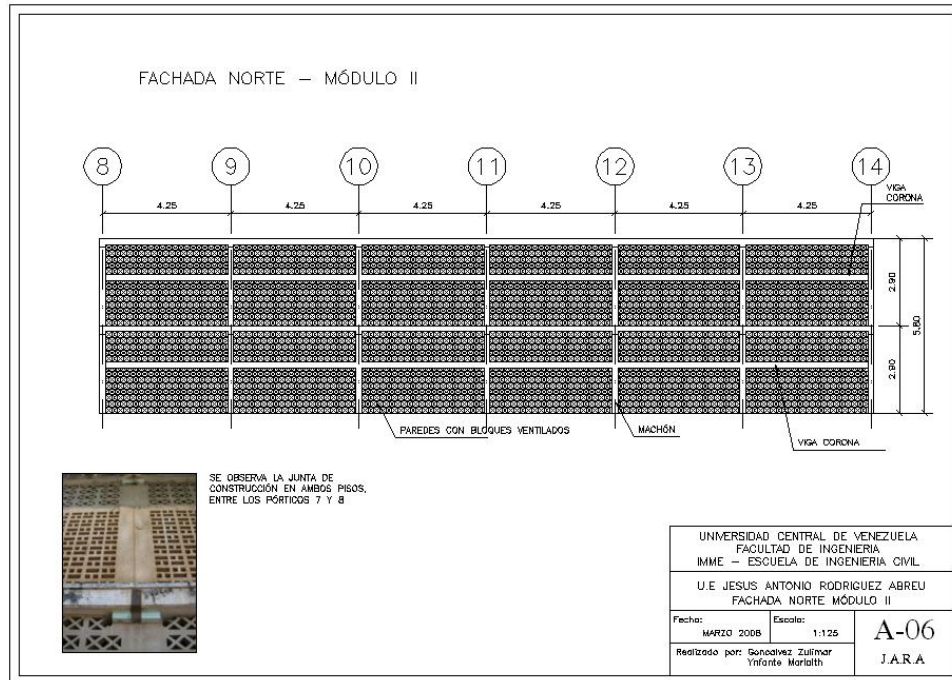


Figura 4.6.25.- Fachada Norte Modulo II.

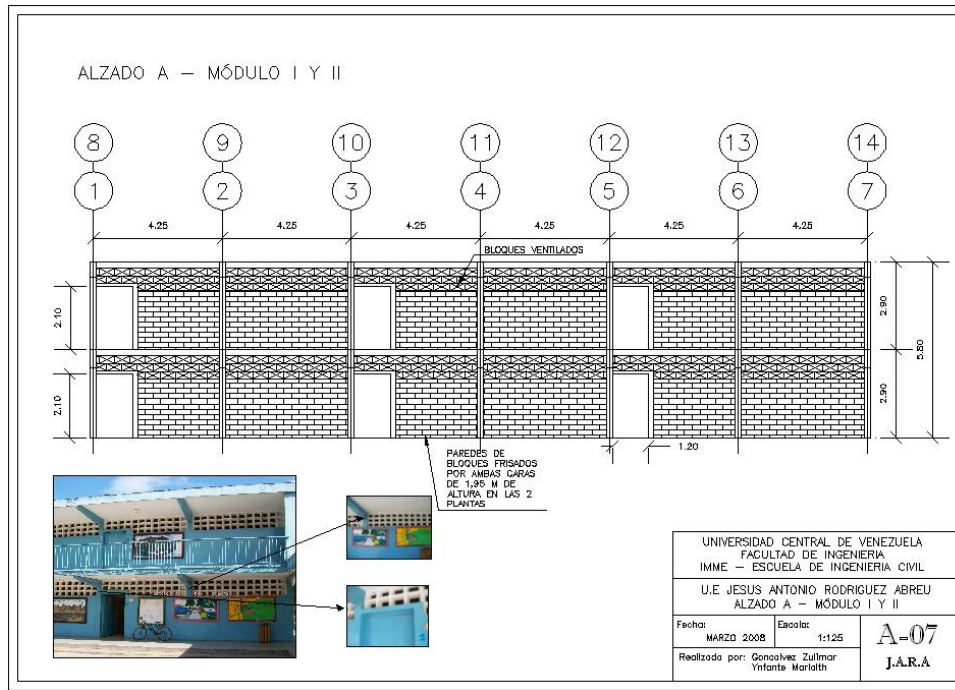


Figura 4.6.26.- Alzado A – Modulo I y II.

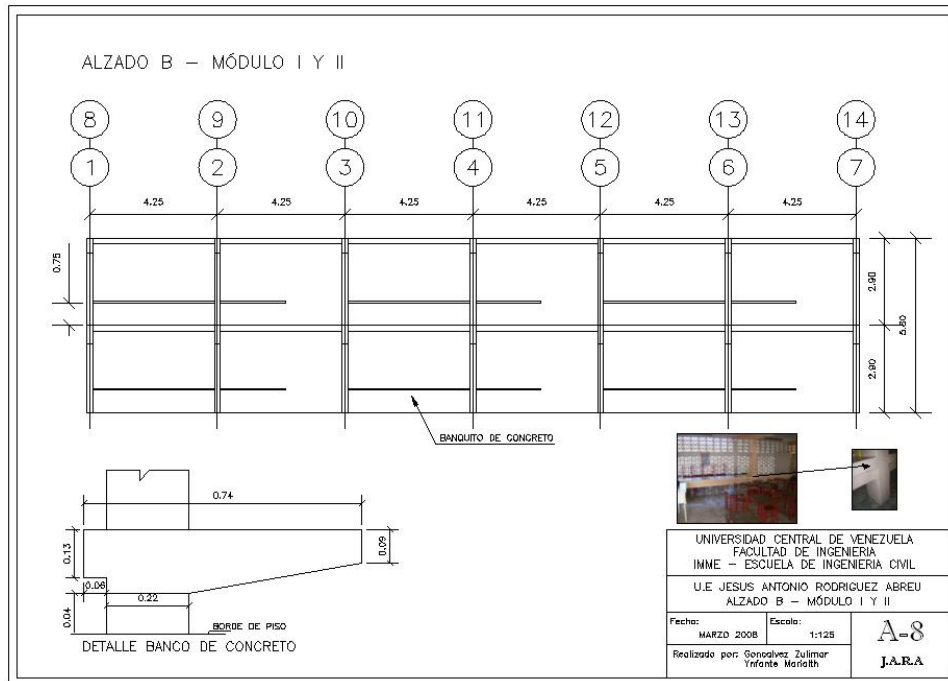


Figura 4.6.27.- Alzado B – Modulo I y II.

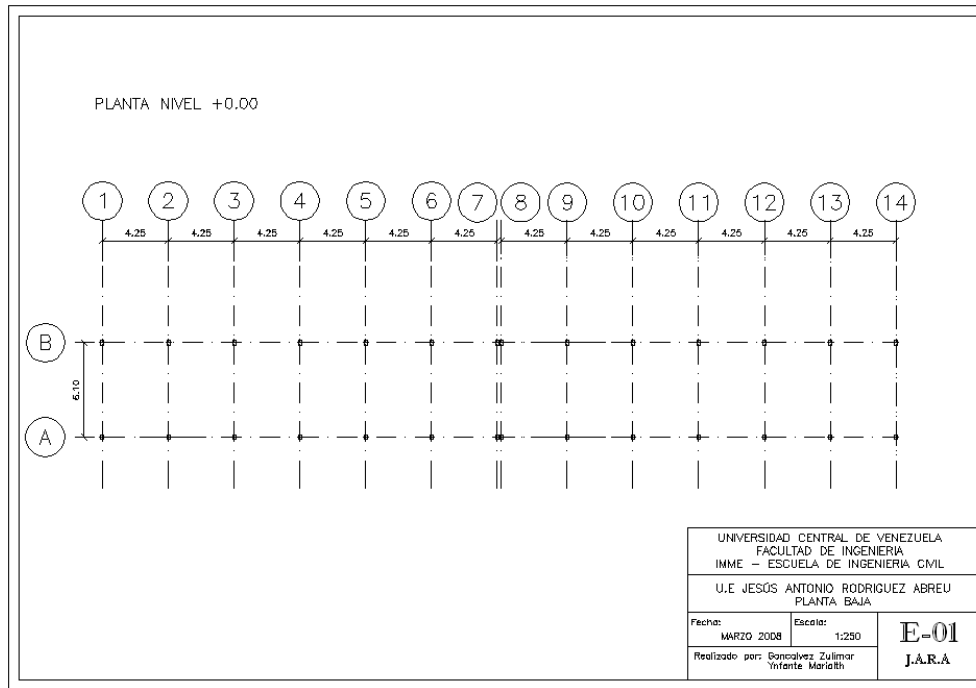


Figura 4.6.28.- Planta Baja de Estructura.

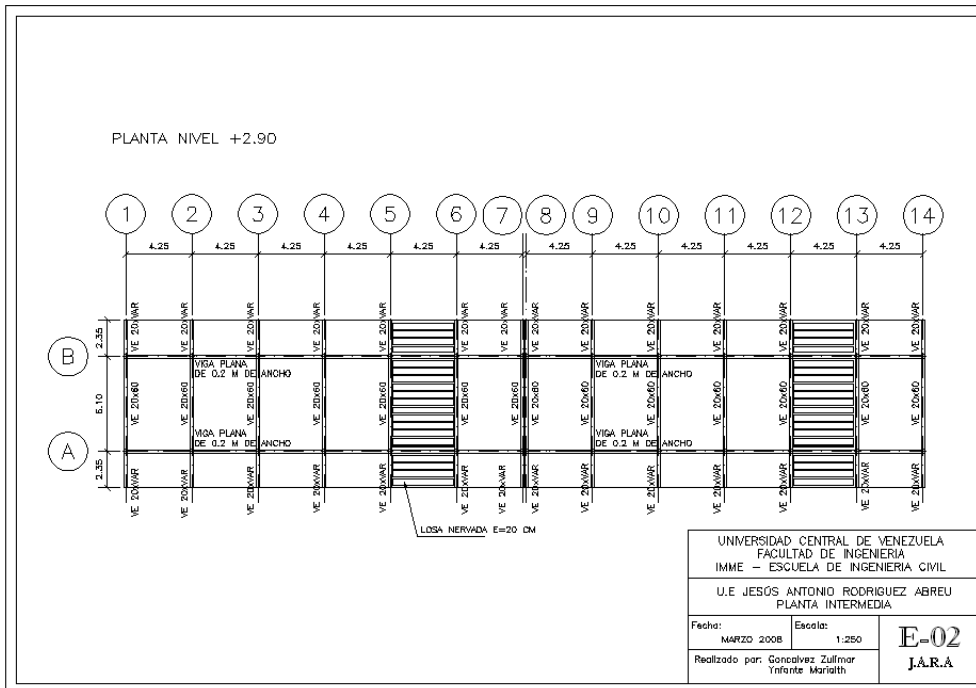


Figura 4.6.29.- Planta Intermedia de Estructura.

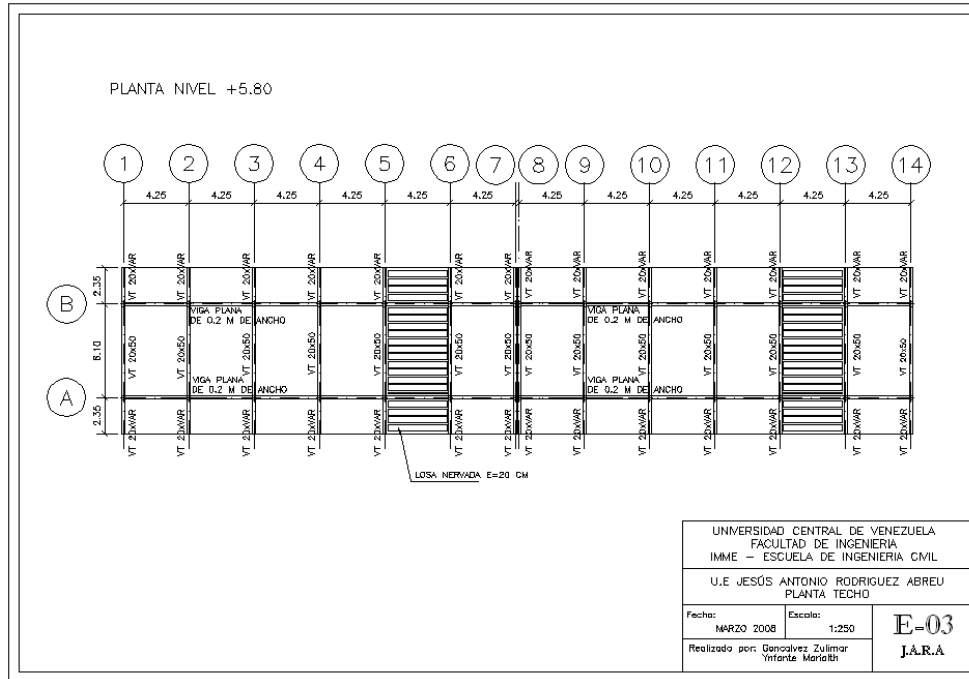


Figura 4.6.30.- Planta Techo de Estructura.

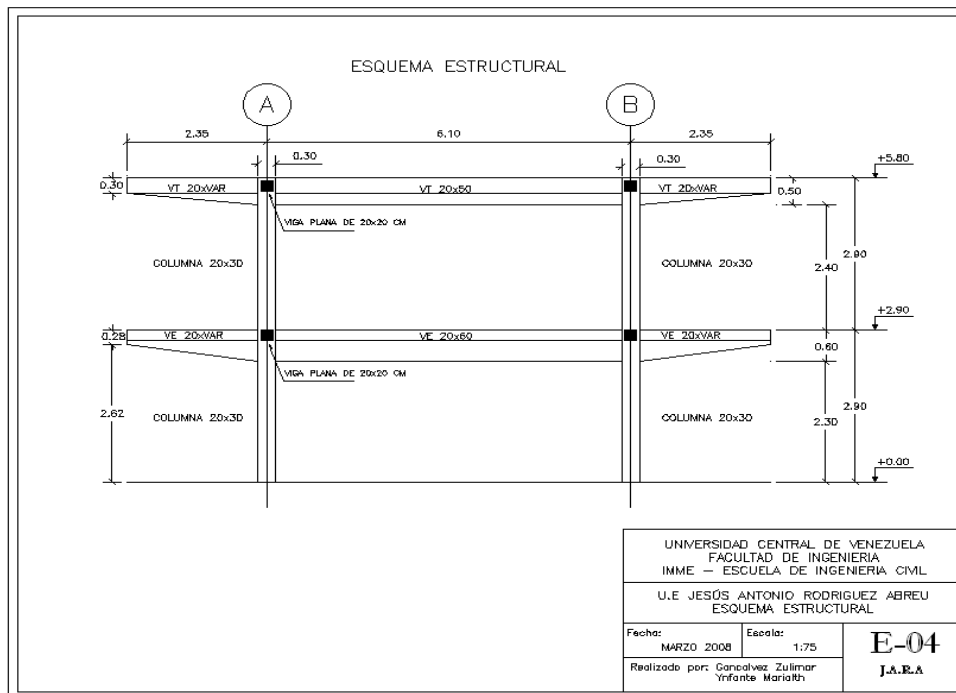


Figura 4.6.31.- Esquema Estructural Tipito.



d) U.E. José Rafael Revenga

La Unidad educativa José Rafael Revenga (Figura 4.6.32) se encuentra ubicada en Turmero Municipio Mariño del Estado Aragua. Está constituida por dos edificios iguales, ubicados uno enfrente del otro, ver Figura 4.6.33 y 4.6.34. Cada edificio tiene dos módulos, separados por una junta de construcción; y cada uno de estos módulos consta de siete pórticos en la dirección corta, con ausencia de pórticos en la dirección larga. Ambos edificios se encuentran conectados mediante un pasillo. En la institución también existe un patio central, con un anfiteatro y una cancha



**Figura 4.6.32.- Entrada Principal de la Unidad Educativa.**



**Figura 4.6.33.- Edificio I.**



**Figura 4.6.34.- Edificio II.**

Cada edificio consta de dos plantas y la escalera se encuentra ubicada en uno de los extremos de cada edificio, ver Figura 4.6.35.

En el descanso de la planta superior de las escaleras, la pared que da hacia el pasillo está constituida por bloques de ventilación y del lado opuesto solo existe una reja, ver Figura 4.6.35.



**Figura 4.6.35.- Se observa que las escaleras están conectadas al final de cada edificio.**

Mediante las observaciones realizadas, se pudo notar que las paredes son de bloques de arcilla y el espesor del friso es de, aproximadamente, 4 cm.

La altura de entrepiso es de 2.90 mts. y la de la pared es de 1,80 mts. Esto evidencia, claramente, la presencia de columnas cortas. El espesor de la losa es de 25 cm; el espesor de la pared es de 20 cm. La sección típica de las columnas es de 20x30 cm. y la distancia entre columnas, de eje a eje, es de 4,25 mts. La sección típica de las vigas es de 20 X 65 cm.

Cada modulo tiene seis salones (tres arriba y tres abajo), sumando un total de doce salones por edificio. El piso de los salones es de granito y en cada uno de los salones hay un escritorio de concreto (empotrado en el piso) y un banquito, también elaborado en concreto, (empotrado de columna a columna y otra parte en volado). El tope superior del banquito de concreto está a 62 cm. del piso. Las puertas tienen 1,17 mts. de ancho y 2,10 mts. de altura.

La fachada Norte del Edificio I está constituida por bloques de ventilación, al igual que la fachada Sur del Edificio II.

En la fachada oeste de ambos edificios, se observa claramente la separación física entre la columna y la pared.

Es importante mencionar el deterioro que presentan las instalaciones de esta institución, ejemplo de esto es el levantamiento del friso producido por la humedad, la corrosión de aceros y las grietas que evidencian la separación de paredes y columnas .

*e) Escuela Rafael Briceño Ortega*

La Escuela Rafael Briceño Ortega, se encuentra ubicada en Santa Cruz Municipio José Angel Lamas del Estado Aragua, ver Figura 4.6.36. Según información suministrada por el director (E) de la escuela para el momento de la visita, el Prof. Arturo Martínez, la misma fue fundada en el año 1.958.



**Figura 4.6.36.- Escuela Rafael Briceño Ortega.**

Esta institución está conformada por un sólo edificio, el cual posee la misma distribución, diseño y características que los edificios de la U.E. José Rafael Revenga, ver Figura 4.6.37. Dicho edificio se encuentra unido, por un pasillo, a un conjunto de anexos pertenecientes a la escuela (baños, salones, dirección, oficinas). Entre los anexos y el edificio se encuentra el patio central, el anfiteatro y la cancha, la cual está apoyada en la losa del edificio, ver Figura 4.6.38.



**Figura 4.6.37.- Único módulo de la unidad educativa Rafael Briceño Ortega.**



**Figura 4.6.38.- Patio central y anfiteatro**

*f) U.E. Luís Alejandro Alvarado*

La Unidad educativa Luís Alejandro Alvarado, se encuentra ubicada en Cagua Municipio Sucre del Estado Aragua, (Figura 4.6.39). Está constituida por un solo edificio y sus módulos no se encuentran alineados. Cada uno de estos edificios consta de siete pórticos en la dirección corta, con ausencia de pórticos en la dirección larga. Además tiene un patio central, con un anfiteatro y una cancha, ver Figura 4.6.40 y 4.6.41.



**Figura 4.6.39.- U.E. Luís Alejandro Alvarado.**



**Figura 4.6.40.- Fachada sur del primer módulo.**



**Figura 4.6.41.- Fachada oeste**

El edificio está constituido por dos plantas. Las escaleras que comunican dichas plantas se encuentran apoyadas sobre uno de los edificios.

En el descanso de la planta superior de las escaleras, la pared que da hacia el pasillo está constituida por bloques de ventilación y del lado contrario se encuentra el otro edificio.

En la planta baja la altura debajo de viga es de 2,30 mts, la altura de viga es de 65 cms, la altura de pared es de 2,10 mts, la altura de la reja es de 60 cms, y la sección típica de las columnas es de 20 x 30 cms.

En el segundo piso la altura debajo de viga es 2,35 mts, la altura de viga debajo de losa es de 30 cms. La altura de pared es de 2,05 mts y la de la reja de 60 cms.

A diferencia de las otras dos instituciones inspeccionadas, está particularmente se encuentra en un nivel de deterioro elevado, a tal punto que se observaron grietas producidas por el proceso de oxidación de los aceros longitudinales y transversales en la gran mayoría de las vigas. La separación de estribos del volado es cada 20 cms. La separación de las juntas en los edificios es muy pequeña.

**Tabla 4.6.2.- Semejanzas y diferencias de las Instituciones Educativas**

<b>Semejanzas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patio central, con un anfiteatro y una cancha.</li> <li>• Deterioro en las instalaciones.</li> <li>• Bancos de concreto entre columnas.</li> <li>• Cada módulo consta de siete pórticos en la dirección corta, con ausencia de pórticos en la dirección larga.</li> <li>• Las escaleras que comunican dichas plantas se encuentran en uno de los extremos del edificio.</li> <li>• Presencia de columnas cortas.</li> </ul>
<b>Diferencias</b>
<b>U.E. José Rafael Revenga</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Está constituida por dos edificios iguales para un total de cuatro módulos.</li> <li>• Los módulos se encuentran alineados y separados por una junta de construcción.</li> <li>• Los escritorios son de concreto y están empotrados al piso.</li> <li>• Las paredes son de bloques de arcilla frisadas.</li> <li>• El piso de los salones es de granito.</li> <li>• Separación física entre pared y columna en la fachada oeste del edificio II.</li> <li>• Bajante de aguas de lluvia, ubicado en la fachada principal.</li> </ul>
<b>Escuela Rafael Briceño Ortega</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Está conformada por un sólo edificio para un total de dos módulos.</li> <li>• Los módulos se encuentran alineados y separados por una junta de construcción.</li> <li>• No hay escritorios de concreto.</li> <li>• Todas las paredes se encuentran frisadas.</li> <li>• Las paredes de los salones pertenecientes a la fachada Norte sólo tienen bloques de ventilación de la mitad de la pared hacia arriba.</li> <li>• Bajante de aguas de lluvia, ubicado al lado de las columnas internas de los salones.</li> </ul>
<b>U.E. Luís Alejandro Alvarado</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Está conformada por un solo edificio para un total de dos módulos.</li> <li>• Los módulos se encuentran desalineados.</li> <li>• No existen escritorios de concretos.</li> <li>• Las paredes son de bloques de concreto sin frisar.</li> <li>• Las únicas paredes que están frisadas son las que dividen los salones.</li> <li>• Todas las paredes de la fachada norte son de bloques de ventilación..</li> <li>• En la fachada norte, en planta baja, la mitad de la pared es de bloques de ventilación y la otra mitad es de reja, y la del primer piso es todo de rejas.</li> </ul>



#### 4.6.4.- Evaluación Sismorresistente de la E.B. José Antonio Rodríguez Abreu

##### a) Modelos matemáticos

Se procedió a realizar tres Modelos Matemáticos en 3D a través del programa ETABAS, donde se han dispuesto de objetos líneas para idealizar las vigas y columnas, mientras que las losas, muros y mampostería se han modelado utilizando objetos de área, los cuales son discretizadas a fin de obtener resultados muy aproximados al comportamiento real esperado de los componentes estructurales. El análisis se realiza a partir de la matriz de rigidez de cada uno de los objetos lineales y de áreas aplicando el método de los elementos finitos. La acción de las cargas se realiza de manera distribuida directamente en las losas ( $\text{kgf/m}^2$ ) y en las vigas perimetrales ( $\text{kgf/m}$ ) y la acción sísmica se obtiene a través de un espectro de diseño.

En el *Modelos 1* solo se incluyen los elementos estructurales, columnas y vigas, se considera inercia gruesa. El *modelo 2* es parecido al modelo 1, pero en él se considera inercia agrietada, tomando 0.40 de la inercia gruesa para vigas y 0.6 de la inercia gruesa para columnas. El *modelo 3* es parecido al modelo 1, en el se consideran las paredes, distribuidas según la información recopilada en las vistas a las tres escuelas. Para la mampostería se considero un modulo de elasticidad de  $45000 \text{ kgf/cm}^2$ .

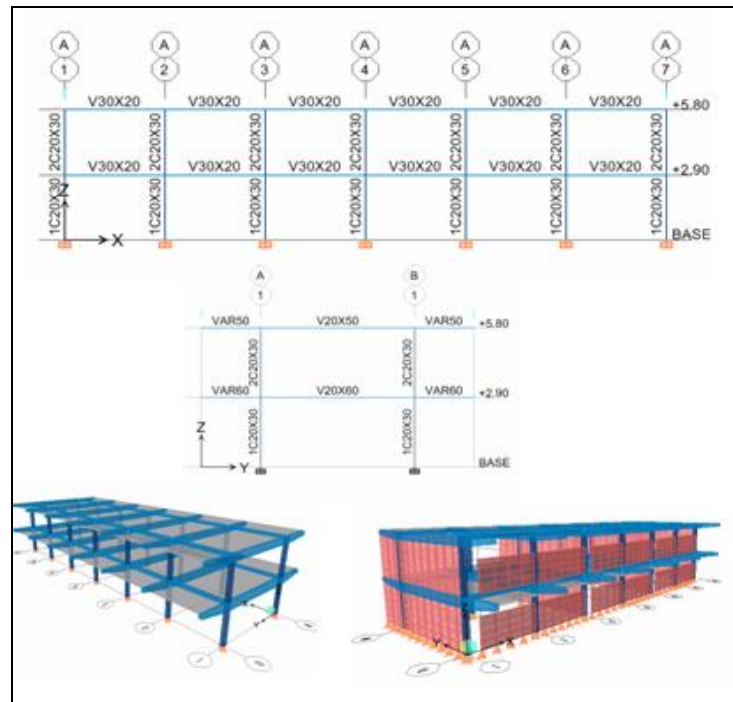


Figura 4.6.42.- Pórticos transversal y longitudinal. Imágenes tridimensionales de los modelos.

b) Acciones gravitacionales.

**Tabla 4.6.3.- Acciones gravitacionales.**

<i>Definición de Acciones</i>	<i>Planta Baja (kgf/m<sup>2</sup>)</i>	<i>Primer Piso (kgf/m<sup>2</sup>)</i>	<i>Techo (kgf/m<sup>2</sup>)</i>
<b>Variable</b>			
Áreas Públicas en Edificaciones Educativas (Escuelas, Liceos, Universidades, Institutos Técnicos y Similares)	400	400	
Escaleras y Balcones para Edificaciones distintas de Viviendas	500	500	
Áreas Privadas en Edificaciones Educativas (Escuelas, Liceos, Universidades, Institutos Técnicos y Similares)	300	300	
Techos sin acceso con CP > 50kgf/m <sup>2</sup> y pendientes menores de 15%			100
<b>Permanente</b>			
Losa Nervada Armada en una dirección espesor 20cm		270	270
Losa Maciza concreto de espesor 15 cm	360		
Base de Pavimento de Cemento con Arena Amarilla de espesor promedio 2.0cm	40	40	40
Granito artificial con un espesor total de 5 cm	100	100	
Pendientes de Bombeo de Cemento con Arena Amarilla de espesor promedio 3.0cm			65
Manto asfáltico hasta tres capas espesor promedio 4mm			15

c) *Acción sísmica*

En el espectro utilizado se tomaron las siguientes consideraciones:

Estructura TIPO I

Grupo "A"

Zona Sísmica 7 ( $A_0 = 0.40$ ;  $\alpha = 1.30$ ;  $R = 1$ )

Suelo S2,  $\varphi = 0.90$

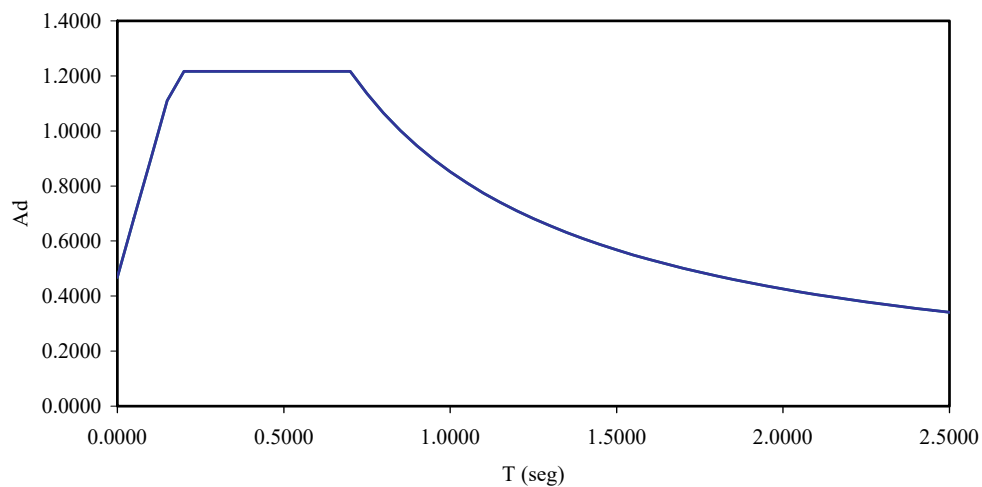


Figura 4.6.43.- Espectro.

d) *Períodos y modos de vibración*

A continuación se presentan los tres modos principales de vibración y masas participativas para cada uno de los modelos.

Tabla 4.6.4.- Propiedades dinámicas de los modelo.

Modelo	Modo								
	1			2			3		
	$T_1$ (seg)	$\beta_{1x}$ (%)	$\beta_{1y}$ (%)	$T_2$ (seg)	$\beta_{2x}$ (%)	$\beta_{2y}$ (%)	$T_3$ (seg)	$\beta_{3x}$ (%)	$\beta_{3y}$ (%)
1	1.106	89.79	0.00	0.603	0.00	91.63	0.596	0.00	0.09
2	1.575	88.42	0.00	0.824	0.00	90.49	0.812	0.00	0.04
3	0.346	91.56	0.02	0.148	8.30	0.01	0.114	0.09	75.34

e) Derivas

En la siguiente tabla se presentan las derivas máximas, medidas en el techo de la estructura, para los tres modelos, considerando un factor de reducción R=1.

**Tabla 4.6.5.- Derivas elásticas e inelásticas.**

Modelo	"R"	Deriva Elástica		%o Deriva Inelástica	
		$\Delta ex$	$\Delta ey$	$\Delta ix\%$	$\Delta iy\%$
1	1	0.051	0.022	40.60	17.26
2	1	0.077	0.037	61.70	29.24
3	1	0.010	0.001	7.63	0.80

Se puede observar en los resultados de derivas mostrados en la Tabla 4.6.5 la flexibilidad de la estructura sin paredes y aun mayor cuando se toma la inercia agrietada de los elementos estructurales. Las derivas obtenidas en los *modelos 1* y *2*, sobrepasan el valor normativo para edificaciones escolares, 12%.

f) Relación demanda/capacidad.

Se calculara la relación demanda/capacidad en corte y deriva. El corte resistente de las columnas ( $V_n$ ) se calculó según la norma COVENIN 1753, tomando en cuenta las cargas axiales en la misma, y sumando el corte resistido por el concreto ( $V_{nc}$ ) y el corte resistido por el acero transversal ( $V_{ns}$ ).

**Tabla 4.6.6.- Corte resistente en las columnas de planta baja y nivel 1.**

	$V_n (x)$ kgf	$V_n (y)$ kgf
C1	5660	6700
C2	5400	6400

El corte resistente se comparó con el corte proveniente de sumar las capacidades a flexión de las columnas, entre su luz libre, ( $V_p$ ). Cuando el corte por capacidad es mayor al corte resistente, se espera una falla frágil en el elemento.

**Tabla 4.6.7.- Corte por capacidad para cada uno del los modelos en las columnas de planta baja.**

Modelo	Altura libre (m)	$P_{ux}$ ton	$M_n (x)$ ton-m	$M_n (y)$ ton-m	$V_p (x)$ kgf	$V_p (y)$ kgf
1	2.7	49.3	2.45	4.45	1815	3296
2	2.7	49.3	2.45	4.45	1815	3296
3	1	42.5	2.7	5.2	5400	10400

En los *modelos 1 y 2*, en los que no se toma en cuenta la presencia de las paredes, las columnas son capaces de desarrollar su capacidad a flexión, mientras que en el *modelo 3* la altura libre de la columna se ve disminuida y el corte por capacidad supera al corte resistente, ocasionando esto que no se pueda desarrollar la capacidad a flexión de algunas columnas del pórtico A, produciéndose una falla frágil en la misma.

La capacidad total resistente a corte se obtuvo de sumar, el menor de los valores entre el corte resistente ( $V_n$ ) por capacidad ( $V_p$ ), en cada una de las columnas de la planta baja de la estructura.

A continuación se presenta una tabla resumen en el que se muestran las capacidades resistentes a corte en la base, por columna y totales, para cada uno de los modelos.

**Tabla 4.6.8.- Capacidad resistente en cada uno de los modelos.**

<i>Modelo</i>	<i>#Col</i>	<i>V<sub>y(x)</sub></i> <i>kgf</i>	<i>V<sub>y(y)</sub></i> <i>kgf</i>	<i>V<sub>yt(x)</sub></i> <i>kgf</i>	<i>V<sub>yt(y)</sub></i> <i>kgf</i>
<b>1</b>	14	1815	3296	25407	46148
<b>2</b>	14	1815	3296	25407	46148
<b>3</b>	14	5400	6700	75600	93800

**Tabla 4.6.9.- Relación demanda capacidad por corte en cada uno de los modelos.**

<i>Modelo</i>	<i>"R"</i>	<i>V(x) (ton)</i>		<i>V(y) (ton)</i>		<i>V/V<sub>y</sub></i>	
		<i>Muros</i>	<i>Columnas</i>	<i>Muros</i>	<i>Columnas</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
<b>1</b>	1	-	304.2	-	485.9	12.0	10.5
<b>2</b>	1	-	216.4	-	409.6	8.5	8.9
<b>3</b>	1	-	411.4	-	411.5	5.4	4.4

De los resultados presentados en la Tabla 4.6.9 se muestra como los valores de demandada sísmica superan la capacidad resistente en cada uno de los modelos, evidenciando la vulnerabilidad de este tipo de edificaciones escolares en zonas de elevada demanda sísmica.

El valor de deriva máxima permitida asumida para este estudio fue de 6%. Este valor es tomado considerando que las estructuras analizadas fueron construidas bajo un nivel de detallado muy pobre, y con materiales de baja resistencia, que no cumplen con los requerimientos normativos actuales, no siendo capaces de desarrollar derivas muy altas conservando su estabilidad.

A continuación se presenta los valores de relación demanda/capacidad de deriva para los tres modelos estudiados de la estructura.



**Tabla 4.6.10.- Relación demanda capacidad por deriva en cada uno de los modelos.**

Modelo	"R"	%o Deriva Inelástica		Δmax	Δi/Δmax	
		Δix%o	Δiy%o		x	y
1	1	51	22	12.0	4.23	1.80
2	1	77	37	12.0	6.43	3.05
3	1	27	2	12.0	2.24	0.19

Al igual que en la Tabla 4.6.9 en la Tabla 4.6.10 se evidencia como la deriva obtenida, para la demanda sísmica estudiada, supera los valores límites establecidos en este estudio.

*g) Análisis Estático No-lineal.*

Los valores de capacidad obtenidos en el análisis lineal de los tres modelos son complementados a través del análisis no lineal de los *modelos 1 y 3*.

Se definieron las propiedades no lineales de los elementos a partir de la capacidad a flexión, flexo compresión y corte de vigas y columnas, así como también, la capacidad de resistir fuerza axial en las bielas equivalentes que modelan el comportamiento de las paredes. En el caso de las vigas estas propiedades fueron asignadas en los extremos del miembro, mientras que para las columnas las propiedades correspondiente a la flexo compresión fueron asignadas en los extremos y las de corte en la mitad de la altura libre del miembro. En las bielas equivalentes las propiedades no lineales fueron asignadas en la mitad del miembro. La ubicación de estas secciones de fallas corresponde al lugar más probable de incursión en el rango no lineal de cada elemento, para una combinación de carga gravitacional y carga lateral.

Los valores que determinan la forma del diagrama momento curvatura, para vigas y columnas fueron tomados como referencia del FEMA 356. Estos valores dependen en el caso de las vigas del acero de refuerzo longitudinal y el corte resistente, y en el caso de la columna depende de la carga axial y el corte resistente, .En ambos casos, columnas y vigas, están no conformes (NC) con respecto al refuerzo transversal, según FEMA 356.

El análisis se realizó en la dirección mas larga de la estructura, por ser esta la mas vulnerable al presentar columnas cortas ocasionadas por la presencia de mampostería a media altura. El patrón de carga fue triangular, considerando el modo de vibración principal, y se tomo a partir de la deformada por carga gravitacional.

Una vez calculada la capacidad de la estructura, a través de análisis no lineales, se calcularan los valores de demanda, según lo establecido en el FAMA 356 y el FEMA 440.

A continuación se presentan las curvas de capacidad, Cortante en la base vs. desplazamiento en el techo, para los *modelos 1 y 2*.

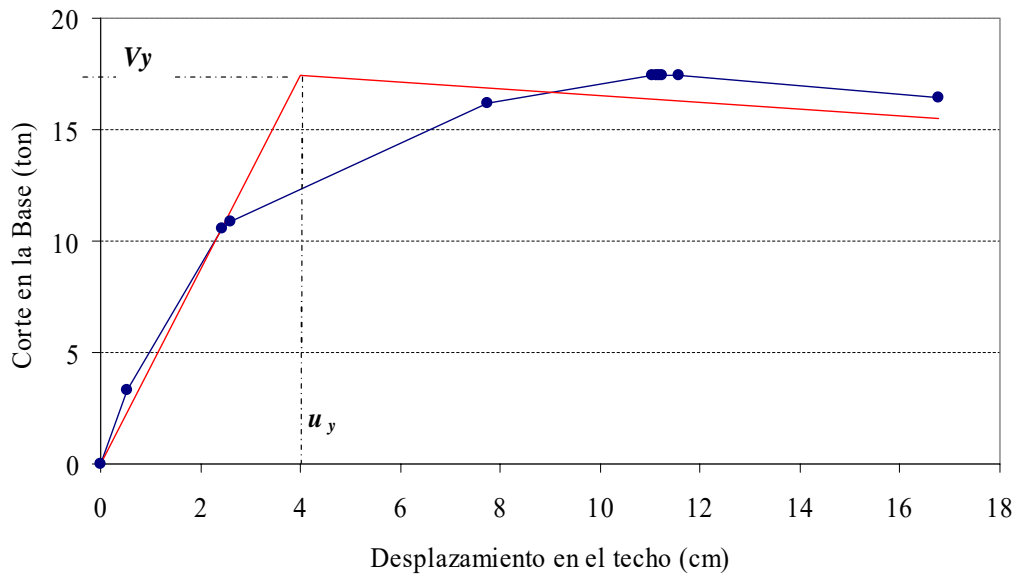


Figura 4.6.44.- Curva de capacidad *Modelo 1*

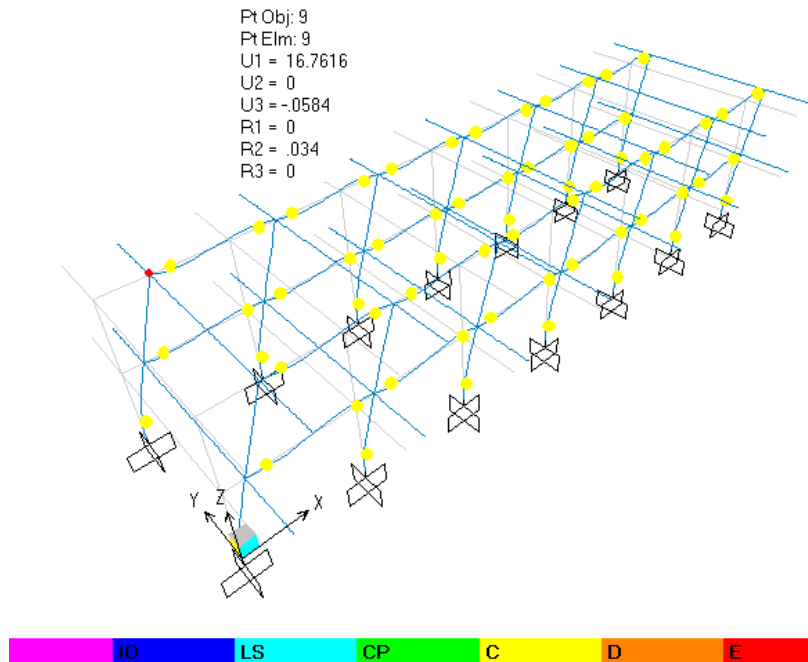
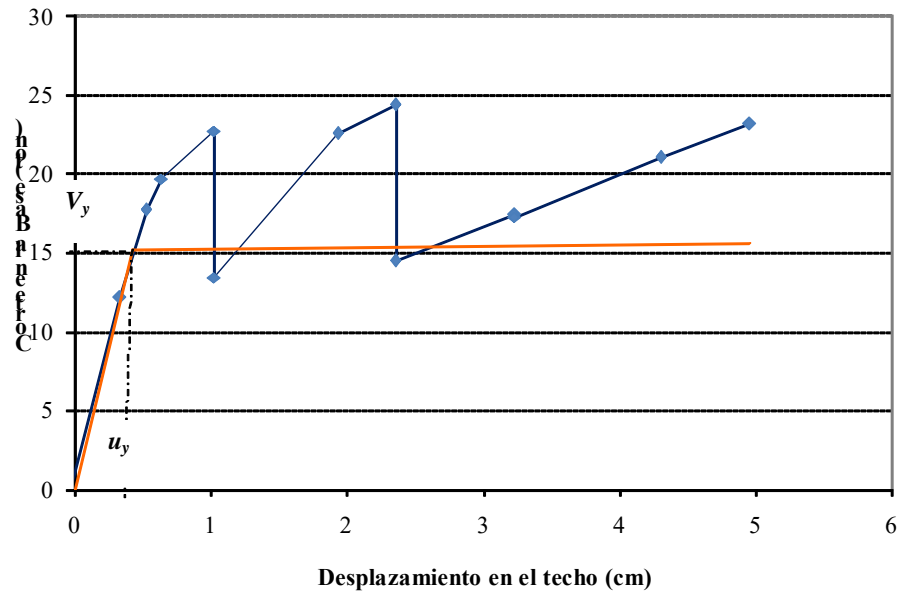
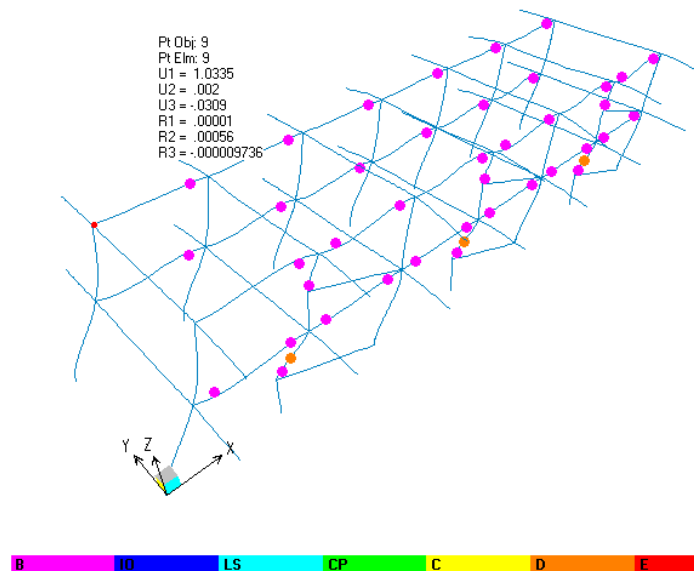


Figura 4.6.45.- Figura de rotulas plásticas *Modelo 1*

En el análisis del *modelo 1*, podemos observar la cadencia por flexión en las vigas y en el extremo inferior de las columnas de la planta baja, obteniéndose un cortante cedente ( $V_y$ ) de 17,4 ton y un desplazamiento cedente ( $u_y$ ), en el techo, de 4cm.



**Figura 4.6.46.- Curva de capacidad *Modelo 3***



**Figura 4.6.47.- Figura de rotulas plásticas *Modelo 3***

En el análisis del *modelo 3*, podemos observar la cadencia por flexión en las vigas en la dirección mas larga de la estructura, y las fallas frailes por corte ocasionadas en las columnas por la presencia de la mampostería a media altura, obteniéndose un cortante cedente ( $V_y$ ) de 15,26ton y un desplazamiento cedente ( $u_y$ ), en el techo, de 0.42cm.

La demanda fue calculada según la siguiente formulación:

$$V_d = C_1 C_2 C_3 C_m S_a W \quad ; \quad \mu_d = C_1 C_2 C_3 C_m S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

A continuación se presentan los valores de demanda calculados según el FEMA 356, para tres períodos de retorno, comparados con los valores de capacidad, obtenidos a través de los análisis no lineales, en los *modelos 1 y 3*

**Tabla 4.6.11.- Relación demanda capacidad por corte.**

Modelo	Vy (ton)	Vd(ton)			Vd/Vy		
		1000 años	500 años	50 años	1000 años	500 años	50 años
1	16.8	207.7	159.8	111.9	12	9	7
3	15.3	3622.8	1677.3	672.0	237	110	44

**Tabla 4.6.12.- Relación demanda capacidad por desplazamiento.**

Modelo	μy (cm)	μd (cm)			μd/μy		
		1000 años	500 años	50 años	1000 años	500 años	50 años
1	3.8	37.3	28.7	20.1	9.8	7.5	5.3
3	0.4	91.6	42.4	17.0	216.2	100.1	40.1

Al igual que en el análisis lineal, la demanda supera en mucho a la capacidad, es por ellos que se plantea la necesidad de reforzar sísmicamente, este tipo de estructuras, ya que si bien estas son capaces de resistir muy bien cargas gravitacionales, como lo han demostrado a través del tiempo, no son capaces de resistir adecuadamente las fuerzas ocasionadas por eventos sísmicos.

#### 4.6.5.- Refuerzo Estructural de la E. B. José Antonio Rodríguez Abreu

De los resultados obtenidos en las secciones anteriores de este informe, se plantea la necesidad de ejecutar un refuerzo que sea capaz de resistir la demanda sísmica y que a su vez limite la desplazabilidad, ante la misma, para así evitar la aparición de fallas frágiles en las columnas que puedan comprometer la estabilidad de la estructura.

##### a) Opciones de refuerzo.

A continuación se presentan dos opciones de refuerzo que propone colocar diagonales de acero estructural y muros de concreto armado, para absorber la demanda sísmica y controlar la deriva ocasionada por la misma.

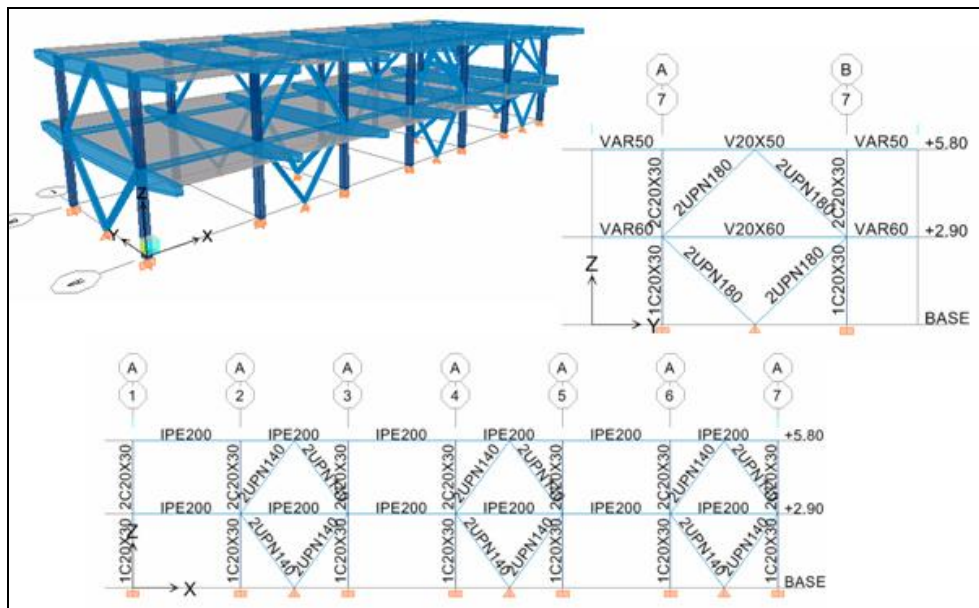


Figura 4.6.48.- Figura del Modelo 4.Propuesta de refuerzo.

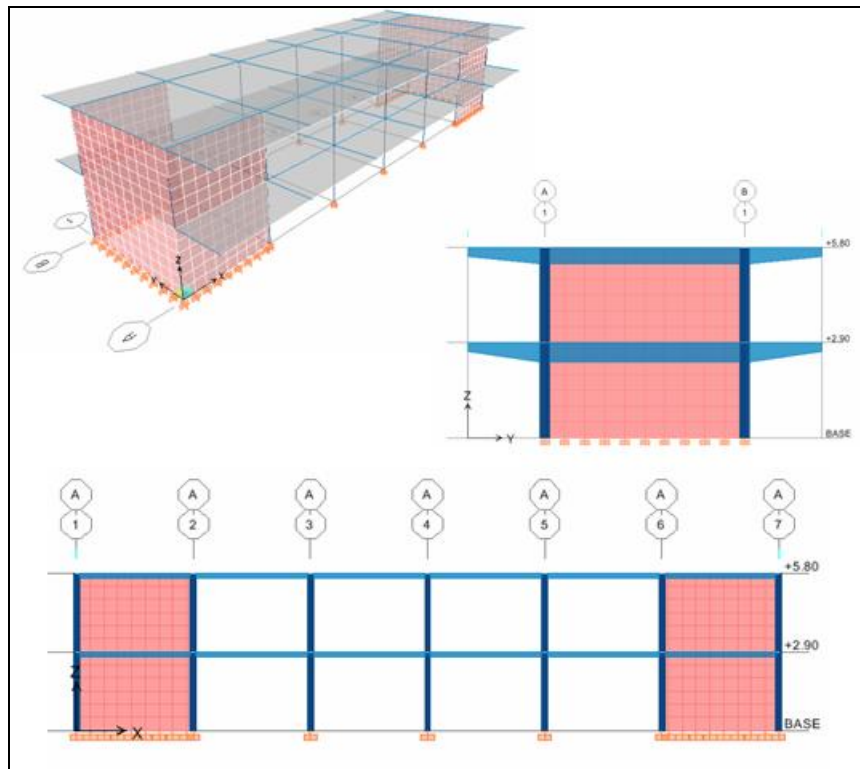


Figura 4.6.49.- Figura del Modelo 5.Propuesta de refuerzo sin paredes



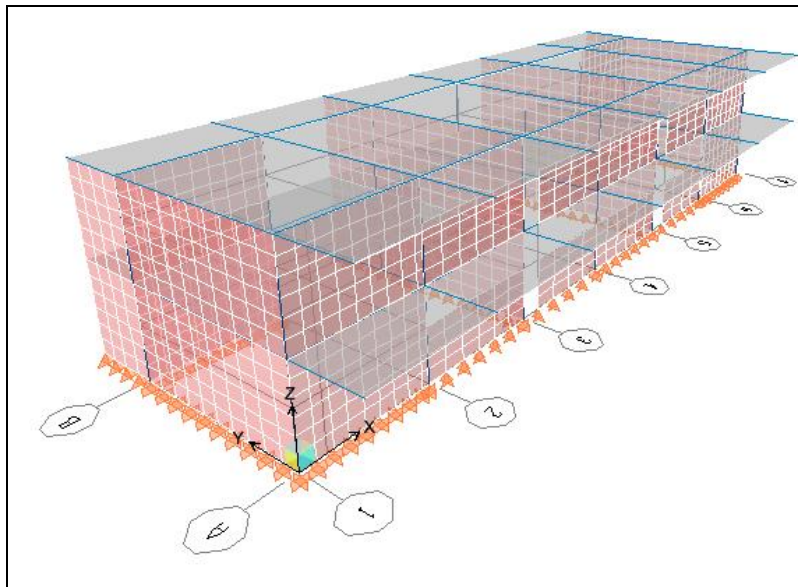


Figura 4.6.50.- Figura del *Modelo 6*. Propuesta de refuerzo con paredes

El análisis espectral se realizó tomando un factor de reducción de dos ( $R=2$ ). Los resultados para ambas opciones de refuerzo se muestran a continuación.

Tabla 4.6.13.- Propiedades dinámicas de los modelos.

	Modo								
	1			2			3		
Modelo	$T_1$ (seg)	$\beta_{1x}$ (%)	$\beta_{1y}$ (%)	$T_2$ (seg)	$\beta_{2x}$ (%)	$\beta_{2y}$ (%)	$T_3$ (seg)	$\beta_{3x}$ (%)	$\beta_{3y}$ (%)
4	0.179	93.38	0.00	0.157	0.00	83.72	0.131	0.00	10.11
5	0.066	87.32	0.00	0.063	0.00	92.54	0.043	0.00	0.00
6	0.065	87.30	0.00	0.061	0.00	92.39	0.042	0.00	0.00

Si se comparan estos modelos con los modelos sin refuerzo, se puede observar que son menos flexibles, por lo cual las derivas obtenidas son mucho menores, como se observa en la Tabla 4.6.13, siendo más rígido el modelo con refuerzo de muros en concreto armado.

La deriva máxima evaluada en este análisis, fue tomada como dos por mil (2‰), que es la deriva aproximada, a la cual se forman las fallas por corte en las columnas, en el análisis no lineal del *modelo 3*.

**Tabla 4.6.14.- Relación demanda capacidad por deriva en cada uno de los modelos.**

Modelo	"R"	Deriva Elástica		%o Deriva Inelástica	
		$\Delta ex$	$\Delta ey$	$\Delta ix\%$	$\Delta iy\%$
4	2	0.853	0.855	1.36	1.37
5	2	0.161	0.146	0.26	0.23
6	2	0.157	0.136	0.25	0.22

**Tabla 4.6.15.- Relación demanda capacidad por corte.**

Modelo	"R"	%o Deriva Inelástica		$A_{max}$	$\Delta i/\Delta_{max}$	
		$\Delta ix\%$	$\Delta iy\%$		x	y
4	2	1.36	1.37	2.0	0.68	0.68
5	2	0.26	0.23	2.0	0.13	0.12
6	2	0.25	0.22	2.0	0.13	0.11

b) Refuerzo estructural seleccionado:

El refuerzo estructural seleccionado, fue el refuerzo con muros de concreto armado, ya que, la aplicación del mismo garantiza de una manera más confiable que la estructura no alcance deformaciones que la lleven a su colapso, durante eventos sísmicos de elevada demanda. Así mismo esta propuesta trae como consecuencia una menor intervención en las fundaciones de la estructura existente. La misma es aplicable en las edificaciones escolares cubiertas en este estudio, Luis Alvarado, Jesús A Rodríguez Abreu, Petrica Reyes de Quilarte y Manuel María Urbaneja.

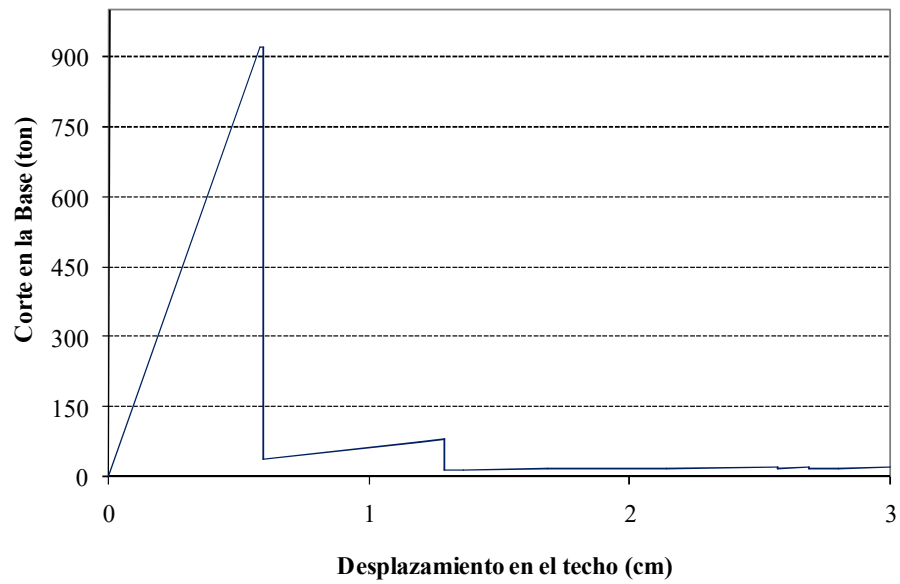
c) Análisis Estático No-lineal del refuerzo estructural.

Los valores de capacidad obtenidos en el análisis lineal del refuerzo son complementados a través del análisis no lineal de los *modelos 5 y 6*.

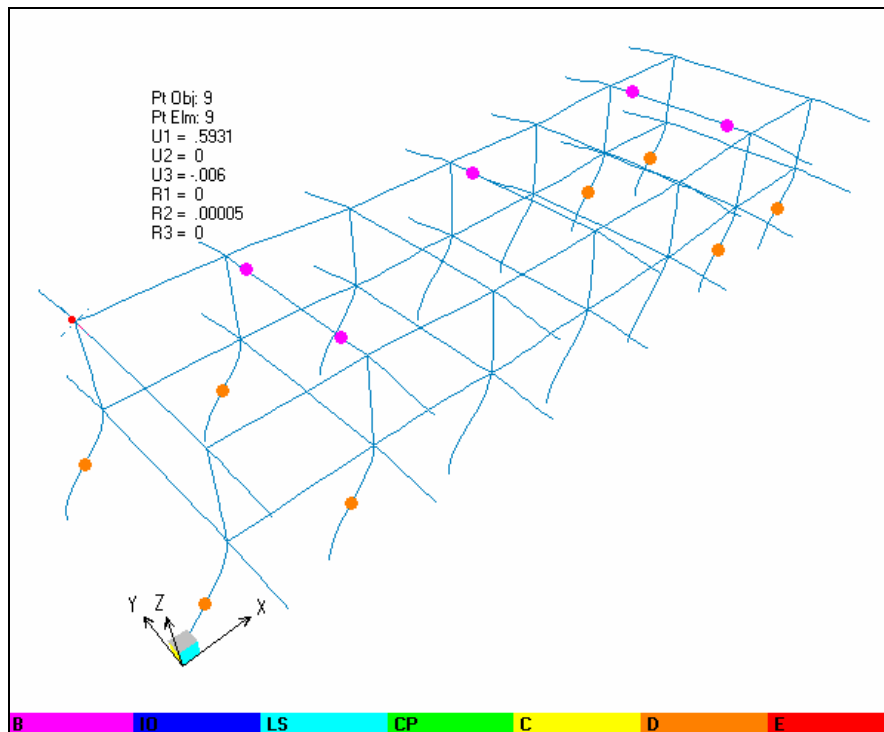
El análisis se realizó en la dirección mas larga de la estructura, por ser esta la mas vulnerable al presentar columnas cortas ocasionadas por la presencia de mampostería a media altura. El patrón de carga fue triangular, considerando el modo de vibración principal, y se tomo a partir de la deformada por carga gravitacional.

Una vez calculada la capacidad de la estructura, a través de análisis no lineales, se calcularan los valores de demanda, según lo establecido en el FAMA 356 y el FEMA 440.

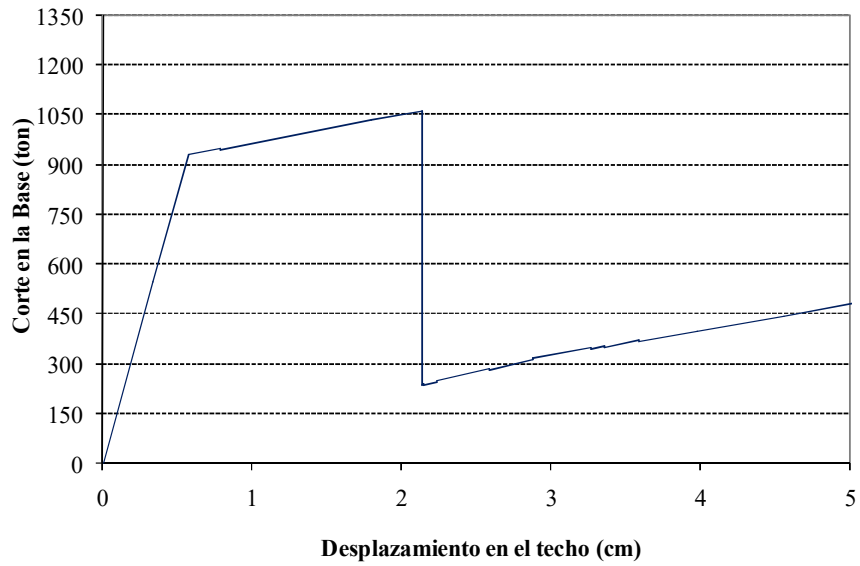
A continuación se presentan las curvas de capacidad, Cortante en la base vs. desplazamiento en el techo, para los *modelos 5 y 6*.



**Figura 4.6.51.- Curva de capacidad *Modelo 5***

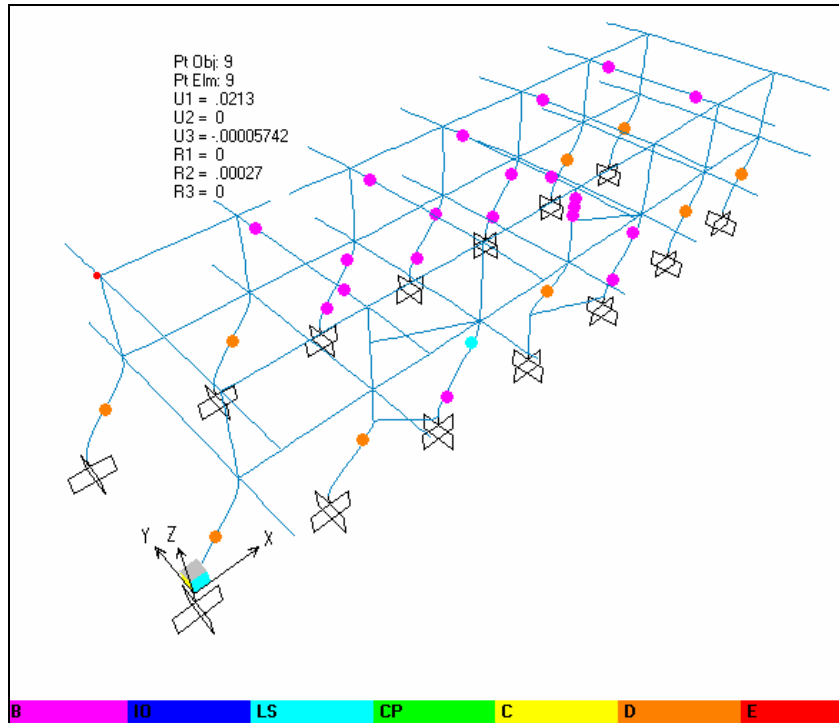


**Figura 4.6.52.- Figura de rotulas plásticas *Modelo 5***



**Figura 4.6.53.- Curva de capacidad *Modelo 6***

En las curvas de demanda capacidad de los modelos reforzados con paredes y sin paredes, muestran un gran aumento de rigidez y resistencia. Las caídas de resistencia en ambos modelos ocurre por las fallas por corte en los muros de refuerzo, esta caída ocurre a un desplazamiento mayor al demandado, calculado tanto por COVENIN como por el FEMA 356.



**Figura 4.6.54.- Figura de rotulas plásticas *Modelo 6***

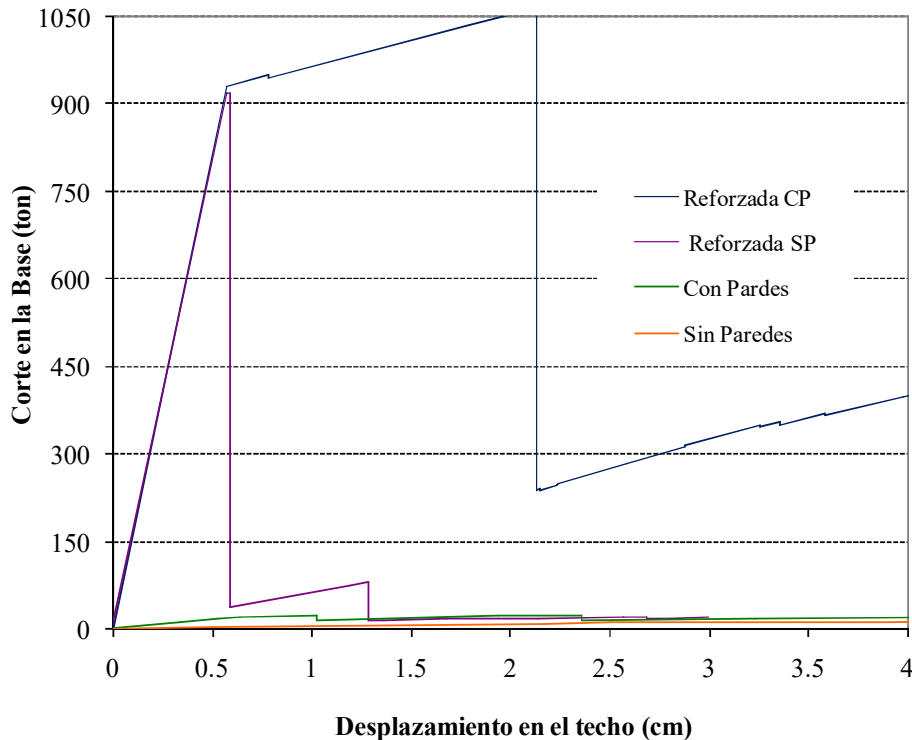
A continuación se presentan los valores de demanda calculados según el FEMA 356, para tres períodos de retorno, comparados con los valores de capacidad, obtenidos a través de los análisis no lineales, en los *modelos 5 y 6*.

**Tabla 4.6.16. Relación demanda capacidad por corte.**

Modelo	Vy (ton)	Vd(ton)			Vd/Vy		
		1000 años	500 años	50 años	1000 años	500 años	50 años
5	920	158	118	80	0.17	0.13	0.09
6	549	173	126	84	0.31	0.23	0.15

**Tabla 4.6.17.- Relación demanda capacidad por desplazamiento.**

Modelo	$\mu_y$ (cm)	$\mu_d$ (cm)			$\mu_d/\mu_y$		
		1000 años	500 años	50 años	1000 años	500 años	50 años
5	0.6	0.05	0.04	0.03	0.09	0.07	0.05
6	0.3	0.06	0.04	0.03	0.17	0.12	0.08



**Figura 4.6.55.- Curva de capacidad Modelo 1, 3, 5 y 6**



d) Planos

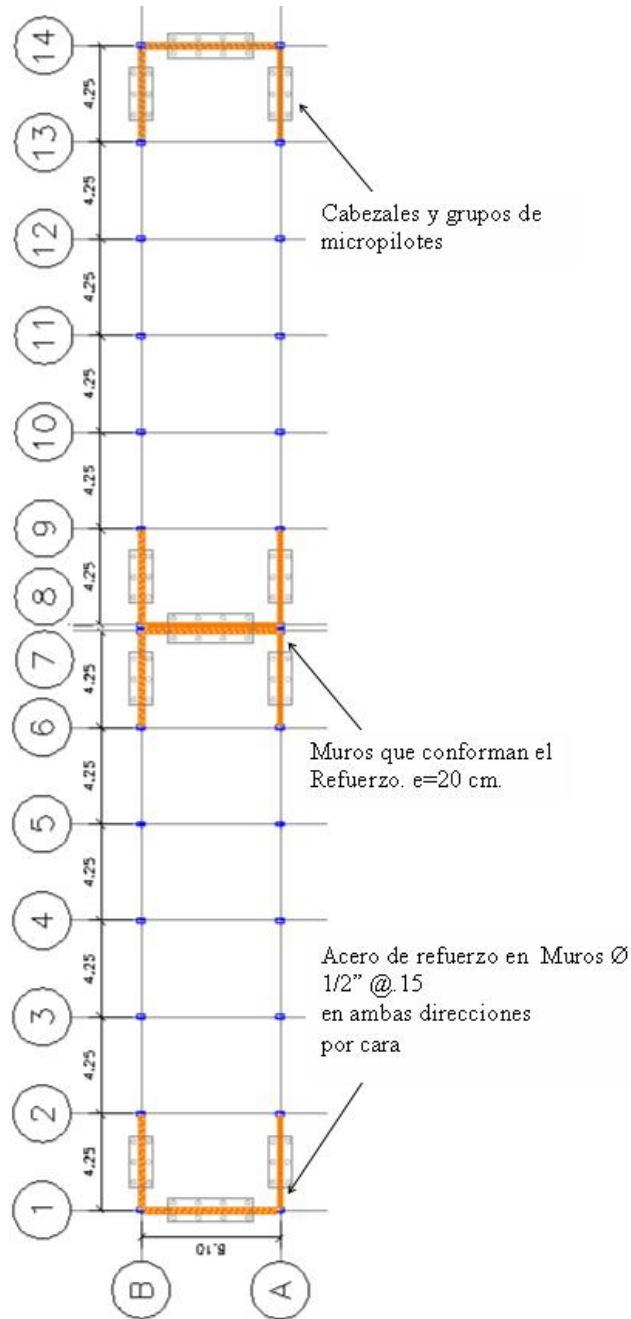


Figura 4.6.56.- Planta Nivel +0.00. Propuesta de Fundación

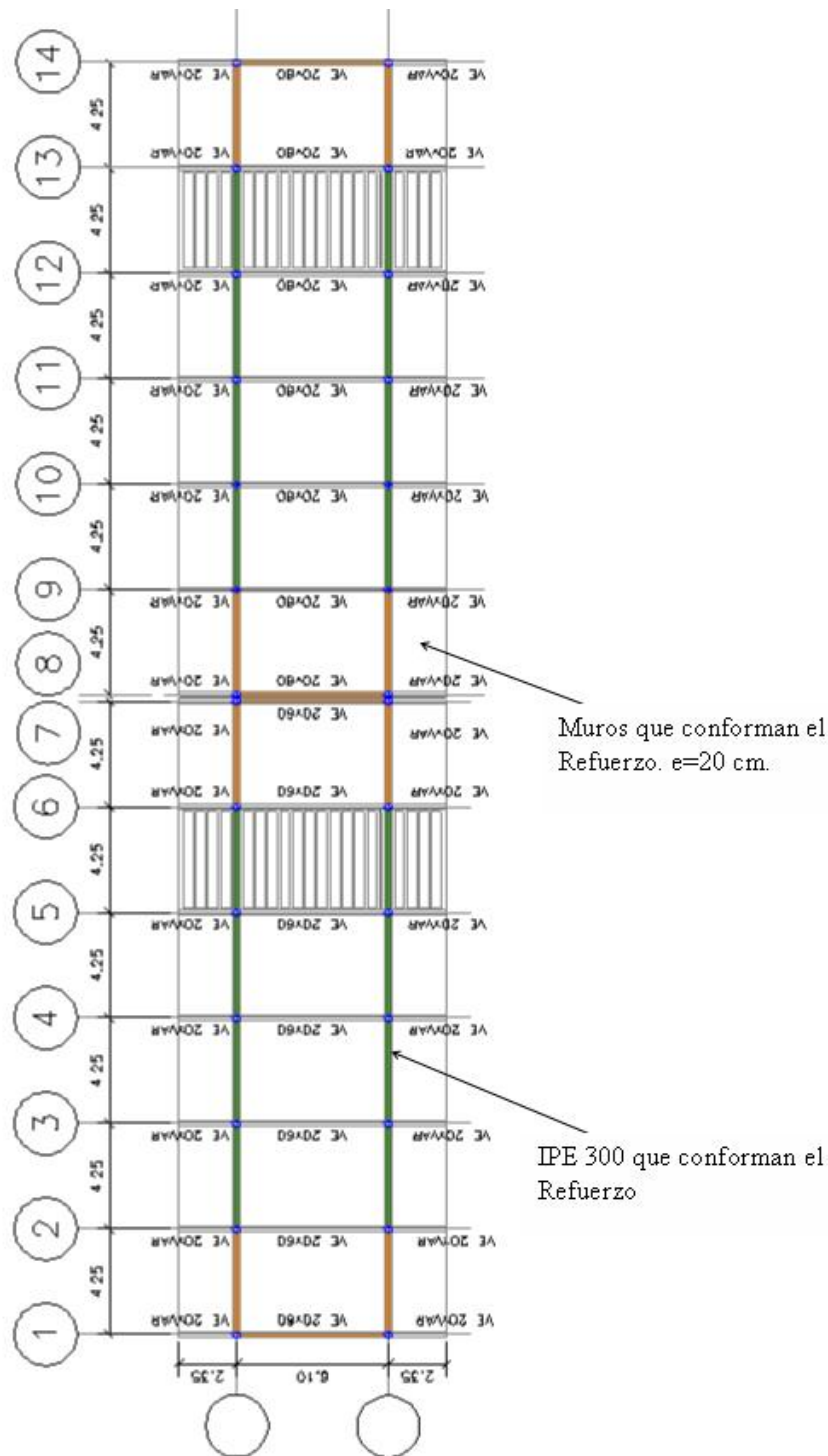


Figura 4.6.57.- Planta Nivel +2.90 y +5.80

e) Costos

A continuación se presentan los costos asociados al refuerzo estructural, de un modulo.

**Tabla 4.6.18.- Costo aproximado sin incluir el sistema de fundaciones ni obras adicionales.**

Descripción	Unidad	Cantidad	P.U	Bsf
Suministro Transporte y Colocación de Concreto en Muros, $f_c=250$ kgf/cm <sup>2</sup> (Incluye Encofrado)	m <sup>3</sup>	26	2.500,00	65.000,00
Suministro Transporte y Colocación de Acero de Refuerzo $\phi$ 1/2"	kgf	2607	12,00	31.284,00
Suministro, transporte y colocación de perfiles IPE300 laminados	kgf	1580	20,00	31.600,00
			<b>Total (Bsf)</b>	<b>127.884,00</b>

f) Conclusiones sobre la E. B. José Antonio Rodríguez Abreu

- La Estructura en su condición actual sin mampostería y/o con mampostería no satisface los requerimientos de Resistencia ante la Demanda impuesta por las cargas gravitacionales y la acción sísmica proveniente de un espectro de diseño de conformidad a la Norma COVENIN 1756-01
- La Estructura en su condición actual sin mampostería y/o con mampostería obtiene Derivas inelásticas superiores a las máximas permitidas, ante la Demanda impuesta por la acción sísmica proveniente de un espectro de diseño de conformidad a la Norma COVENIN 1756-01.
- En los análisis Estáticos y Estáticos No Lineales realizados a los modelos con mampostería, se obtiene que la demanda por corte es mayor a la resistencia por corte, en las columnas, específicamente en aquellas en las que se presenta el efecto de columna corta, en todas aquellas zonas con paredes a media altura, limitando la capacidad y ductilidad de la estructura.
- La incorporación del refuerzo propuesto genera un aumento considerable de la rigidez, limitando así el desplazamiento lateral, logrando con ello minimizar la ocurrencia de fallas frágiles ante un evento sísmico.
- La Demanda de Desplazamiento y Corte calculada a través del FEMA 440 fue superior a la capacidad de la estructura en todos los modelos donde la misma se encontraba en su condición actual, con mampostería y sin mampostería.

- La Capacidad de la Estructura en aquellos modelos donde se incorporó el Refuerzo Propuesto fue superior a la Demanda Impuesta por el FEMA 440.
- La máxima deriva inelástica obtenida para el análisis espectral de la estructura reforzada, es menor al valor de desplazamiento para el cual, según el análisis estático no lineal del *modelo 3*, se producirían las fallas frágiles ocasionadas por la presencia de columnas cortas.
- Las demandas de desplazabilidad calculadas a través del FEMA 440, para tres periodos de retorno, son menores al valor de desplazamiento para el cual, según el análisis estático no lineal del *modelo 3*, se producirían las fallas frágiles ocasionadas por la presencia de columnas cortas.

#### 4.6.6.- Análisis detallado de la U.E. Luís Alejandro Alvarado

##### a) Descripción de la Edificación

Además de la U.E. Luís Alejandro Alvarado, se visitaron: la Escuela Rafael Briceño Ortega y la U.E. José Rafael Revenga, todas ubicadas en el Estado Aragua. De todas las instituciones se obtuvo información en sitio en cuanto a su arquitectura y estructura, para ser comparadas entre sí. Se selecciona la U.E. Luís Alejandro Alvarado para realizar su evaluación detallada en vista de que, es la que posee el mayor deterioro observado cuando se realizó las inspecciones y adicionalmente por tener una gran similitud con la Escuela Valentín Valiente, la cual colapsó ante la ocurrencia del Terremoto de Cariaco del 9 de Julio de 1997.

La Unidad Educativa Luís Alejandro Alvarado fue creada en el año de 1953.

La estructura de la U.E. Luís Alejandro Alvarado está compuesta por un solo edificio y dos módulos desalineados y que se encuentran separados por una junta de construcción, ver Figura 4.6.58. La escalera descansa sobre el primer módulo, ver Figura 4.6.59 y toda la edificación es de forma rectangular.



**Figura 4.6.58.- U.E Luís Alejandro Alvarado. Se observa el desfase de los dos edificios**



**Figura 4.6.59.- Escalera apoyada en uno de los módulos.**

Cada módulo está formado por un primer nivel que es la planta baja y un segundo nivel que es la planta alta, para un total de 6 salones por módulo y 12 salones por edificio. Unido a esta construcción se encuentra un pasillo que une a esas instalaciones donde se imparten clases con un anexo donde se encuentra la Dirección, entre otros.

La U.E. esta integrada por dos módulos de los cuales cada uno de ellos tiene 7 pórticos en la dirección corta con ausencia en la dirección larga, haciendo un total de 14 pórticos por edificio. Cada pórtico se encuentra separado a una distancia de 4,25 mts. Por cada módulo existen seis vanos en la dirección larga y dos vanos en la dirección corta, definiendo un total de 28 columnas de concreto armado por módulo de sección típica 20x30 cms, y las vigas de planta baja tienen dimensiones de 20x60 cm, mientras que la planta alta son de 20x50 cm, al igual que las columnas las vigas también son de concreto armado.

La altura de entepiso de la planta baja es 2,90 mts y la del segundo piso es 2,85 mts. Los edificios son rectangulares de 25,5 de largo y 10,8 mts de ancho.

Existen dos volados uno para la fachada oeste y otra para la fachada sur, esto es para los dos edificios cuya longitud es de 2,35 mts. Las escaleras que están apoyadas en el primer edificio tiene las siguientes dimensiones 4,15 mts x 4,70 mts.

En cuanto al tipo de losa, esta por definirse, pero su espesor es de 25 cm.

Las aulas de clase tienen dimensiones de 8,5x8,45 mts cada una, con unos bancos de concretos que se encuentran dentro de las aulas y que se apoyan entre las columnas y posteriormente continua con un volado de longitud de 74 cm con un espesor de 17 cm, y ubicado a una altura de 62 cm del piso, ver Figura 4.6.60.



**Figura 4.6.60.- Aula de clases.**

La fachada sur esta construida con paredes de mampostería de bloques de concreto de 20 cm de espesor, no frisadas, la altura es de 2.10 mts en planta baja, ver Figura 4.6.61, se observa que las paredes no son continuas hasta la viga, sino que se continúa con rejas con una altura de 60 cm lo que genera el efecto de columna corta, esto igual sucede con la planta alta la diferencia es la altura de pared que es de 2,05 mts.





**Figura 4.6.61.- Fachada Sur**

Los pórticos 1 y 14, ver Figura 4.6.62 y 4.6.63, también son de bloques de concreto no frisados y cubren casi todo el pórtico exceptuando en uno de los volados donde se continua con una reja. Las únicas paredes que están frisadas son las que internamente dividen los salones. Conjuntamente la fachada norte en planta baja esta formada por bloques de ventilación y rejas, los bloques de ventilación son de 20 cm, formando una pared de altura de 1,10 m, mientras que para el segundo nivel solo existen en rejas en toda su altura, ver Figura 4.6.64.



**Figura 4.6.62.- Fachada Este.**



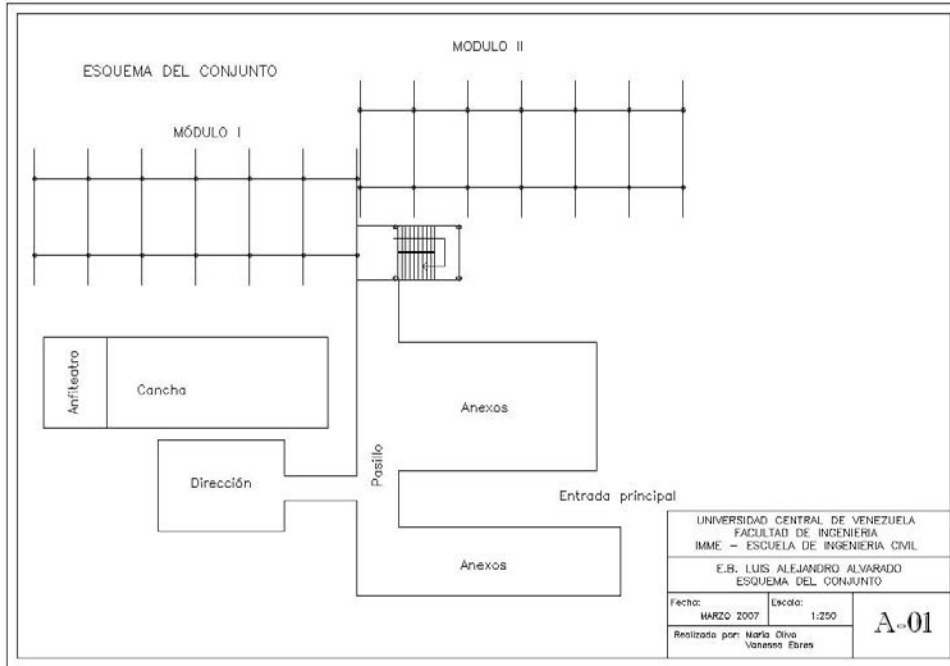
**Figura 4.6.63.- Fachada Oeste.**



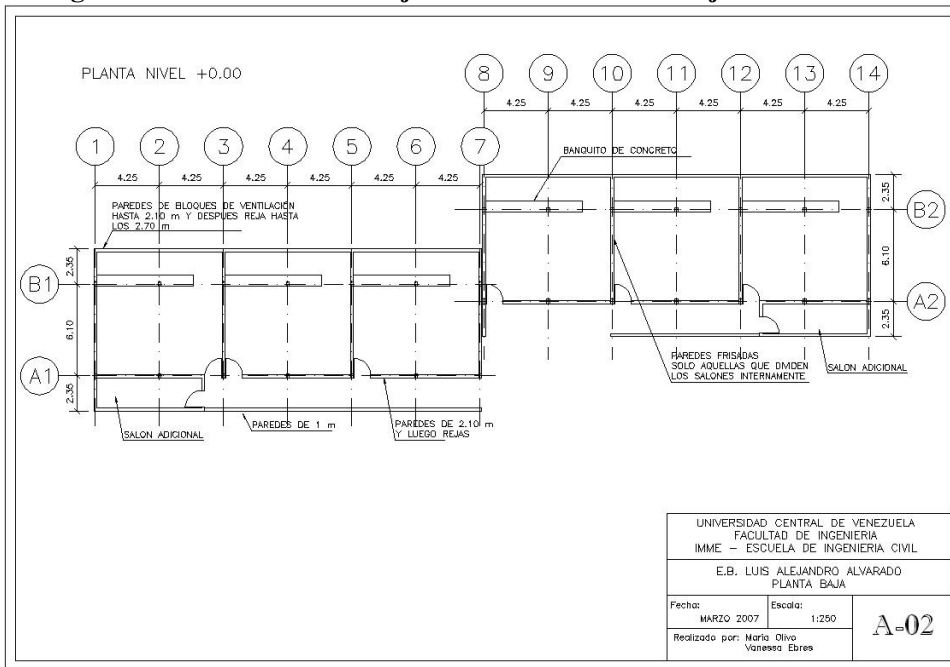
**Figura 4.6.64.- Fachada Norte.**

b) Planos Arquitectónicos.

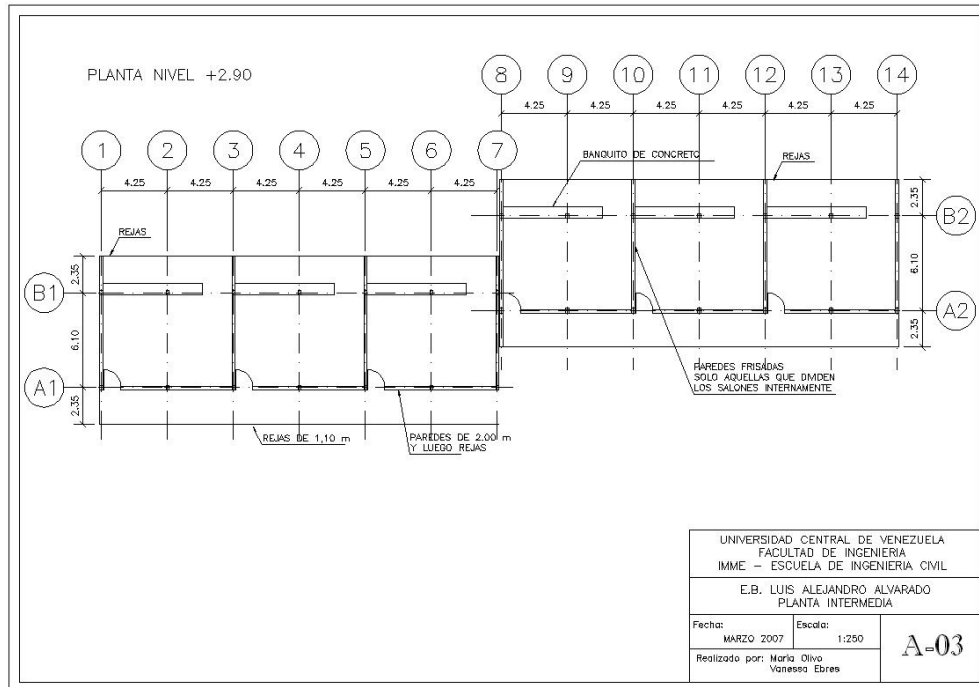
A continuación se presentan desde las Figuras 4.6.65 a la 4.6.85 los planos de arquitectura correspondientes a la escuela en estudio:



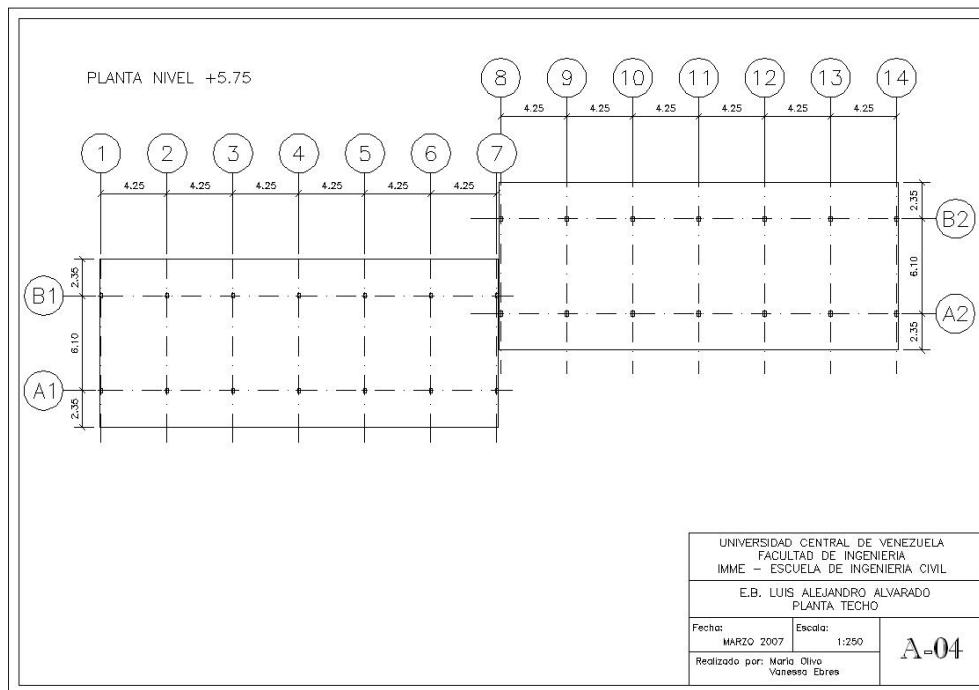
**Figura 4.6.65.- Plano del conjunto de la U.E. Luis Alejandro Alvarado.**



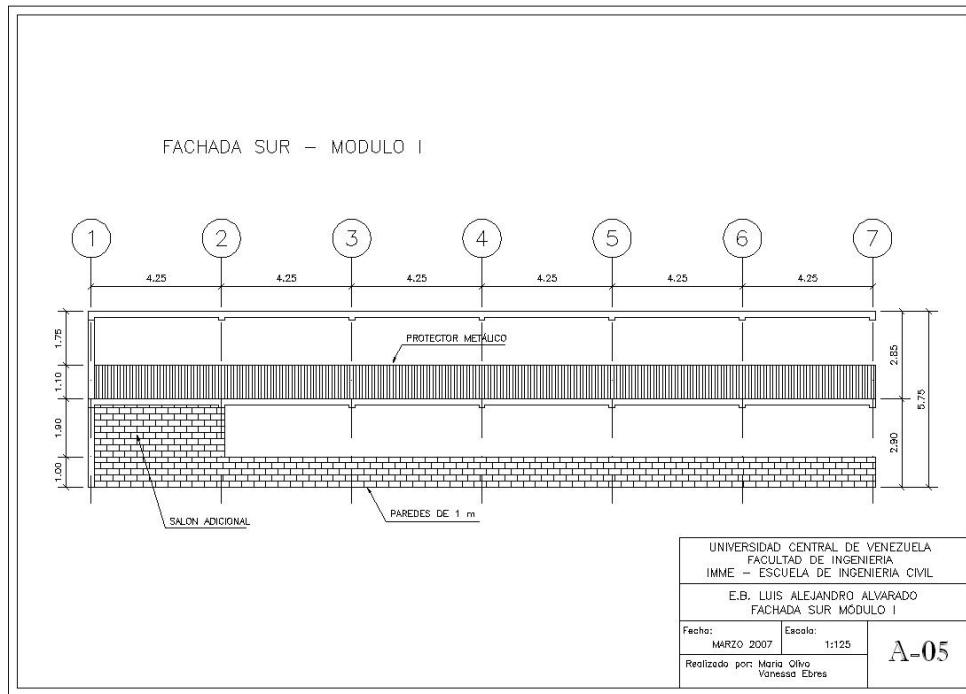
**Figura 4.6.66.- Plano de la Planta Baja.**



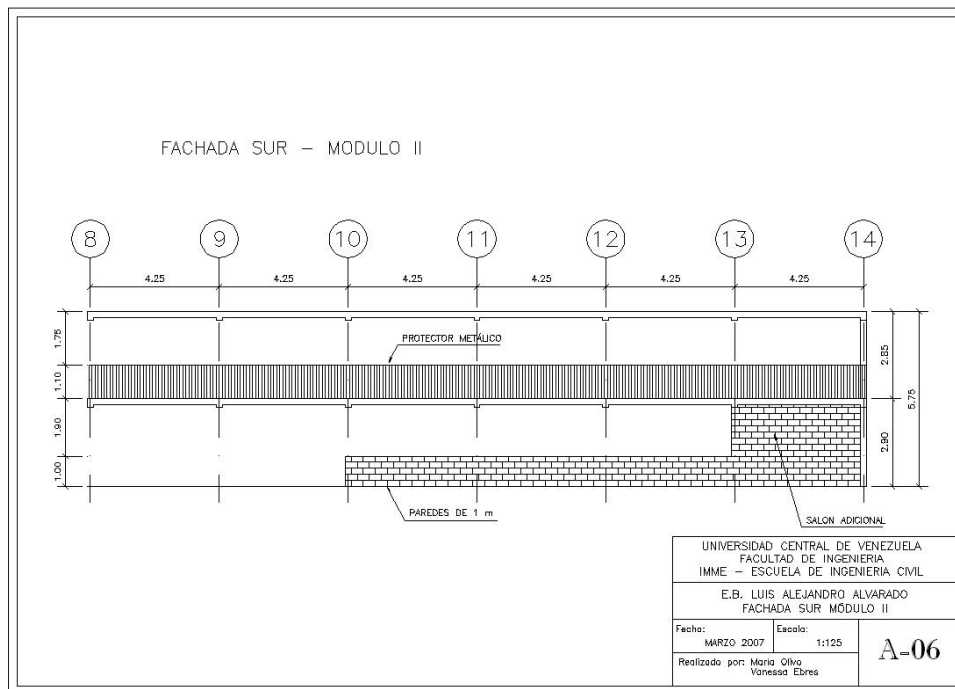
**Figura 4.6.67.- Plano de la Planta Intermedia.**



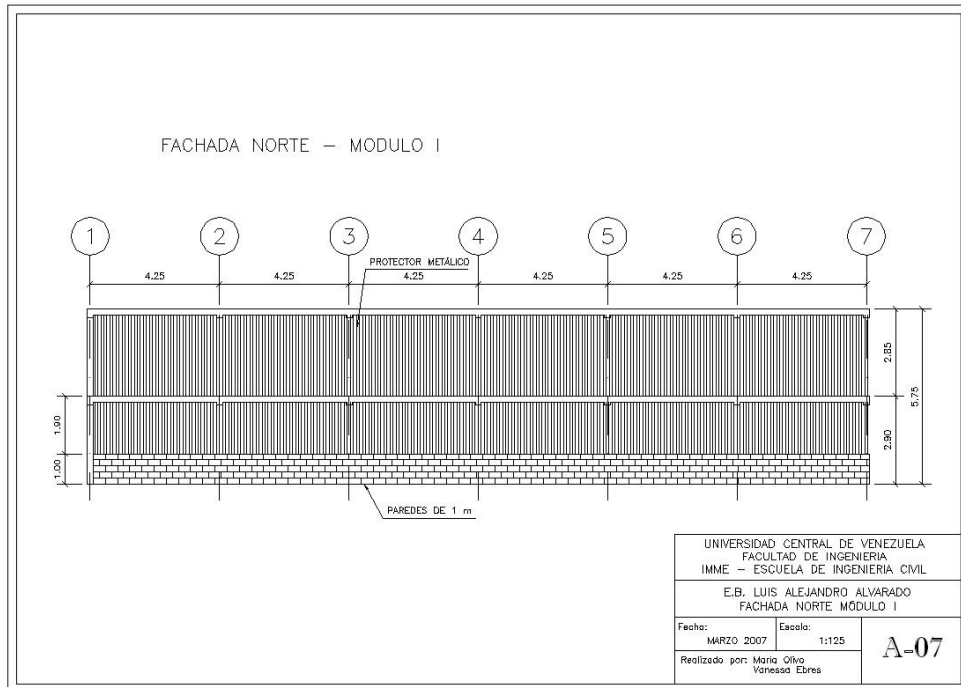
**Figura 4.6.68.- Plano de la Planta Techo.**



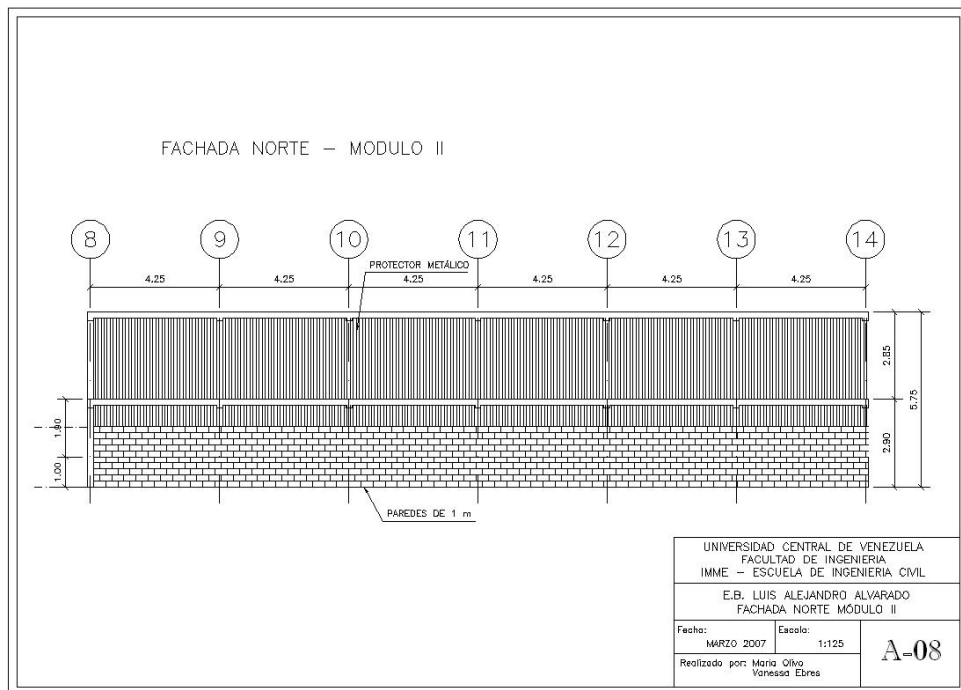
**Figura 4.6.69.- Plano de la Fachada Sur del Módulo I.**



**Figura 4.6.70.- Plano de la Fachada Sur del Módulo II.**

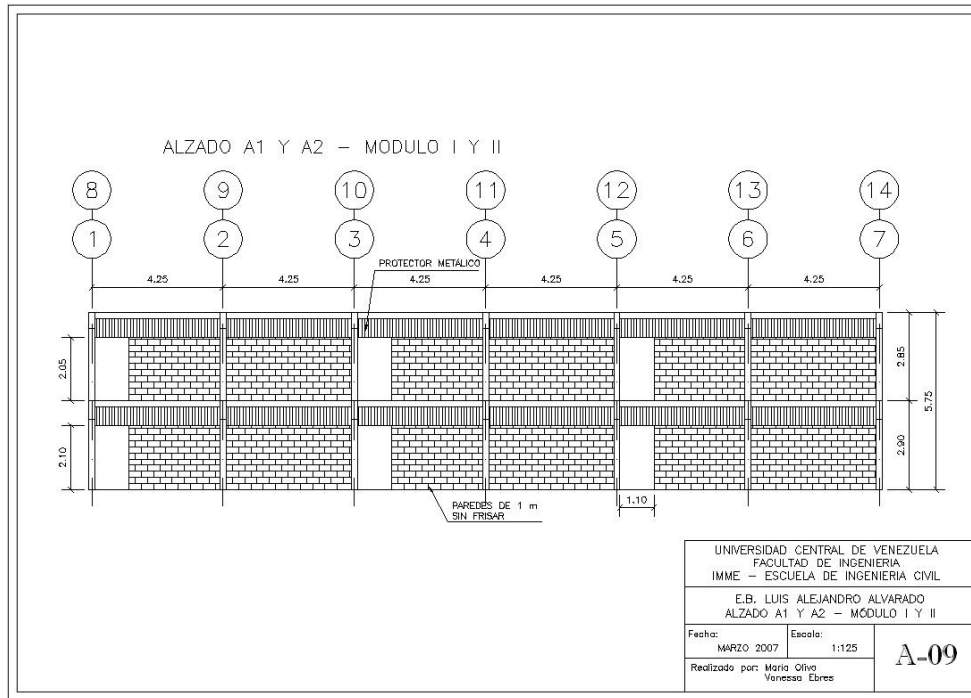


**Figura 4.6.71.- Plano de la Fachada Norte del Módulo I.**

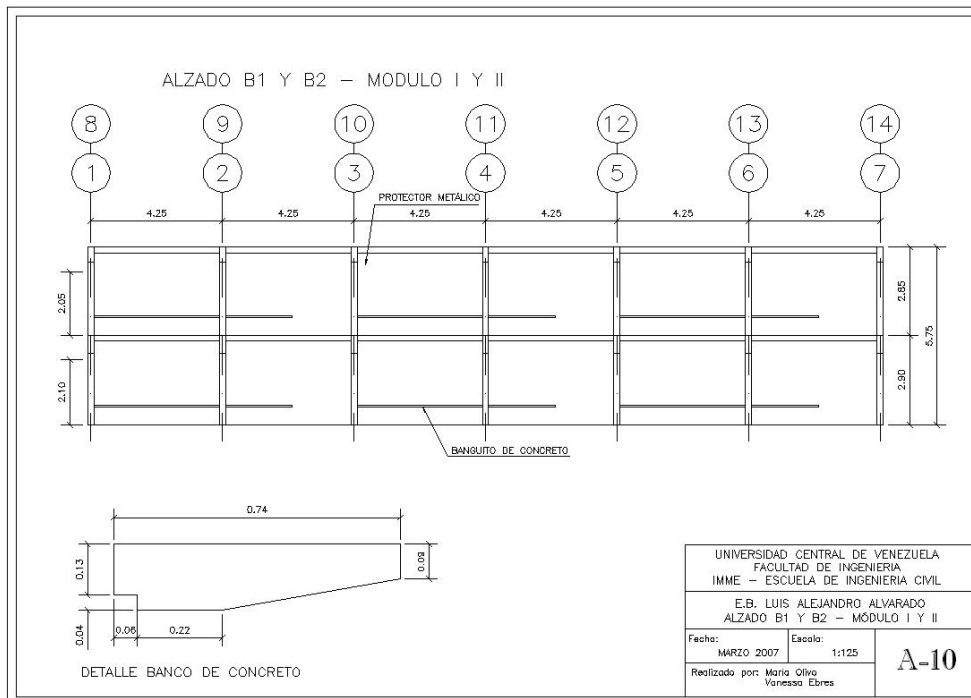


**Figura 4.6.72.- Plano de la Fachada Norte del Módulo II.**

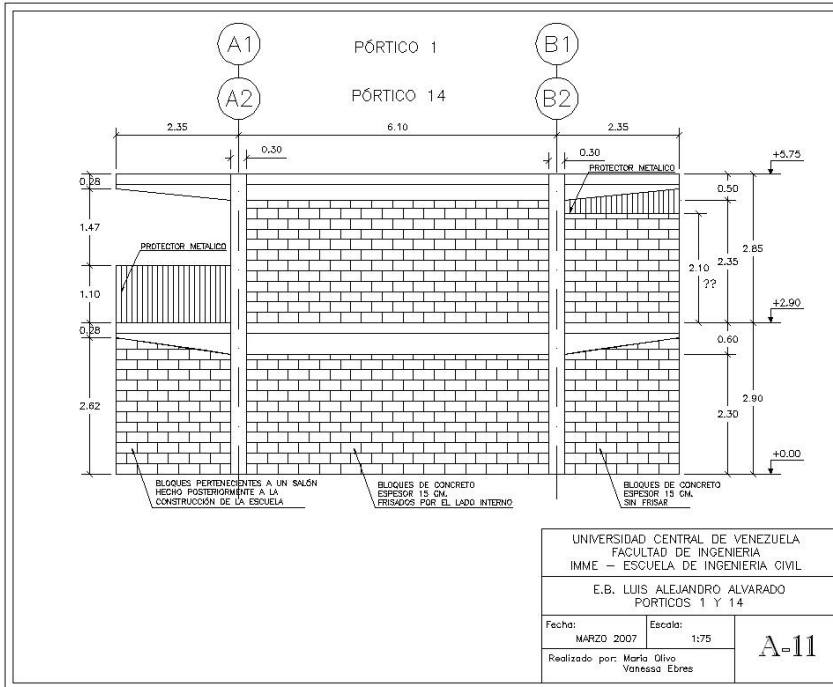




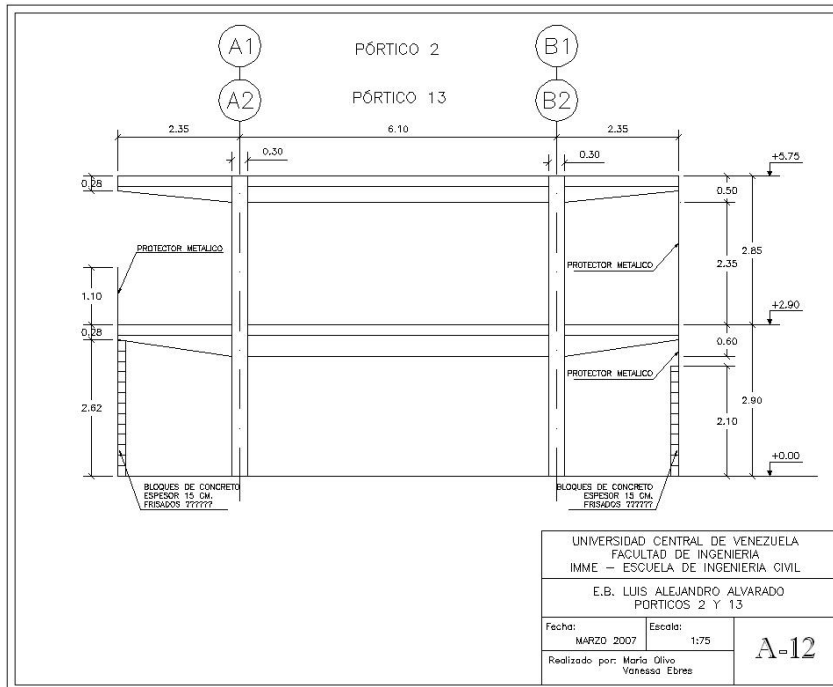
**Figura 4.6.73.- Alzado del Eje A1 y A2.**



**Figura 4.6.74.- Alzado del Eje B1 y B2.**



**Figura 4.6.75.- Pórtico 1 y 14.**



**Figura 4.6.76.- Pórtico 2 y 13.**

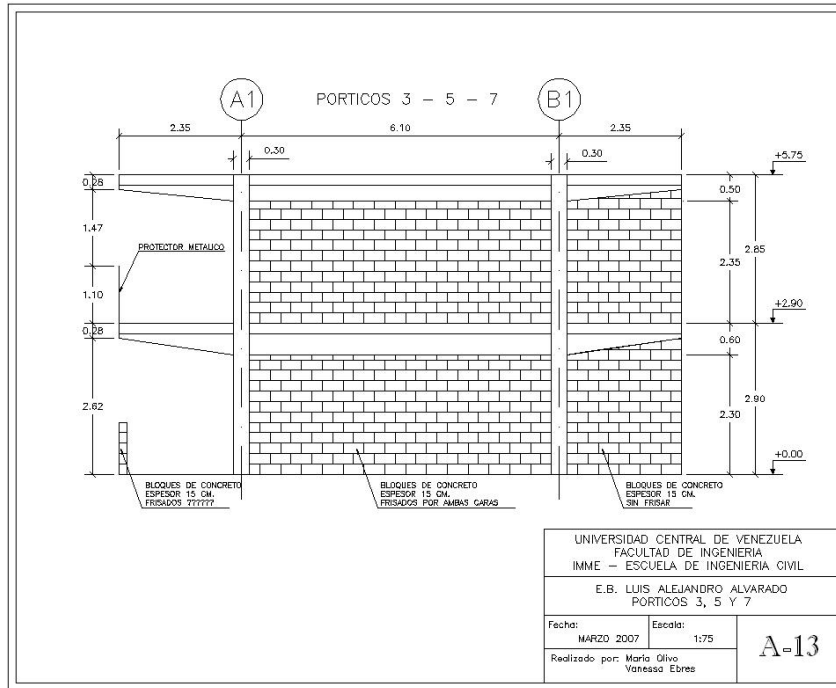


Figura 4.6.77.- Pórtico 3, 5 y 7.

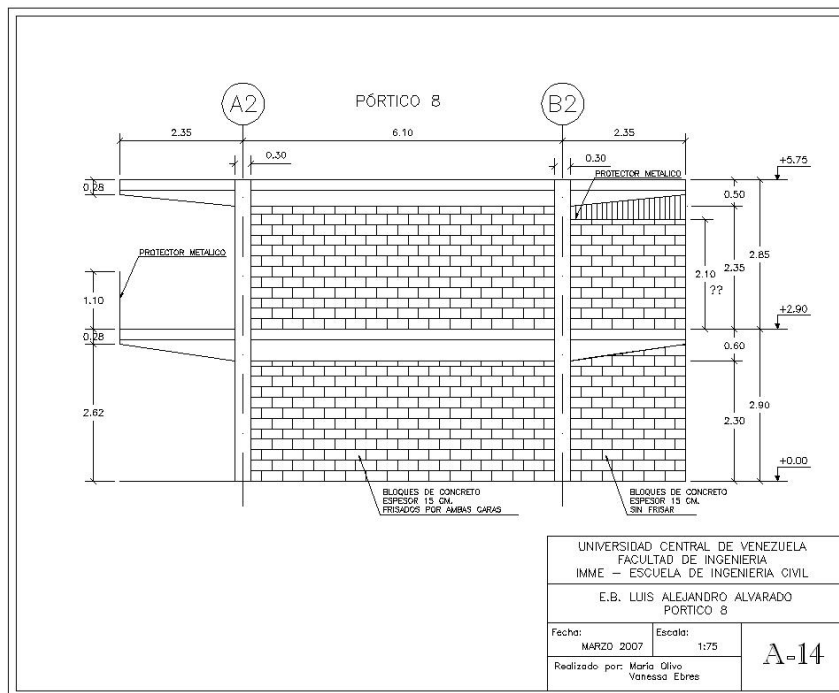


Figura 4.6.78.- Pórtico 8.

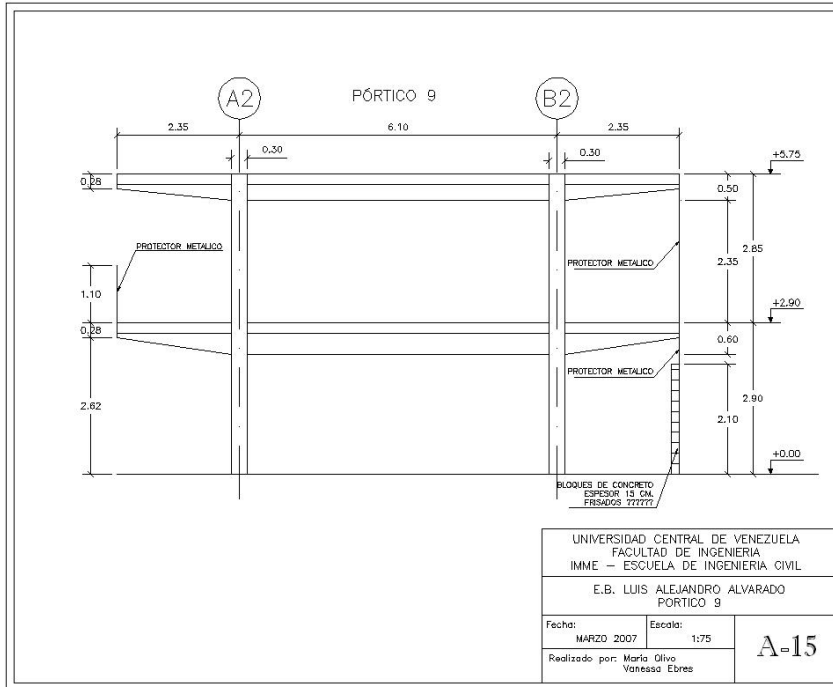


Figura 4.6.79.- Pórtico 9.

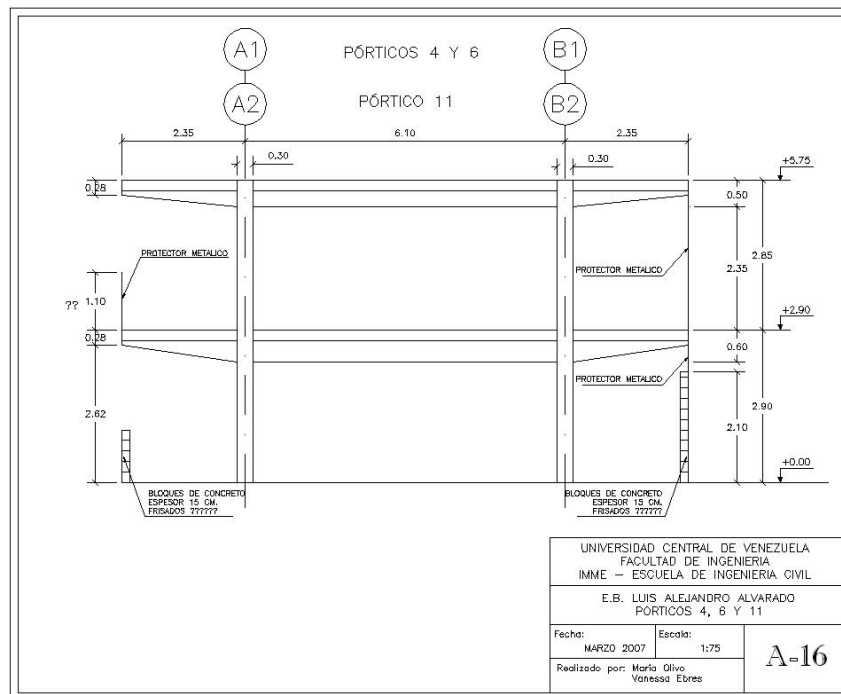


Figura 4.6.80.- Pórtico 4, 6 y 11.

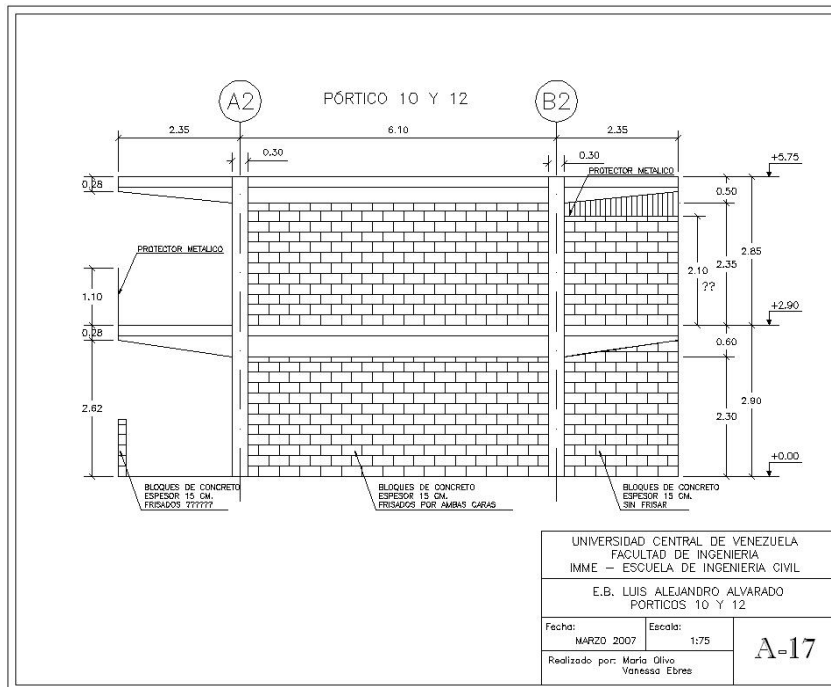


Figura 4.6.81.- Pórticos 10 y 12

c) Planos de Estructuras.

En cuanto a la parte estructural se esta en proceso del levantamiento de la información estructural, en lo que respecta a la determinación de la configuración de los aceros de refuerzo, tanto longitudinales como transversales, de las columna y vigas, y así mismo recabando información en cuanto al sistema de losas usados y la configuración de las fundaciones.

En las Figuras 4.6.82 a la 4.6.84 se presentan las plantas de envigado y las secciones típicas de vigas y en la Figura 4.6.85 un alzado típico de los pórticos.



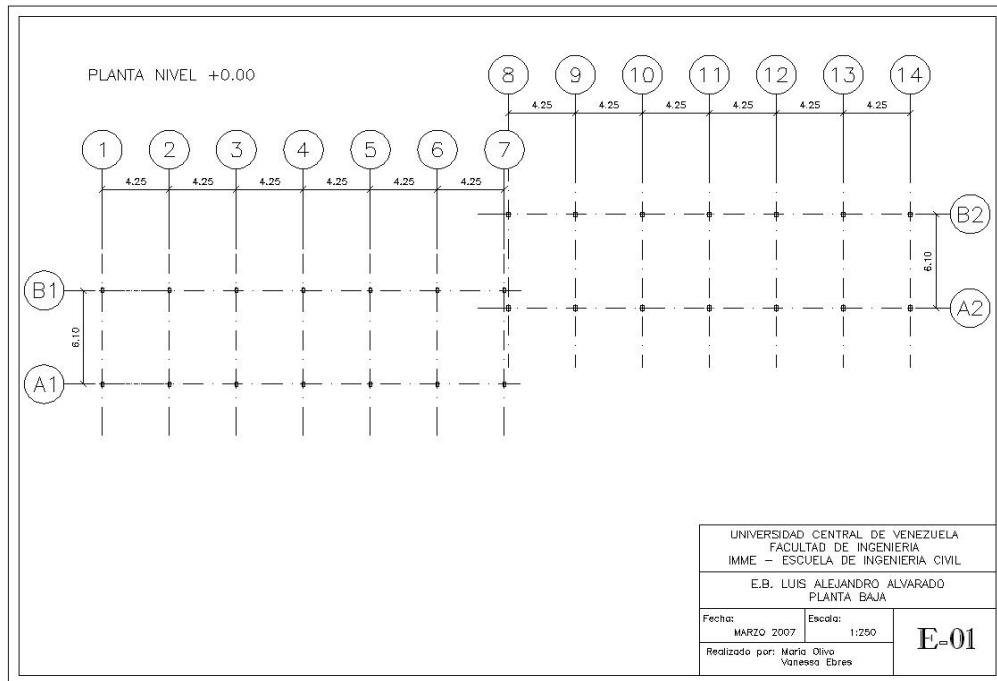


Figura 4.6.82.- Planta Baja.

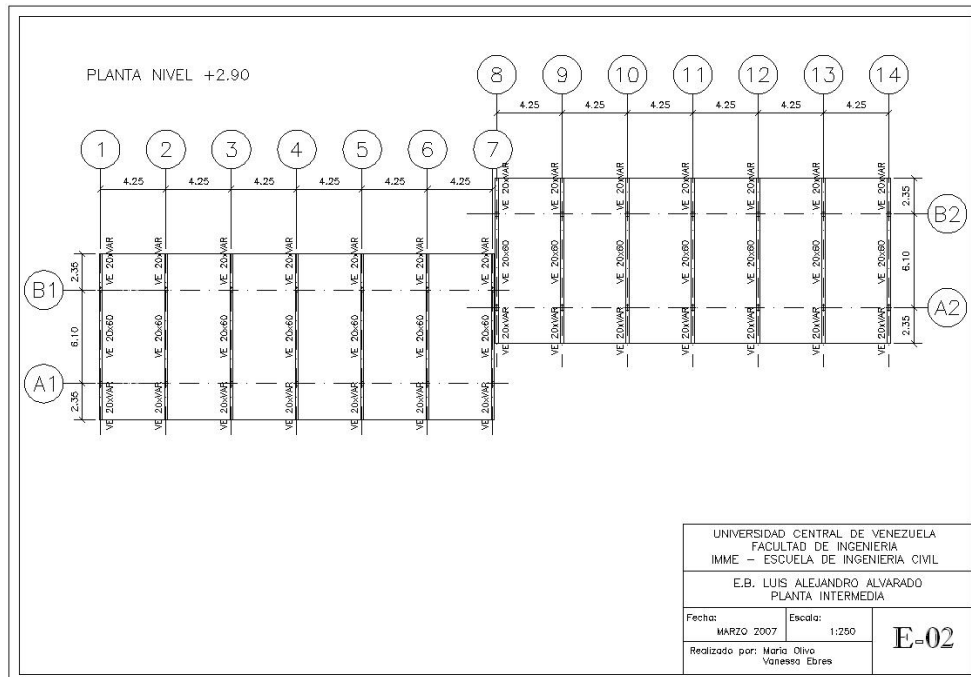


Figura 4.6.83.- Planta de Envigado Nivel Intermedio.

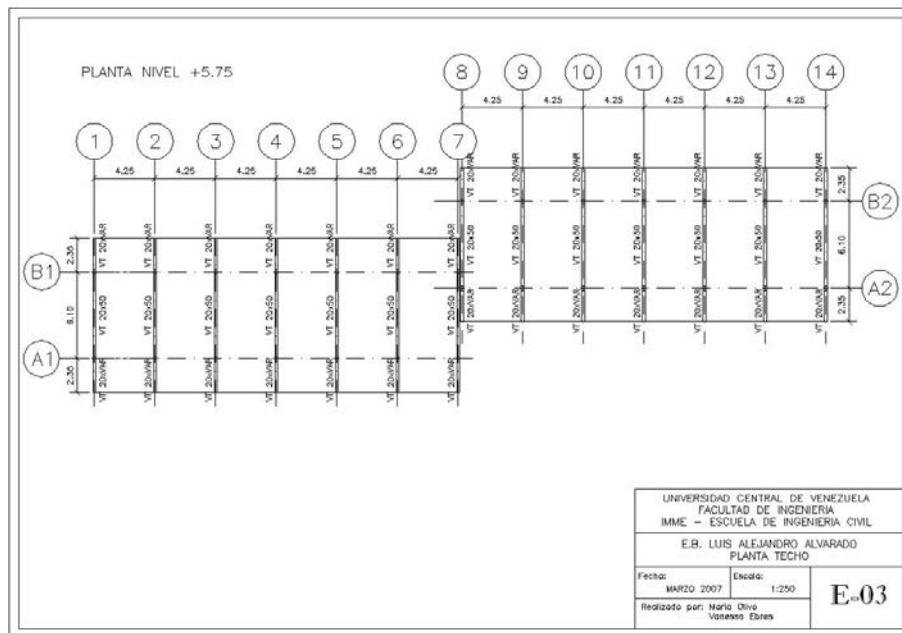


Figura 4.6.84.- Planta de Envigado Nivel Techo.

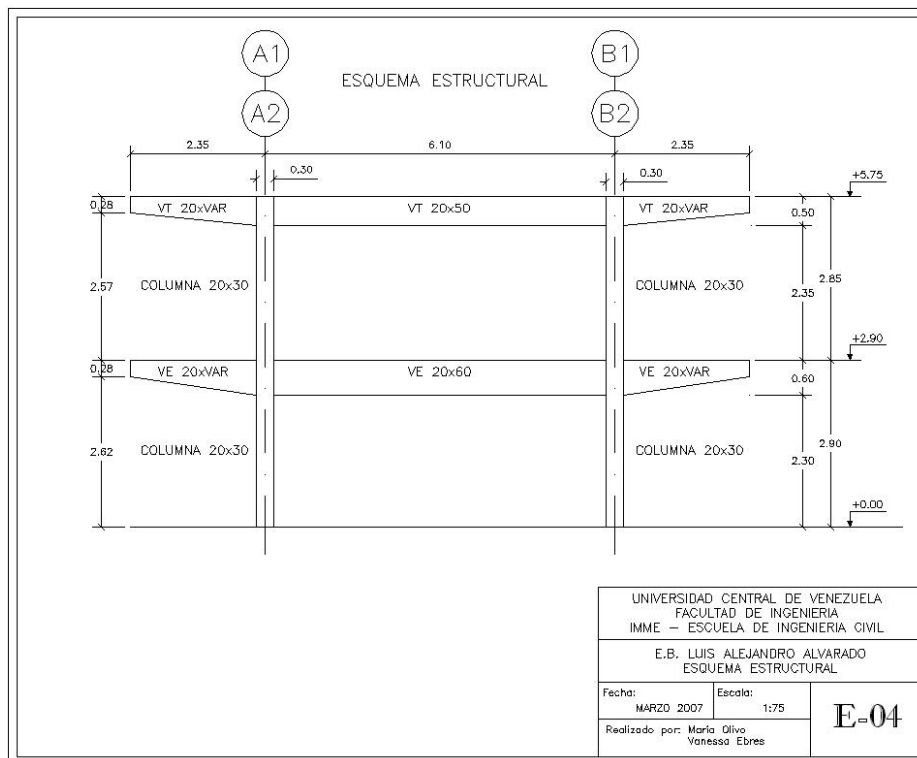


Figura 4.6.85.- Esquema Estructural de un Alzado Típico.

#### 4.7.- Evaluación Sismorresistente de la U. E. Corazón de Jesús

La U. E. Escuela Básica Corazón de Jesús (Corazón de Jesús) es una edificación escolar tipo “cajotón cerrado” ubicada en la ciudad de Cumaná, Estado Sucre.

##### 4.7.1.- Participantes

El equipo de trabajo ha estado compuesto por las siguientes personas:

- Prof. Angelo Marinilli (Tutor)
- Ing. Martin Beyer (Tesista de Postgrado)
- Br. Johanna Gascón (Tesista de Pregrado)
- Br. Manuel Lárez (Tesista de Pregrado)
- Tec. Juan Robert Burgos (Asistencia Técnica)

##### 4.7.2.- Inspecciones Efectuadas

Con la finalidad de inspeccionar la edificación escolar y levantar la información necesaria se realizó un total de tres visitas. La primera visita fue realizada el día 23/01/2008 por parte de varios de los profesores participantes en el proyecto como parte de la inspección de diversas edificaciones escolares en el Estado Sucre. La segunda y la tercera visitas fueron realizadas los días 12-13/03/2008 y 18-19/06/2008, respectivamente, por parte de los integrantes del equipo de trabajo. Durante la última inspección el Tec. Juan Burgos realizó las mediciones con el equipo *Ferroskan*.

##### 4.7.3.- Descripción de la Edificación

###### 4.7.3.1.- Localización

La U. E. Escuela Básica Corazón de Jesús está ubicada en la Avenida Humboldt de la ciudad de Cumaná, Estado Sucre, en las cercanías de la margen oriental del río Manzanares, cerca de su desembocadura en Golfo de Araya. La Figura 4.7.1. muestra una imagen satelital de la U. E. Escuela Básica Corazón de Jesús obtenida de *Google Earth* y la Figura 4.7.2. muestra la fachada principal de la edificación escolar.



**Figura 4.7.1. Imagen satelital de la U. E. Escuela Básica Corazón de Jesús (*Google Earth*)**



**Figura 4.7.2. Fachada principal de la U. E. Escuela Básica Corazón de Jesús**

#### 4.7.3.2.- Descripción General

Las edificaciones escolares tipo "cajetón cerrado" son estructuras regulares de planta rectangular con abertura central, sin junta divisoria, de varios niveles constituidos por losas nervadas de concreto armado, y soportados sobre pórticos formados por vigas y columnas de concreto armado, dispuestos en las dos direcciones principales de la estructura. Los distintos niveles se comunican entre sí mediante escaleras ubicadas simétricamente en los extremos de las plantas del "cajetón". Estas escaleras están formadas por losas macizas de concreto armado.

La U. E. Escuela Básica Corazón de Jesús es un cajetón cerrado de 3 niveles independientes, separados 2,80 m entre sí. La planta del edificio es rectangular con dimensiones en planta de 53,00 m de largura y 31,40 m de anchura. La estructuración en planta de los pórticos es la siguiente: todos los pórticos transversales (paralelos al lado corto del edificio) se encuentran distanciados 7,20 m entre sí. Los pórticos longitudinales (paralelos al lado largo del edificio) están distanciados 3,60 m y 7,20 m entre sí. En todo caso, existe una simetría completa en las dos direcciones principales del edificio. Las Figuras 4.7.2 y 4.7.3 permiten observar la fachada principal y una fachada lateral de la edificación escolar.

Las columnas son de concreto armado de sección cuadrada de 40 cm de lado. Todas las columnas tienen continuidad desde el empotramiento en la losa de piso hasta llegar a la losa de techo, sin presentar cambio de sección en ninguno de los niveles. Las vigas longitudinales (paralelas al lado largo del edificio) son vigas altas con una sección transversal de 40 cm de lado y 70 cm de altura, incluyendo la losa que soportan. La sección transversal de estas vigas se repite en todos los niveles intermedios, incluyendo en la losa de techo. Las vigas transversales (paralelas al lado corto del edificio) son vigas planas de 25 cm de espesor. Con la utilización de un equipo tipo *Ferrosan* se logró ubicar el paso de las armaduras de estas vigas planas, pudiéndose justificar que la anchura de las mismas es aproximadamente 50 cm. De la misma manera se lograron ubicar los nervios de las losas nervadas, asegurándose que éstas son paralelas a las vigas planas y se apoyan sobre las vigas altas, perpendiculares a ellas. La Figura 4.7.4 muestra una vista del patio interno de la edificación escolar en la que puede apreciarse la configuración estructural de la misma, mientras que la Figura 4.7.5 permite observar con mayor detalle dicha configuración.

Las losas nervadas de los entrepisos tienen un espesor promedio de 25 cm. El acabado de estas losas es de granito, de 4 cm de espesor. En la superficie inferior de las losas se aprecia la colocación de un friso de 3 cm de espesor aproximadamente. Estas medidas se tomaron en el perímetro de las losas de piso en las aberturas que dan paso a las losas de la escalera. Las losas sobresalen en volado de las fachadas del edificio. El volado es de aproximadamente 1,30 m. Los pasillos de circulación bordean la abertura central y tienen un ancho aproximado de 2,30 m. El límite del pasillo lo constituye un pasamanos formado por un muro macizo de concreto armado de 1,10 m de altura y con un espesor promedio de 11 cm. Se pudo observar que estos pasamanos, o antepechos, están separados de las columnas. La Figura 4.7.6 permite observar el espesor de las losas de entepiso y la configuración de los antepechos en los pasillos de la edificación.

Las observaciones realizadas durante las inspecciones permite indicar que, en general, la estructura se encuentra en buen estado físico. No se detectaron daños por corrosión, grietas en vigas o columnas, o algún tipo de daños visibles en los nodos.



**Figura 4.7.3.- Fachada lateral de la Corazón de Jesús**



**Figura 4.7.4.- Vista desde el patio interno de la Corazón de Jesús**



**Figura 4.7.5.- Vista de un pasillo de la Corazón de Jesús**



**Figura 4.7.6.- Detalle de las losas de entpiso y los antepechos de los pasillos.**

#### 4.7.3.3.- Planos de Arquitectura

Se realizó un levantamiento detallado de la geometría en planta y en elevación de la edificación escolar, esto con la finalidad de elaborar los planos, las imágenes bi (2D) y tridimensionales (3D), así como las animaciones digitales de la misma. Igualmente se realizó un levantamiento exhaustivo de los usos dados a cada uno de las áreas existentes en cada planta de la edificación escolar. Todo esto con la finalidad de describir desde el punto de vista estructural y arquitectónico la edificación escolar.

La Figura 4.7.7 muestra una imagen digital en tres dimensiones (3D) de la Corazón de Jesús. Por otra parte, a modo de ejemplo, la Figura 4.7.8 muestra la geometría y la distribución de la mampostería en algunos pórticos de la Corazón de Jesús y la Figura 4.7.9 muestra la distribución del uso de los ambientes de la planta baja de la edificación escolar.



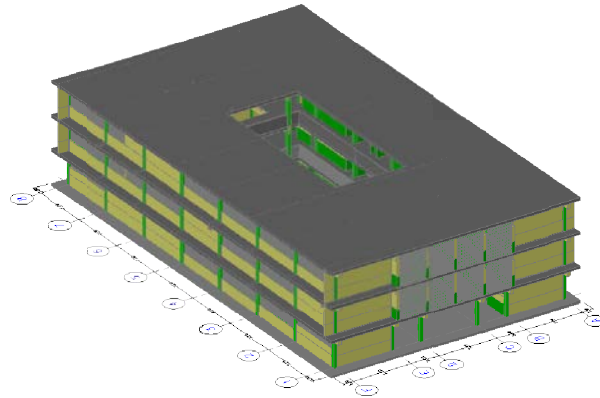


Figura 4.7.7.- Imagen digital 3D de la Corazón de Jesús.

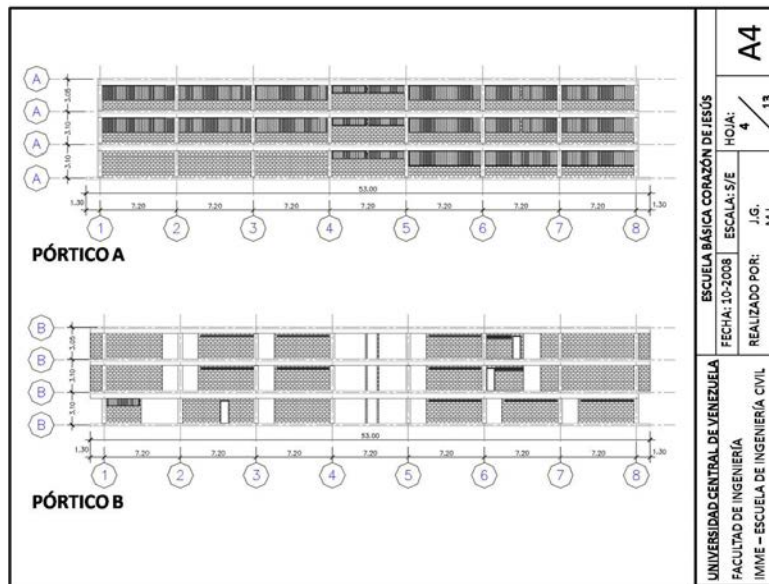


Figura 4.7.8.- Geometría y distribución de la mampostería en algunos pórticos de la Corazón de Jesús.



Figura 4.7.9.- Uso de la planta baja de la Corazón de Jesús.

#### 4.7.3.4.- Planos de Estructura

Igualmente se realizó el levantamiento de la estructura y de los elementos no estructurales que pudiesen afectar el comportamiento sismorresistente de la edificación escolar. Es importante señalar que se pudo conseguir los planos estructurales de una edificación tipo cajetón cerrado ubicada en la ciudad de Valencia, Estado Carabobo, similar a la Corazón de Jesús. Dichos planos corresponden a un proyecto realizado en 1970, con indicación de haber sido concebida para una “zona sísmica 2”, siendo Cumaná considerada como “zona sísmica 3”, según la norma sismorresistente del MOP del año 1967 vigente para la época.

Adicionalmente, con la utilización del *Ferroskan* se pudo detectar la ubicación y número de las armaduras longitudinales y transversales existentes en las columnas, vigas y losas. El número de las barras longitudinales y la separación de las armaduras transversales se corresponden a las indicadas en los planos estructurales previamente mencionados. No fue posible determinar el diámetro de las barras longitudinales ni transversales. Con base en la información se elaboraron los planos y las animaciones digitales que permiten describir la estructura de la edificación escolar.

Dentro de los aspectos no estructurales, se prestó especial atención a la información concerniente a las alturas de las paredes, ubicando las zonas de la edificación escolar donde es posible la ocurrencia del efecto de “columna corta” o “columna cautiva”.

En las Figuras 4.7.10 y 4.7.11 se muestran los planos digitales de estructura correspondientes a los envigados de los niveles 1-2 y del techo, respectivamente. Por otra parte, la Figura 4.7.12 muestra la distribución de las paredes de mampostería de cerramiento, o de división según el caso, en la planta baja de la edificación escolar. La información contenida en esta última figura es consistente con la distribución vertical de las paredes de mampostería, tal como la mostrada en la Figura 4.7.8.

#### 4.7.4.- Evaluación Sismorresistente

##### 4.7.4.1.- Modelos numéricos

Se realizaron modelos numéricos de la edificación escolar mediante el programa *SAP 2000 Non Linear*. La Figura 4.7.13 muestra uno de los modelos numéricos realizados, el cual toma en cuenta la distribución real de las paredes de mampostería.

Los pórticos de concreto reforzado se modelaron los elementos tipo pórtico. Las losas de entrepiso y techo de la edificación presentan sendos huecos en sus zonas centrales, ocupando un porcentaje importante de las superficies de las mismas. El modelado de las losas se realizó mediante el uso de sendos diafragmas rígidos en su plano, conteniendo los correspondientes centros de masa. Los cerramientos y divisiones internas constituidos por muros de mampostería, así como las losas de las escaleras, fueron modelados mediante elementos finitos.

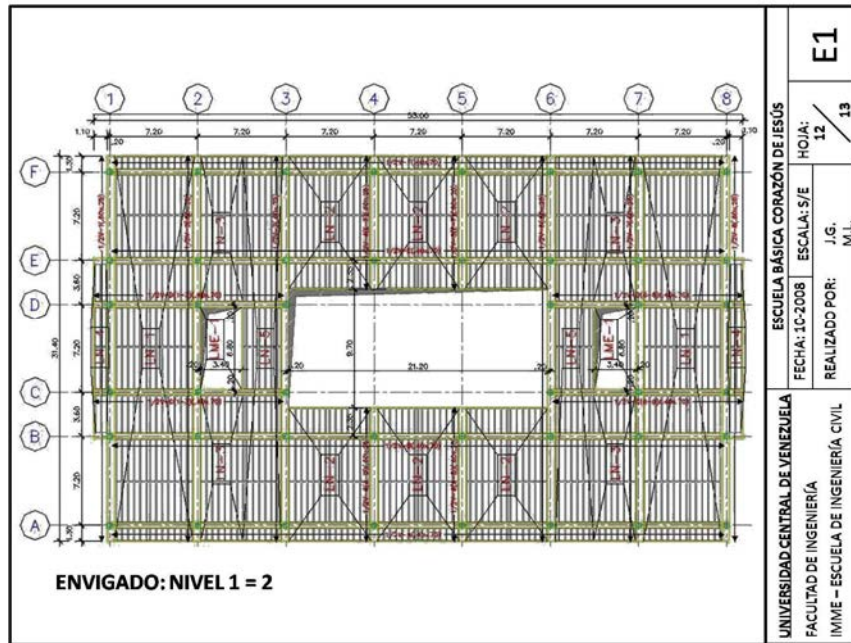


Figura 4.7.10.- Envigado de los niveles 1 y 2.

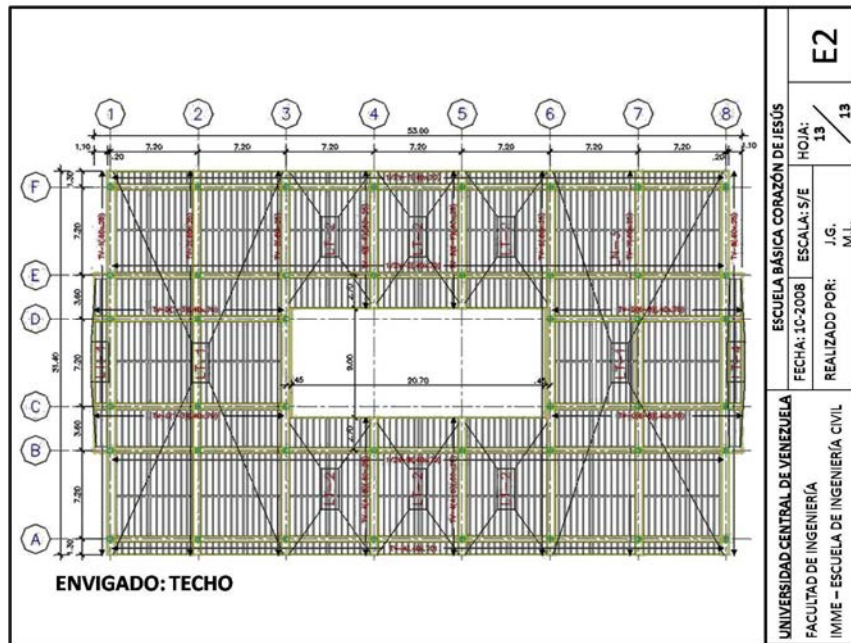


Figura 4.7.11.- Envigado del nivel techo.

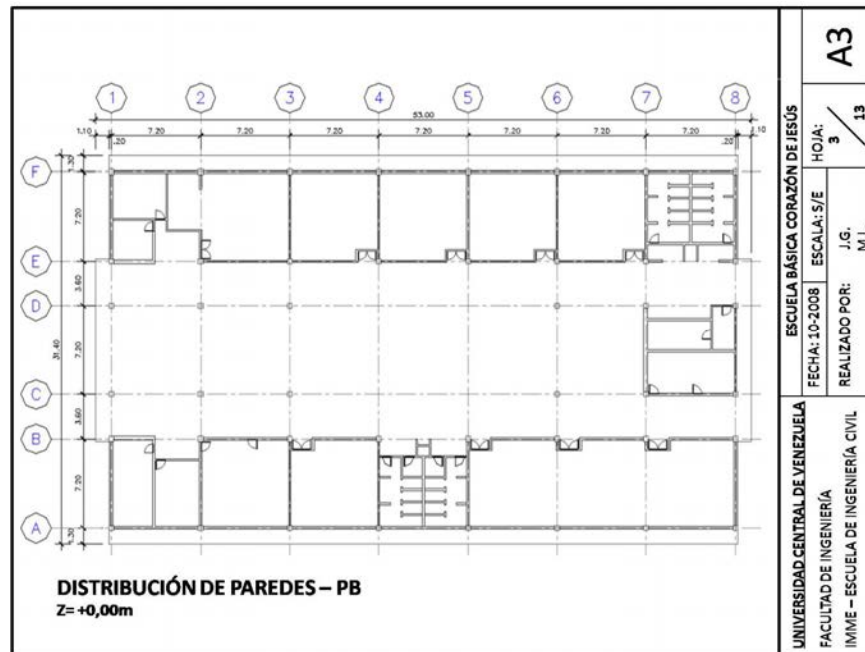


Figura 4.7.12.- Distribución de paredes de mampostería en la planta baja.

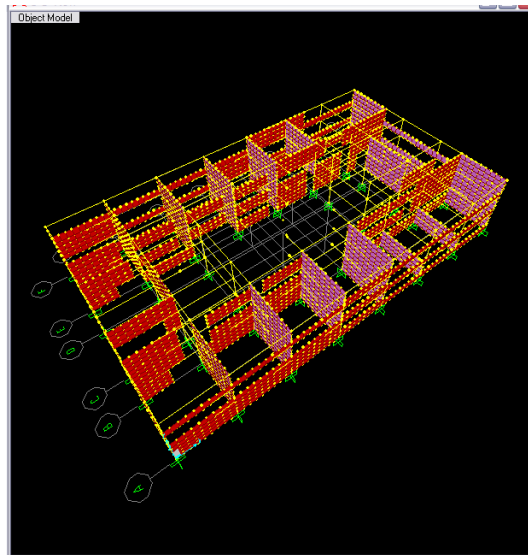


Figura 4.7.13.- Modelo numérico de la Corazón de Jesús.

Los valores de las propiedades mecánicas de los materiales estructurales utilizados fueron  $250 \text{ kgf/cm}^2$  para la resistencia a compresión del concreto ( $f_c$ ),  $238,75$  para el módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ ),  $4.200 \text{ kgf/cm}^2$  para la tensión cedente de las barras de acero ( $f_y$ ) y  $10.000 \text{ kgf/cm}^2$  para el módulo de elasticidad de las paredes de mampostería ( $E_m$ ). La estimación de dichos parámetros se realizó mediante la revisión bibliográfica de normas de

construcción nacionales e internacionales vigentes para la época, normas para la evaluación sismorresistente de estructuras existentes y libros o artículos técnicos relacionados con la evaluación de estructuras. Las cargas gravitatorias actuantes en la edificación escolar fueron estimadas de acuerdo con la Norma Venezolana 2002-1988. Las cargas sísmicas se estimaron de acuerdo con la Norma Venezolana 1756-2001 considerando los siguientes parámetros para definir el espectro de diseño: nivel de diseño uno (ND1) por el detallado existente, zona sísmica 7 correspondiente a peligro sísmico elevado, forma espectral S2 de acuerdo a (Grases *et al.*, 2004), grupo A con factor de importancia  $\alpha=1,3$  y factor de reducción de respuesta  $R=2$  por considerar que la estructura tiene una baja capacidad de absorber y disipar energía plásticamente. Las masas sísmicas fueron estimadas de acuerdo a los lineamientos de las Normas Venezolanas 2002-1988 y 1756-2001.

Se realizó un total de cinco modelos del edificio considerando diversos aspectos, tales como la inercia de los elementos estructurales, la presencia de la mampostería y la presencia de las escaleras. La Tabla 4.7.1 contiene los detalles de cada uno de los modelos elaborados.

**Tabla 4.7.1.- Características de los modelos numéricos de la Corazón de Jesús.**

MODELO	1	2	3	4	5
INERCIA GRUESA	SI	NO	NO	NO	NO
INERCIA REDUCIDA	NO	SI	SI	SI	SI
MAMPOSTERÍA	NO	NO	SI	NO	SI
ESCALERAS	NO	NO	NO	SI	SI

#### 4.7.4.2.- Períodos y modos de vibración

La Tabla 4.7.2 contiene los períodos obtenidos para las seis primeras formas modales de los modelos numéricos realizados. Las Figuras 4.7.14 y 4.7.15 muestran las formas modales obtenidas para los Modelos 1 y 2 y Modelos 3 y 5, respectivamente, de la Corazón de Jesús.

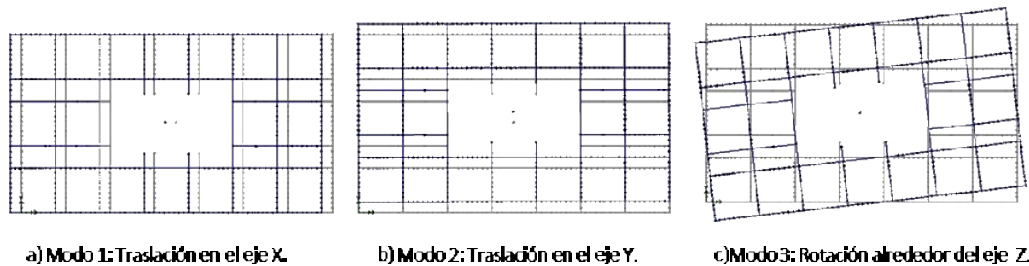
**Tabla 4.7.2.- Períodos obtenidos para los modelos numéricos de la Corazón de Jesús.**

MODELO	PERIODOS				
	1	2	3	4	5
MODO 1	0,953	1,370	0,350	0,734	0,340
2	0,572	0,779	0,301	0,644	0,279
3	0,541	0,717	0,226	0,531	0,214
4	0,277	0,382	0,124	0,323	0,122
5	0,190	0,250	0,105	0,238	0,100
6	0,183	0,246	0,088	0,219	0,087





**Figura 4.7.14.- Formas modales obtenidas para los Modelos 1 y 2 de la U. E. Escuela Básica Corazón de Jesús.**



**Figura 4.7.15.- Formas modales obtenidas para los Modelos 3 y 5 de la U. E. Escuela Básica Corazón de Jesús.**

#### 4.7.4.3.- Derivas

Las Tabla 4.7.3 muestra las derivas obtenidas para los modelos realizados, tanto en los centros de masa como los máximos obtenidos. Las derivas obtenidas para los Modelos 1, 2 y 4 no cumplen con los límites establecidos por la Norma Venezolana 1756-2001 para estructuras susceptibles a sufrir daños en los elementos no estructurales (12 ‰). Por otra parte, las derivas obtenidas para los Modelos 3 y 5 sí cumplen con el límites del 12 ‰, esto debido a la rigidez introducida por las paredes de mampostería en los modelos numéricos.

#### 4.7.4.4.- Relación demanda/capacidad

La demanda de la edificación escolar se estimó como el cortante basal máximo obtenido para los modelos numéricos realizados en las direcciones X (lado largo) e Y (lado corto). La capacidad se estimó considerando la contribución resistente de las columnas de concreto reforzado. En este sentido, la capacidad de las columnas de concreto reforzado se identificó como la menor de dos posibles mecanismos de falla, a saber: un mecanismo dúctil, caracterizado por la formación de rótulas plásticas en los extremos superior e inferior de las columnas, y un mecanismo frágil, caracterizado por la falla a corte de la columnas considerando la contribución del concreto y del acero de refuerzo transversal. En los modelos donde se consideró la presencia de las paredes de mampostería se tomó en cuenta el posible efecto de “columna corta” o “columna cautiva”.

La Tabla 4.7.4 contiene los cocientes demanda/capacidad para los modelos numéricos realizados de la Corazón de Jesús. En todos los modelos se observaron valores de cociente mayores a la unidad. Es importante destacar que valores del cociente menores que 1,00 indican un buen comportamiento, mientras que valores mayores a 1,00 indican incapacidad de satisfacer la demanda sísmica.

En aquellos modelos que incluyeron las paredes de mampostería (Modelos 3 y 5) al comparar la demanda sobre las columnas con respecto a la capacidad de las mismas, en algunos casos, se obtuvieron valores del cociente menores a la unidad; sin embargo, al comparar el cortante basal total con la capacidad de las columnas se obtuvieron valores superiores a la unidad. Esto se debe a que las paredes absorben parte del cortante basal; sin embargo, es necesario recalcar que las paredes de mampostería pueden fallar frágilmente y que su aporte resistente no es considerada en el diseño de la estructura. Por lo tanto, puede producirse el caso en que al fallar la mampostería el comportamiento de los modelos tienda a lo observado en los modelos donde no se consideran las paredes de mampostería (Modelos 1, 2 y 4).

**Tabla 4.7.3.- Derivas obtenidas para los modelos numéricos de la Corazón de Jesús.**

		Distorsiones de Entrepiso					
		En Centro de Masa(%)			Máximas(%)		
MODELO 1	NIVEL	X	Y	Total	X	Y	Total
		1	9,96	15,85	18,72	12,39	20,34
	2	8,93	23,74	25,36	11,30	27,82	30,03
	TECHO	3,72	16,00	16,43	4,98	18,10	18,77
MODELO 2	NIVEL						
	1	16,67	21,42	27,14	22,61	32,83	39,86
	2	15,64	34,32	37,72	23,33	48,46	53,78
	TECHO	6,98	25,34	26,28	12,64	36,72	38,83
MODELO 3	NIVEL						
	1	4,80	3,82	6,13	5,47	4,49	7,08
	2	3,15	1,96	3,71	3,46	2,53	4,29
	TECHO	1,36	1,00	1,69	1,52	1,31	2,01
MODELO 4	NIVEL						
	1	14,25	10,06	17,44	16,77	12,39	20,85
	2	11,77	14,09	18,36	13,88	16,00	21,18
	TECHO	6,87	23,03	24,03	8,71	25,65	27,09
MODELO 5	NIVEL						
	1	4,54	3,15	5,53	4,90	3,66	6,12
	2	2,94	1,81	3,45	3,25	2,48	4,09
	TECHO	1,36	1,05	1,72	1,57	1,57	2,22

**Tabla 4.7.4.- Cocientes demanda/capacidad para los modelos numéricos de la Corazón de Jesús.**

	COCIENTES DEMANDA / CAPACIDAD			
	Cortante en columnas (kgf)		Cortante basal (kgf)	
	X	Y	X	Y
<b>Modelo 1</b>	1,265	0,866	1,265	0,866
<b>Modelo 2</b>	1,291	0,644	1,291	0,644
<b>Modelo 3</b>	0,621	0,793	1,021	1,308
<b>Modelo 4</b>	1,042	0,332	1,230	1,008
<b>Modelo 5</b>	0,588	0,640	1,021	1,272

#### 4.7.4.5.- Cumplimiento con la norma Covenin 1756

Tanto los resultados obtenidos para las derivas como para los cocientes demanda/capacidad de los modelos realizados indican que la estructura es vulnerable ante sismos compatibles con la Norma Venezolana 1756-2001.

#### 4.7.5.- Refuerzo Estructural

A la luz de los resultados de la evaluación sismorresistente de la Corazón de Jesús, tanto en término de las derivas como de los cocientes demanda/capacidad, se hace necesario reforzar la edificación escolar.

El refuerzo estructural debe cumplir con los siguientes objetivos ante sismos compatibles con lo establecido en la Norma Venezolana 1756-2001: (i) suplir la resistencia necesaria para soportar la demanda que se genere, (ii) evitar deformaciones excesivas, (iii) generar una capacidad adecuada para absorber y disipar energía en el rango de comportamiento plástico, (iv) garantizar conexiones adecuadas entre los elementos estructurales nuevos y la estructura existente, (v) garantizar un comportamiento adecuado de las fundaciones nuevas y existentes y (vi) evitar la formación del efecto “columna corta” o “columna cautiva”.

#### 4.7.5.1.- Opciones de refuerzo

En este sentido se analizan a continuación una serie de propuestas para el reforzamiento estructural, a saber:

- Arriostamiento de los pórticos existentes.
- Incorporación de pórticos intermedios adicionales.
- Incorporación de estructura perimetral externa.

#### 4.7.5.1.1.- Arriostramiento de los pórticos existentes

Esta primera propuesta se basa en la incorporación de elementos diagonales en los pórticos. Para facilitar el montaje para aprovechar la construcción de piezas en talleres especializados que serán ensamblados finalmente en la estructura estudiada, se propone la utilización de perfiles de acero de distintas dimensiones según el nivel de esfuerzo al que estarán sometidos. La conexión a los elementos existentes se hará con pernos de anclaje debidamente embutidos y detallados en un futuro proyecto de ingeniería de detalle. Se propone la utilización de arriostramientos del tipo “V” invertida que serían ubicados desde la planta baja hasta el techo, rigidizando lateralmente todos los diafragmas. En este sentido se estudiaron 3 modelos de estructura reforzada diferenciados por el número de planos rigidizados en planta.

En todo caso, para evitar la alteración del uso de los ambientes, la incorporación de los elementos diagonales se hará en las paredes de bloques existentes actualmente en la edificación. Luego de los trabajos de reforzamiento y restitución del friso, no habría indicio visual de la intervención, la cual deberá realizarse durante los meses de vacaciones escolares.

En las Figuras 4.7.16 a 4.7.18 se presentan las propuestas en forma gráfica de los sistemas estructurales reforzados con diagonales, en la cual a cada propuesta subsiguiente se le agregan planos rigidizados a la propuesta anterior.

### Refuerzos mediante Elementos Diagonales – Refuerzo Tipo 1

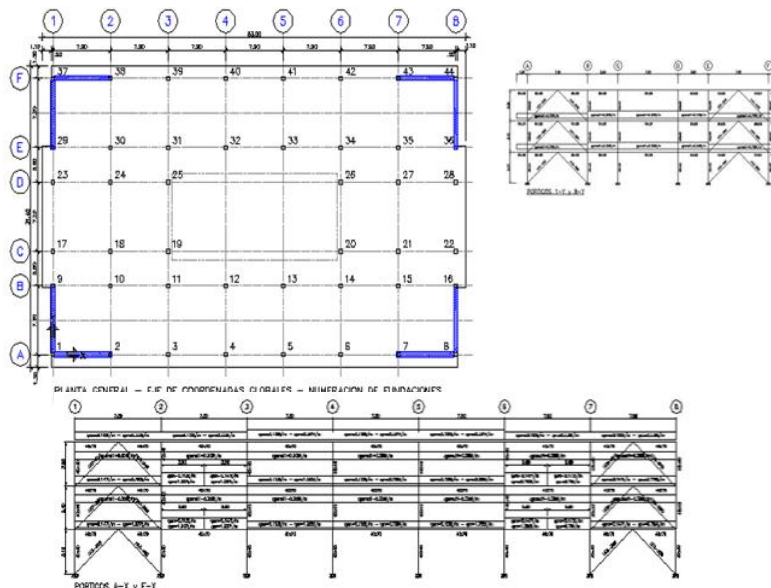
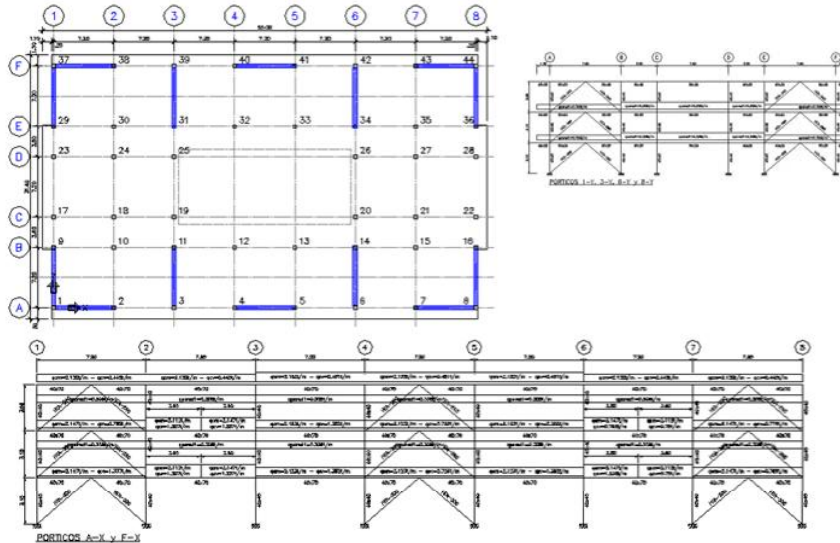


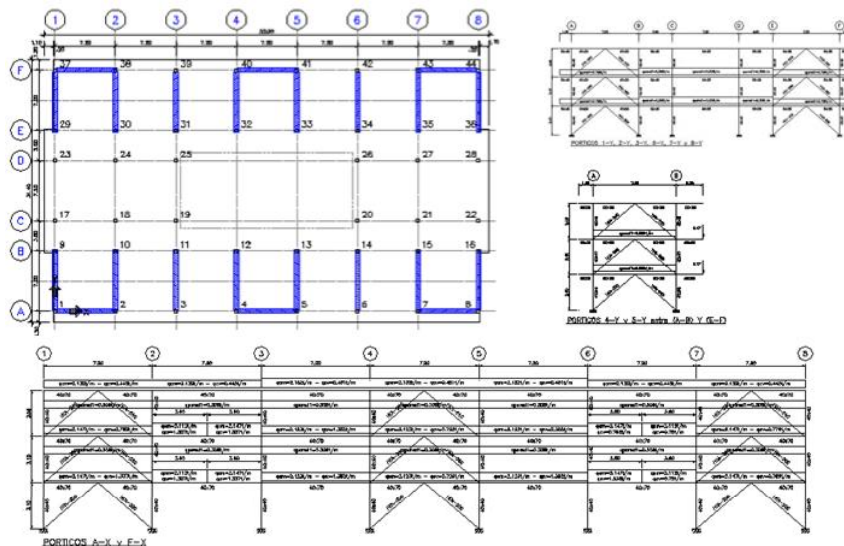
Figura 4.7.16.- Arriostramiento – Refuerzo Tipo 1.

## Refuerzos mediante Elementos Diagonales – Refuerzo Tipo 2



**Figura 4.7.17.- Arriostramiento – Refuerzo Tipo 2.**

## Refuerzos mediante Elementos Diagonales – Refuerzo Tipo 3



**Figura 4.7.18.- Arriostramiento – Refuerzo Tipo 3.**



El refuerzo mediante arriostramiento es válido desde un punto de vista técnico, puesto que se resuelve el problema de la desplazabilidad lateral de los entresijos, se refuerzan debidamente las fundaciones y las columnas. Al mismo tiempo hay que aceptar que este tipo de refuerzo, invasivo para los ambientes de trabajo, tanto en losas de piso de planta baja para el refuerzo de las fundaciones, como en las paredes para la incorporación de los elementos diagonales y alrededor de las columnas para el refuerzo de las mismas, causaría gran pérdida de tiempo por no poderse usar estos espacios en la actividad académica. Se considera que existen otras posibilidades de refuerzo menos trabajosas, posiblemente más económicas, y que se pudieran ejecutar simultáneamente con las actividades académicas de la escuela.

#### 4.7.5.1.2.- Incorporación de pórticos intermedios adicionales

Como una nueva alternativa de refuerzo se estudió la posibilidad de incorporar nuevos pórticos longitudinales en los vanos con luces de 7,20 m con el fin de reducir la luz libre de las vigas planas en esta dirección y, al mismo tiempo, aumentar el número de columnas que resistirán las fuerzas sísmicas. Esta alternativa implica la construcción de nuevas fundaciones y la rotura de las vigas de riostra y las vigas de entresijo, además de las paredes de mampostería a través de las cuales pasarán las nuevas columnas. Estas nuevas columnas se vaciarán monolíticamente con las vigas existentes en el medio del tramo del vano con la luz de 7,20 m, reduciéndolo de esta manera a 3,60 m. La Figura 4.7.19 muestra los detalles de esta propuesta.

### Incorporación de pórticos intermedios adicionales

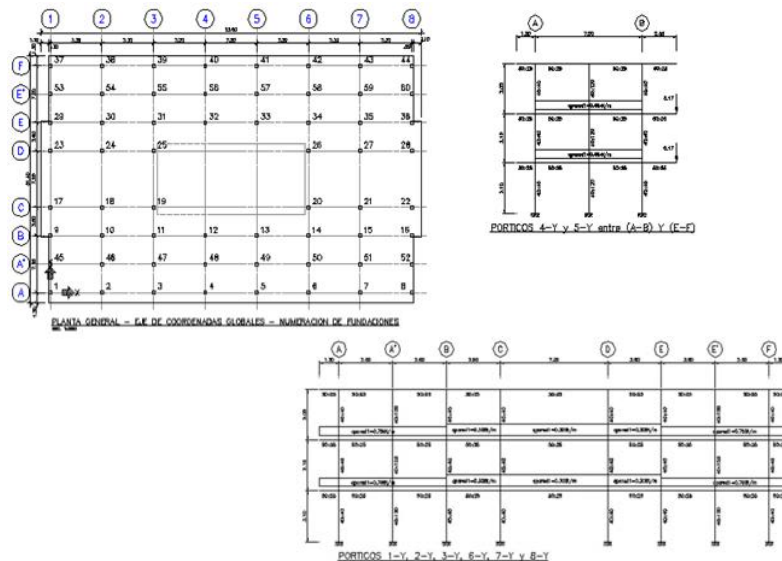


Figura 4.7.19.- Incorporación de pórticos intermedios adicionales.

Este tipo de refuerzo no resuelve el problema de las derivas. El aporte de rigidez a la estructura no es suficiente para reducir la desplazabilidad de los entrepisos. Las columnas seguirían siendo vulnerables al no tener las cuantías de armaduras longitudinales necesarias, ni el refuerzo transversal necesario, para resistir las sollicitaciones impuestas, requiriendo un refuerzo similar al descrito en el aparte anterior.

Al mismo tiempo hay que reconocer que este tipo de refuerzo, invasivo para los ambientes de trabajo, tanto en las losas de piso de planta baja para el refuerzo de las fundaciones, como en las paredes, causaría gran pérdida de tiempo por no poderse usar estos espacios para la actividad académica. En este caso se intervendrían todos los pórticos del edificio quedando totalmente inhabilitado mientras duren los trabajos de reforzamiento. Se considera que existen otras posibilidades de refuerzo menos trabajosos, posiblemente más económicos, y que se pudieran ejecutar simultáneamente con las actividades académicas de la escuela.

#### 4.7.5.2.- Refuerzo estructural seleccionado - Incorporación de estructura perimetral externa

Todas las propuestas de refuerzo estructural presentadas hasta el momento comparten una característica en común: tienen una importante participación del factor de intervención en la estructura existente. La forma predominante es la de incorporar elementos estructurales, bien sean arriostramientos diagonales o vigas y columnas, y en todos los casos es necesario reforzar las columnas existentes, además de tener que estudiar detenidamente el efecto sobre las fundaciones y su refuerzo de ser necesario. En cualquier caso, todas estas propuestas conllevan la demolición, parcial o total, de paredes de mampostería, recubrimientos de columnas y vigas, losas de pisos, etc. Esta intervención, además de generar ruidos molestos, escombros, polvo y movimiento de obreros, restringe la posibilidad de utilizar el espacio intervenido para uso educativo durante un período de tiempo más o menos prolongado.

Se propone a continuación una alternativa de refuerzo menos invasiva para la edificación escolar, la cual se ejecutaría independiente de la estructura existente y sin necesidad de restringir temporalmente el uso de las áreas educativas, además de poder realizarse su construcción en cualquier época del año escolar.

Esta propuesta se basa en la construcción de una estructura independiente alrededor del perímetro externo de la edificación actual. Se ha demostrado hasta el día de hoy que la estructura de esta edificación ha cumplido a cabalidad su función de resistir las cargas gravitacionales que actúan sobre ella, sin que aparezca ningún tipo de grietas o deformaciones excesivas producto de algún tipo de debilidad. Asimismo, esta estructura ha podido resistir sin signos evidentes de deterioro, los embates de sismos moderados que han ocurrido en zonas alejadas desde el momento de su construcción. Su debilidad radica en su evidente falta de rigidez y resistencia al ser sometida a un examen riguroso según los criterios y experiencias actuales. Con miras a reforzar esta estructura y adaptarla a las limitaciones impuestas en las normas vigentes, se propone la construcción de una estructura con la rigidez lateral suficiente para limitar las deformaciones y soportar el exceso de fuerzas actuantes, para las cuales no ha sido diseñada originalmente la estructura existente.

La propuesta de refuerzo contempla la construcción de muros ó pantallas, con fundaciones independientes, en ubicación de los ejes principales de los pórticos de la edificación actual. Estos nuevos muros ó pantallas estarán debidamente arriostrados entre sí en los niveles de los entrepisos. Al mismo tiempo se considera importante generar un diafragma rígido, por encima e independiente de la edificación de la escuela, en el extremo superior de estos muros para asegurar el comportamiento monolítico de esta nueva estructura. Este diafragma podrá estar formado por una serie de cerchas de acero que unirán los muros en las caras opuestas de la edificación. La conexión con cada uno de los niveles de entepiso y techo de la escuela se diseñará con elementos de acero que estarán debidamente embutidos a las nuevas pantallas y conectadas adecuadamente a la estructura existente. Esta alternativa puede ser observada en la Figura 4.7.20.

En este sentido se espera que la estructura existente siga funcionando en la forma que lo ha estado haciendo hasta ahora, soportando las cargas gravitacionales. En el momento en que ocurra algún evento sísmico, las fuerzas sísmicas serán resistidas principalmente por los nuevos muros perimetrales. El aporte de rigidez lateral de los nuevos elementos a la estructura existente deberá ser suficiente para que las deformaciones globales por efectos inerciales sean compatibles con la máxima capacidad de desplazamiento que pueden soportar las columnas de la edificación actual sin colapsar.

### Incorporación de estructura perimetral externa

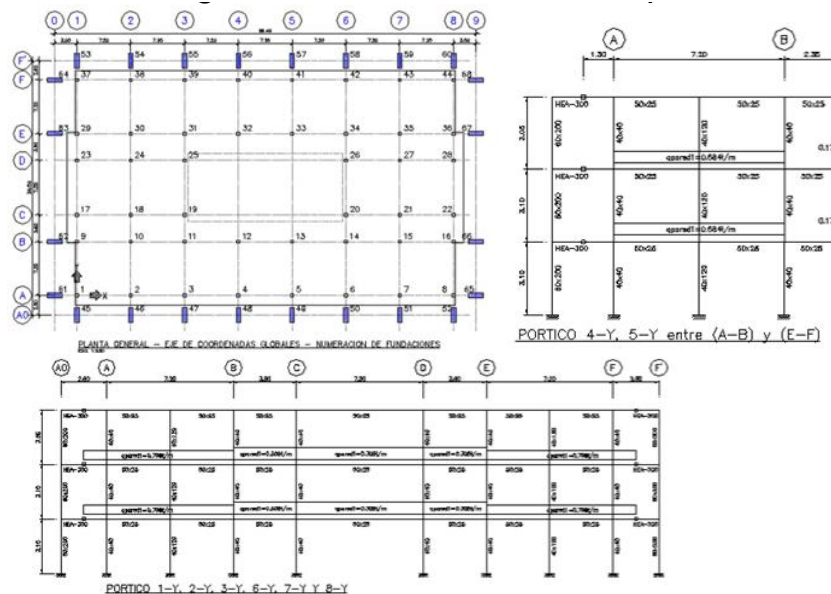


Figura 4.7.20.- Incorporación de estructura perimetral externa.

Se considera que este tipo de refuerzo es el adecuado para reforzar la estructura de la Corazón de Jesús. Los trabajos de refuerzo se realizarán sin obstruir las actividades

académicas que se realizan en esta institución más de lo necesario. Los posibles refuerzos de las zapatas de las fundaciones podrá realizarse desde el exterior de la estructura sin afectar la losa de piso: las aulas y el uso de las mismas no se verán alteradas. No será necesario reforzar las columnas: la rigidez lateral necesaria para resistir las fuerzas sísmicas normativas vendrá dada por la interacción con la nueva estructura que se construirá externamente y perimetralmente al edificio de aulas actual.

#### 4.7.6.- Conclusiones y Recomendaciones

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas de la evaluación sismorresistente de la U. E. Corazón de Jesús, ubicada en la ciudad de Cumaná, Estado Sucre:

- Las observaciones realizadas durante las inspecciones permite indicar que, en general, la estructura se encuentra en buen estado físico. No se detectaron daños por corrosión, grietas en vigas o columnas, o algún tipo de daños visibles en los nodos.
- Con base en los planos estructurales encontrados y con la información obtenida durante los levantamientos realizados, se elaboraron los planos arquitectónicos, los planos estructurales, las imágenes 2D y 3D y las animaciones que permiten describir la edificación escolar.
- Se realizó un total de cinco modelos del edificio evaluando el efecto de diversos aspectos, tales como la inercia de los elementos estructurales, la presencia de la mampostería y la presencia de las escaleras.
- Las derivas obtenidas para los Modelos 1, 2 y 4 no cumplen con los límites establecidos por la Norma Venezolana 1756-2001 para estructuras susceptibles a sufrir daños en los elementos no estructurales (12 ‰). Por otra parte, las derivas obtenidas para los Modelos 3 y 5 sí cumplen con el límite del 12 ‰, esto debido a la rigidez introducida por las paredes de mampostería en los modelos numéricos.
- En todos los modelos realizados se observaron valores de cociente demanda/capacidad mayores a la unidad, lo que indica que no se dispone de suficiente capacidad para satisfacer la demanda sísmica.
- Tanto los resultados obtenidos para las derivas como para los cocientes demanda/capacidad de los modelos realizados indican que la estructura es vulnerable ante sismos compatibles con la Norma Venezolana 1756-2001, por lo que la misma debe ser sometida a una adecuación sismorresistente.
- Se analizaron tres propuestas para el reforzamiento estructural, a saber: arriostramiento de los pórticos existentes, incorporación de pórticos intermedios adicionales, incorporación de estructura perimetral externa.
- Se considera que el refuerzo mediante la incorporación de una estructura perimetral externa es el adecuado para reforzar la estructura de la Corazón de Jesús.

## 4.8 Evaluación Sismorresistente de la U. E. María Reina de López

### 4.8.1.- Participantes

- Ing. Carlos Enrique Lee Cornejo (estudiante de Postgrado)
- Prof. Oscar A. López
- Tec. Elione Barrios

### 4.8.2.- Inspecciones Efectuadas

#### 4.8.2.1.- Unidad Educativa María Reina de López (UEMRL)

La Unidad Educativa María Reina de López se encuentra ubicada en Carúpano, Estado Sucre. Se realizó la visita el día 28 de febrero de 2008. Las personas de contacto fueron la Señora Directora Yaneris García (Cel.: 0416-324.39.47) y la Señora Sub directora Irene Romero (Cel.: 0414-194.67.45). Según información brindada por la Directora del plantel, la escuela posee una capacidad de 300 alumnos, pero atienden a unos 1350 niños en total. Fue construido en 1949.



**Figura 4.8.1 Fachada de la Unidad Educativa María Reina de López.**

El colegio no posee lo que nosotros conocemos como Modulo Anexo. Se avala la hipótesis donde se supone que las escuelas Tipo Antiguo II existen bajo las configuraciones de “con Modulo Anexo” y “sin Modulo Anexo”. De la misma forma, se evidenció la ausencia de uno de los dos tanques de agua, el único tanque existente posee la misma geometría observada en los colegios anteriores.



**Figura 4.8.2. Ausencia de uno de los dos tanques de agua**



Se apreció una mala calidad en la construcción de la obra. Se encontraron varias diferencias en las dimensiones entre los elementos estructurales similares. Para citar alguna de estas irregularidades observadas tenemos, por ejemplo, las columnas que deberían ser de 25 cm x 25 cm tienen secciones que varían desde 26 cm hasta 32 cm de lado, otro aspecto de interés es que el acero transversal en columnas (ligaduras) se encuentra colocado de una manera irregular, la separación entre ligaduras detectadas van desde 15 cm hasta 35 cm, sin poseer ningún tipo de patrón en su colocación, es decir, las ligaduras se encontraban aleatoriamente espaciadas, como por ejemplo, ligaduras que están a 15 centímetros en el centro de la columna y cada treinta en la base, más sin embargo se observó que el acero longitudinal se encontraba en la ubicación esperada considerando un recubrimiento mínimo, es decir, separados a unos 18 cm entre si.

Un aspecto interesante es la afirmación de una persona que trabajo en la remodelación de la escuela que las paredes transversales son de ladrillo macizo y que las paredes longitudinales son de bloques de arcilla aligerado, la persona mostró pedazos de los ladrillos sacados de estas paredes transversales.

Al igual que en otras escuelas, no se observaron grietas en vigas o losas. No hay problemas evidentes ante la capacidad de la estructura a soportar cargas gravitacionales. Se comprobó la existencia de las columnas centrales en las paredes transversales que separan los salones, estas columnas son continuas y se encontraron en todas las paredes esperadas. Se comprobó que no hay confinamiento en las cercanías de los nodos en columnas y vigas.

Se observaron la existencia de las columnas falsas que recubren los tubos de drenaje de aguas de lluvia, las cuales poseen las características grietas en su base debido al problema de filtración ocasionada por los tubos de drenaje de aguas de lluvia que se encuentran embebidos. Las quejas por filtraciones en el pasillo central de la losa del techo son comunes. Problema similar a lo visto y escuchado en todas las escuelas anteriores de esta tipología. En el techo se cambio la filosofía de drenaje, se coloco una loseta adicional de unos 15 centímetros de espesor en el centro para dejar el pasillo central del techo con dos vertientes de agua. Además se quitaron o clausuraron los bajantes de agua de lluvia centrales del techo.

En cuanto a la tabiquería y la arquitectura de la escuela, se apreció que se eliminaron los bloques de ventilación existentes en las paredes longitudinales ubicadas entre el pasillo y los salones, colocando ventanales de vidrio tipo persiana y en algunos casos las ventanas fueron cerradas completamente. En donde existiría el pasillo que conecta al Modulo Anexo o comedor, se dejo una entrada adicional a la escuela. Al lado de dicha entrada se encuentra un cafetín, esta variación de la arquitectura no fue observada en ningún otro colegio anteriormente. Además la entrada secundaria en la fachada opuesta a las escaleras está cerrada por completo con bloques de ventilación.



**Figura 4.8.3. Bloques de ventilación eliminados. Ventanales de vidrio tipo persiana y aberturas cerradas completamente con pared de mampostería.**

Las raíces de un árbol cercano al colegio han dañado la losa de piso en la planta baja, a la hora de realizar una rehabilitación estructural se deberá estudiar si las fundaciones fueron o tienen posibilidad de verse afectadas.

#### 4.8.2.2.- Unidad Educativa Andrés Eloy Blanco (UEAEB).

La Unidad Educativa Andrés Eloy Blanco se encuentra ubicada en Cumaná, Estado Sucre. Se realizó la visita el día 29 de febrero de 2008. Las personas de contacto fueron la Señora Directora Francy Córdova (Cel.: 0424-802.66.91, Telf.: 0293-432.13.99) y la Señora Sub directora Esteban Echizuria (Cel.: 0414-393.73.54). Según información brindada por la Directora del plantel, la escuela posee una matrícula de 1325 niños divididos en dos turnos. Fue construido en 1959.



**Figura 4.8.4. Fachada de la Unidad Educativa Andrés Eloy Blanco.**

De las tres escuelas visitadas en el Estado Sucre, es la que en mejor estado, arquitectónicamente hablando, se encuentra. Esta escuela posee como peculiaridad una escalera de emergencia metálica en uno de sus extremos, la cual es una estructura nueva completamente independiente a la estructura de la escuela. Otra particularidad es la existencia de un techo metálico construido con perfiles tubulares que cubre la cancha deportiva ubicada

en la parte posterior a la escuela. Se debería evaluar la efectividad de estas dos estructuras metálicas para resistir la acción sísmica.



**Figura 4.8.5. Escalera de emergencia metálica.**

Al igual que en la escuela María Reina de López la variación entre separación de ligaduras es en forma completamente aleatoria, encontrándose distancias entre los 20 cm y 30 cm de separación. Se detectaron las columnas entre paredes transversales.

Esta escuela posee el Modulo Anexo con las dimensiones observadas en otras escuelas visitadas anteriormente. El Módulo Anexo está rígidamente conectado al Modulo Principal. No se pudo ingresar al interior del Modulo Anexo, ni a la cocina ni al comedor (que fue transformado en una extensión de la cocina).



**Figura 4.8.6. Módulo Anexo rígidamente conectado al Modulo Principal.**

En las columnas que sostienen los tanques de almacenamiento de agua se observaron grietas en las cuatro columnas de apoyo, estas grietas verticales que recorren toda la longitud del elemento podrían ser ocasionadas por filtraciones que indujeron a la separación del recubrimiento. Aunque se han realizado varios trabajos de impermeabilización, no se evidencio un incremento considerable del espesor de la capa de impermeabilización en la losa de techo.

#### 4.8.2.3.- Unidad Educativa Juan Freites (UEJF).

La Unidad Educativa Juan Freites se encuentra ubicada en Cumaná, Estado Sucre. Se realizó la visita el día 29 de febrero de 2008. Las personas de contacto fueron la Señora Directora Narcisa Acuña (Cel.: 0416-887.49.93, 0414-822.72.36). Según información brindada por la Directora del plantel la escuela posee la menor de las matriculas entre las tres escuelas visitadas en el Estado Sucre, pues no posee aulas o construcciones adicionales como el resto, la matricula es de alrededor de 900 niños divididos en dos turnos. Fue construido en 1953.



**Figura 4.8.7. Fachada de la Unidad Educativa Juan Freites.**

Esta estructura es similar a la Escuela Miguel Villavicencio de Artigas, Caracas, pues posee una junta de construcción en uno de sus extremos, en donde se aprecia un vano corto adicional. Se pudo evidenciar que la estructura del Modulo Anexo esta rígidamente conectado al Modulo Principal.

Se evidenciaron las columnas intermedias en las paredes transversales que dividen los salones. Las ligaduras de columnas de esta escuela poseen menor variación en su separación en contraste a las otras escuelas visitadas, observándose separaciones constantes de 18 a 20 centímetros en general.



**Figura 4.8.8. Junta de construcción y ventanas reducidas en altura.**

Las paredes longitudinales de fachada, fueron aumentadas en altura, restándole la longitud libre a las columnas, incrementando el efecto columna corta. En algunos vanos estas paredes fueron cerradas por completo.

No se apreciaron columnas falsas. No observaron por donde bajan los tubos de drenaje de lluvia. En el techo se cambió también la filosofía de drenaje, están tapados varios de los drenajes de techo. Por la construcción de dos brocales se ha creado una especie de dique interno en el pasillo central del techo, lo que incrementa claramente el problema de filtración en la losa de techo de la escuela.

#### 4.8.2.4.- Otras escuelas Tipo Antiguo II

##### 4.8.2.4.1.- Escuela Bolivariana Ambrosio Plaza (EBAP).

Es una escuela ubicada en Guarenas, Estado Miranda, construida a mediados de los años cincuenta. De la misma no se disponía de planos arquitectónicos, estructurales, ni de ningún tipo de información técnica. Se realizaron una serie de visitas técnicas con el fin de elaborar: levantamientos fotográficos, levantamientos geométricos, obtener la disposición de los elementos estructurales y no estructurales, así como la determinación de los materiales utilizados en su construcción. Con esta información se elaboraron planos detallados de arquitectura y estructura [Abou y Lee 2006].



**Figura 4.8.9. Fachada de la Escuela Bolivariana Ambrosio Plaza.**

Las inspecciones técnicas a la Escuela Bolivariana “Ambrosio Plaza”, se realizaron los días 20 de mayo de 2004; 05, 06 y 09 de agosto de 2004 y los días 07 y 11 de marzo de 2005. Para la misma se contó con la colaboración de la Señora Directora del plantel Josefina Luyando, con el apoyo del Ing. Sergio Rodríguez, de los técnicos Elione Barrios y Andrés Paredes, y demás personal del cuerpo técnico del IMME.

Se podría mencionar que durante las visitas técnicas no se observaron fallas en la estructura producto de la acción de cargas gravitatorias, grietas en losas y/o paredes, pérdidas de recubrimiento en columnas y/o vigas, ni se observaron problemas de asentamientos o fallas del terreno.



#### 4.8.2.4.2.- Escuela Bolivariana Miguel Villavicencio (EBMV).

Esta Escuela se encuentra ubicada en la Avenida José Antonio Lamas de Artigas, Municipio Libertador, Caracas, a la cual se realizaron varias visitas técnicas, los días 29 y 30 de abril del 2004, 08 de diciembre de 2004 y 09 de junio de 2005 respectivamente, en las que se llevó a cabo un levantamiento fotográfico y breve levantamiento geométrico de la estructura, con el fin de comprobar y corroborar similitudes existentes con las otras escuelas. Se contó con el apoyo del cuerpo técnico del IMME [Abou y Lee 2006].



**Figura 4.8.10. Fachada de la Escuela Bolivariana Miguel Villavicencio.**

Se verifico que la losa en el techo del comedor es nervada en dos direcciones y que la mampostería del Módulo Anexo está construida con ladrillos macizos de arcilla.

Como diferencias, se encontró que la EBMV es la imagen invertida de la EBAP, es decir, una sería el reflejo de la otra. Se evidenció la existencia de una junta que divide la estructura del Módulo Principal en dos partes. No se pudo evidenciar junta estructural entre el Módulo Principal y el Módulo Anexo. Los dos estanques elevados de agua fueron eliminados durante una remodelación a la estructura.

#### 4.8.2.4.3.- Escuela Bolivariana Francisco Espejo (EBFE).

Esta Escuela se encuentra en Santa Lucia, Municipio Paz Castillo, Estado Miranda y fue fundada en 1956. Se efectuaron dos visitas técnicas efectuadas el 12 y 16 de septiembre de 2005, en las cuales se realizó un levantamiento fotográfico, se verificó la geometría de la edificación y se estudió el armado de los elementos estructurales con el detector de acero. Se contó con la colaboración y apoyo de la Directora del plantel, Profesora Maignalida, y la del señor Sócrates Mateus [Abou y Lee 2006].



**Figura 4.8.11. Fachada de la Escuela Bolivariana Francisco Espejo.**

Esta escuela posee las mismas características arquitectónicas y estructurales encontradas en la EBAP, la cual está conformada por un Módulo Principal y otro Anexo. Se verificó que el Módulo Anexo posee la losa reticular en el área del comedor, cuyo armado se pudo comprobar con ayuda del detector de metales.

En esta escuela se pudo apreciar la existencia de la junta estructural ubicada entre el Módulo Anexo y el Módulo Principal, separando las estructuras de ambas edificaciones.

Como particularidad en esta escuela se observa una estructura metálica a dos aguas que funciona como cubierta para el nivel de techo, como solución a las filtraciones que aquejaban a la edificación.

#### 4.8.2.4.4.- Escuela Bolivariana Dr. Luis Ortega.

Esta Escuela se ubica en El Tirano, Municipio Antolín del Campo, Estado Nueva Esparta. Se contó con fotografías y un croquis producto de un levantamiento arquitectónico realizado por parte de FEDE.



**Figura 4.8.12. Fachada de la Escuela Bolivariana Dr. Luis Ortega.**

Se observó la similitud general con las otras edificaciones Tipo Antiguo II. En el croquis se observa el Módulo Anexo, pero carece del pasillo que lo une con el Módulo Principal. Es importante destacar la aparente existencia de tres columnas centrales, a manera de apoyo, en el área del comedor del Módulo Anexo, cosa no vista en ninguna otra escuela.

#### 4.8.2.4.5.- Escuela Bolivariana Nueva Esparta.

Esta Escuela está ubicada en el Sector Chiguará, Municipio Sucre, Estado Mérida. Posee una matrícula de unos 380 alumnos. De esta escuela se contó con un informe suministrado por FEDE donde se resumen los trabajos de rehabilitación y mantenimiento realizados en sus instalaciones. La edificación posee las mismas características a las otras Escuelas Tipo Antiguo II.

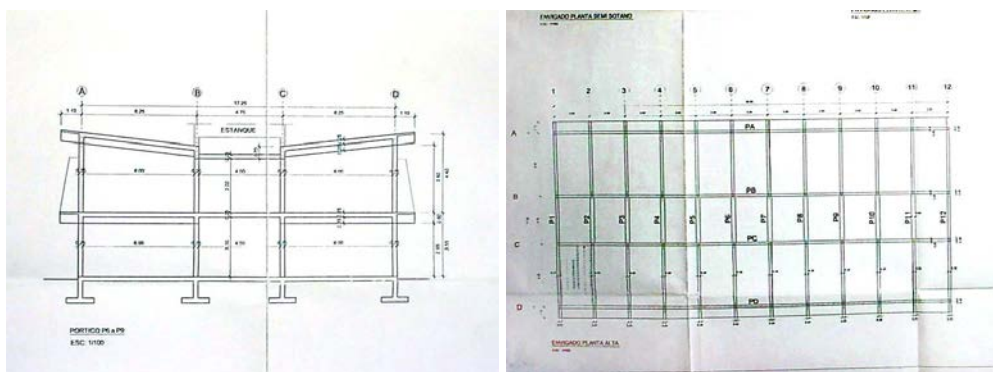
Según el informe, a la edificación se le realizó el recalce de las fundaciones, trabajos de impermeabilización, fueron eliminados los estanques ubicados en el techo, se construyó una escalera de emergencia, se demolieron las paredes para ser sustituidas por muros armados.



**Figura 4.8.13. Fachada de la Escuela Bolivariana Nueva Esparta.**

#### 4.8.2.4.6.- Escuela Bolivariana Samuel Darío Maldonado y Escuela Bolivariana Padre Miguel Lorenzo.

La U.E.B. Samuel Darío Maldonado, está ubicada en Isnotú, Municipio Rafael Rangel, Estado Trujillo y la Unidad Educativa Bolivariana Padre Miguel Lorenzo, está ubicada en Cuicas, Municipio Carache, también Estado Trujillo. De estas dos escuelas se disponen de planos de planta y pórticos del Módulo Principal, producto de un levantamiento realizado por FEDE.



**Figura 4.8.14. Planos de las Escuela Bolivariana Samuel Darío Maldonado y Escuela Bolivariana Padre Miguel Lorenzo.**

Los planos muestran un edificio de similares características a otras Escuelas Tipo Antiguo II. En los planos se infiere una independencia del Módulo Principal y del Módulo Anexo, primero porque el Módulo Anexo no se encuentra dentro de los planos, es decir, el Módulo Principal se estudió como una estructura independiente; y segundo porque las vigas de los pórticos 4 y 5 no se extienden.

A diferencia de otras escuelas Tipo Antiguo II, estas dos instituciones poseen un Nivel Sótano, siendo en total tres niveles. Además, es de hacer notar la aparente existencia de “vigas planas” en el sector del pasillo, tanto en la losa de entrepiso como en la losa de techo, las cuales no pudieron ser encontradas en otras escuelas.

Aparte de las escuelas Tipo Antiguo II nombradas anteriormente también se posee información fotográfica de las siguientes escuelas:

- U. E. Santo Domingo, Upata, Estado Bolívar.
- U. E. Lisandro Lecuna, Valencia, Estado Carabobo
- E. B. N. Cecilio Acosta, La Victoria, Estado Aragua
- E. B. N. Jacinto Fombona Pachano, Maracay, Estado Aragua.
- E. B. N. Don Nicolás Flores Luigi, Rio Caribe, Estado Sucre.
- E. B. B. Jesús Pacheco Rojas, Maracay, Estado Aragua.
- E. B. B. Jesús Pacheco Rojas, Maracay, Estado Aragua.
- E. B. B. Juan Bautista Arismendi, Valle de Pedro González, Estado Nueva Esparta
- E. B. B. Manuela Weffer de Romero, Buena Vista, Estado Falcón

Según las mediciones realizadas en las tres edificaciones del Estado Sucre y comparando con la información existente de otros levantamientos posteriores, se comprueba en primer lugar el carácter repetitivo de las edificaciones llamadas Tipo Antiguo II. Se verifica la existencia de columnas embebidas en las paredes transversales y se confirma la hipótesis original que las edificaciones Tipo Antiguo II existen bajo la figura de Sin Modulo Anexo y Con Modulo Anexo.

Se recomienda tomar la Escuela María Reina de López, de Carúpano, como principal escuela a evaluar, y de existir la posibilidad, ser la primera escuela en ser adecuada sísmicamente. Dentro de los parámetros evaluados para llegar a esta conclusión están tres:

- La irregularidad constructiva observada: la cual es una señal de la deficiente supervisión durante su construcción, siendo posible una mayor vulnerabilidad debido a defectos estructurales ocultos no observados en la visita realizada.

- El número de niños en la edificación: la escuela posee la mayor matrícula de entre las tres escuelas visitadas, por lo que estaríamos hablando de una mayor cantidad de niños en riesgo.

- La ubicación geográfica de la escuela: el pueblo de Carúpano Arriba está apartado de la ciudad, posee una vía de acceso en malas condiciones que dificultaría el traslado de cualquier tipo de ayuda en caso de producirse una emergencia. Por otro lado, si su integridad y seguridad no se ve afectada por un sismo, podría convertirse en un punto estratégico para focalizar la ayuda en el pueblo.

Se recomienda visitar la Escuela Rodríguez de Abreu, de Canchunchun, en Carúpano y la Escuela Luisa Blanco de Ramírez, por también encontrarse en el Estado Sucre, cuyo nivel de riesgo sísmico es elevado y se desconoce sus características geométricas y el estado de las mismas.

#### 4.8.3.- Descripción de la Edificación

Como ya se ha explicado, no se disponen de la totalidad de planos de estas construcciones hechas hace unos 50 años por lo que se hizo necesario conseguir información directamente en las edificaciones escolares existentes. Se realizó una recopilación exhaustiva de la arquitectura y estructura de escuelas de Caracas, Guarenas, Santa Lucía, Nueva Esparta, Cumaná y Carúpano, comparándose con la información disponible de otras ubicadas en Mérida, Trujillo y Nueva Esparta, obteniéndose como resultado la similitud existente entre todas ellas y comprobando su carácter repetitivo a nivel nacional.

Las escuelas examinadas fueron:

“E. B. Miguel Villavicencio” de Caracas, Distrito Capital.

“E. B. Ambrosio Plaza” de Guarenas, Estado Miranda.

“E. B. Francisco Espejo” de Santa Lucía, Estado Miranda.

“E. B. Doctor Luis Ortega” de Margarita, Estado Nueva Esparta.

“E. B. Nueva esparta” de Chiguará, Estado Mérida,

“E. B. Samuel Darío Maldonado” de Isnotú, Estado Trujillo,

“E. B. Padre Miguel Lorenzo” de Cuicas, Estado Trujillo,

“U. E. Andrés Eloy Blanco” de Cumaná, Estado Sucre.

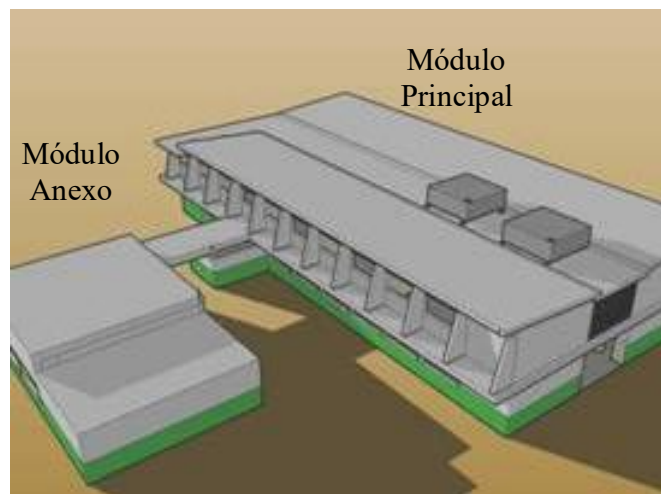
“U. E. Juan Freites” de Cumaná, Estado Sucre.

“U. E. María Reina de López” de Carúpano, Estado Sucre.

Con la información recopilada se elaboraron planos detallados de la arquitectura y la estructura, además de modelos en tres dimensiones con sus correspondientes imágenes y videos de animación digital. Los resultados de los levantamientos se presentan en términos de imágenes fotográficas, planos arquitectónicos y planos estructurales.

Las escuelas Tipo Antiguo II son estructuras aporricadas de concreto armado construidas entre los años 1950 y 1960, formadas por dos módulos contiguos, un Módulo denominado Principal y un Módulo Anexo (Ver Figura 4.8.15). Estos módulos han sido observados conectados rígidamente como desconectados por medio de juntas de construcción.





**Figura 4.8.15. Módulo Principal y Módulo Anexo unidos mediante un pasillo.**

El Módulo Principal posee dos niveles identificados como Planta Baja y Planta Alta. Este Módulo funciona como edificio de aulas y oficinas administrativas (Secretaría, Coordinación, Dirección). El Módulo Anexo consta de un solo nivel, y su función original es la de albergar el comedor y cocina, aún cuando actualmente se ha evidenciado en varias escuelas que su fin ha sido cambiado para varios usos.

#### 4.8.3.1.- Módulo Principal

El Módulo Principal cuenta con doce pórticos transversales separados a 3,50 m, identificados con números del “01” al “12”, y cuatro pórticos longitudinales separados a 6,25 m en los vanos extremos y 4,75 m en el vano central, identificados con letras de la “A” a la “D”. En total 59 columnas identificadas y verificadas conforman este Módulo, todas con una sección cuadrada de 25 cm x 25 cm, cuyos ejes poseen continuidad en todos los niveles.

La estructura posee vigas altas en la dirección longitudinal, las mismas son de 25 cm x 60 cm. En la dirección trasversal se presentan dos situaciones: en los pórticos extremos (01 y 12) se encuentran vigas altas de 25 x 60 entre los ejes A-B, B-C y C-D. En los pórticos interiores (02 al 11) estas vigas sólo se encuentran entre los ejes A-B y C-D, es decir, la estructura carece de vigas entre los ejes B-C. En la Planta Alta se detectaron vigas de corona en los pórticos longitudinales A y D que sostienen la tabiquería superior a las ventanas, estas vigas son de 25 cm x 40 cm y están localizadas a un metro por debajo de las vigas principales.

La altura de entrepiso de Planta Baja es de 3,60 m. La altura de entrepiso en la Planta Alta es variable, producto de la inclinación de la losa de techo, la cual es a dos aguas; en los tramos externos la altura de entrepiso es igual a 4,60 m disminuyendo en altura hasta llegar a 3,65 m. En el tramo central la altura de entrepiso es uniforme e igual a 3,25 m.

La Planta Baja está constituida por un pasillo central de 4,75 m de ancho, aulas de clase con una capacidad promedio de treinta alumnos por salón y unas dimensiones de 6,00 m x 6,75 m cada una, áreas administrativas, dos baños y un pasillo que comunica el Módulo Principal con el anexo; este pasillo se ha observado en varias ocasiones usado como aula de

clase adicional. La Planta Alta consta al igual que la planta inferior de un pasillo central con las mismas dimensiones, aulas de clase con la misma capacidad de las aulas del nivel inferior y dos baños.

La tabiquería existente en ambos pisos de la edificación principal, está compuesta por bloques de arcilla de 25 cm de ancho con un friso en ambas caras de aproximadamente 2,5 cm de espesor. Las paredes de los pórticos transversales (según información recibida verbalmente en las visitas realizadas a Carúpano y al Trabajo de Grado relacionado a la escuela Tipo Antiguo II Unidad Educativa Lisandro Lecuna en Valencia) están compuestas por ladrillos de arcilla macizo. Las paredes no están desvinculadas o separadas de los elementos estructurales. Todas las aulas de clase cuentan con ventanas que van de cara a cara de columna, situadas a 1,20 m de la losa de piso, con dimensiones de 3,25 m de ancho por 1,80 m de altura. Las paredes que separan las aulas del pasillo central poseen en su parte superior, unas aberturas o ventanas de ventilación de 0,45 m. La configuración de las paredes generan columnas cortas a todo lo largo de los pórticos longitudinales: En los pórticos “B” y “C” las columnas son de 0,45 m de longitud, mientras que en los pórticos “A” y “D” son de 1,80 m. En la dirección transversal se presentan alternadamente unos vanos con paredes completas y otros sin paredes; caso particular se aprecia en los pórticos extremos de fachadas donde se generan columnas cortas de longitud igual a 0,80 m en el pórtico 12 y de 1,60 m de longitud en el pórtico 1.

En el Módulo Principal la losa de piso es nervada con un espesor de 25 cm, y está aligerada con bloques de arcilla. Entre los ejes A-B y C-D (aulas) la losa está armada en la dirección longitudinal, mientras que entre los ejes B-C (pasillo) la losa está armada en la dirección transversal. La losa de entrepiso posee volados en sus cuatro fachadas. En los volados de las fachadas longitudinales se encuentran en total 21 parasoles de forma trapezoidal compuestos por bloques de arcilla de 10 cm, frisados por ambos lados. El espesor aproximado de este friso es de 2,5 cm. La Planta Techo es a dos aguas en la mayor parte de su extensión como ya se ha dicho anteriormente, el agua escurre desde las losas inclinadas hacia un tramo central, el cual a través de una ligera pendiente permite que el agua fluya hacia la fachada principal o delantera, aunque esta pendiente ha sido modificada posteriormente en varias de las edificaciones visitadas. En la Planta Techo se ubican dos estanques elevados de almacenamiento de agua de concreto armado de aproximadamente 10 mil litros de capacidad cada uno, los mismos están ubicados hacia el lado del techo que da a la fachada transversal secundaria o posterior de la edificación.

#### 4.8.3.2.- Módulo Anexo

El Módulo Anexo posee cinco ejes longitudinales (de la F a la J) y seis ejes transversales (04, 05, 13, 14, 15, 16). En total son 16 columnas de concreto armado, con secciones de 25 cm x 60 cm, 25 cm x 50 cm y de 25 cm x 25 cm. Las vigas perimetrales del anexo son de 25 cm x 60 cm. En la zona perimetral se detectaron vigas de corona de sección 25 cm x 40 cm que sostienen los sectores de pared que se hallan sobre las ventanas.

El Módulo Anexo está constituido por un comedor de 10,55 m x 10,35 m, una zona de cocina, baño y vestidores de 10,35 m x 6,55 m. La entrada principal de este módulo se encuentra en el pasillo que lo comunica con el edificio de aulas. Posee una entrada secundaria, la cual conduce a la cocina. Las vigas de este pasillo son la extensión de las vigas de los ejes 4

y 5 del Módulo Principal. Las vigas del pasillo sostienen una losa nervada de 25 cm de espesor armada en la misma dirección que las losas del Módulo Principal. En el comedor la altura de entrepiso es de 4,50 m, pero en el área destinada a la cocina es de 3,60 m. La losa de techo en el área del comedor es de 25 cm de espesor está armada en ambas direcciones, aligerada con bloques de arcilla. En la zona de la cocina la losa es de 25 cm de espesor nervada, armada en la dirección longitudinal, aligerada con bloques de arcilla. Las ventanas del comedor son de cara a cara de columna, las mismas son de 1,80 m de altura y se encuentran ubicadas a 0,38 m de la losa de piso. Las ventanas de la cocina también son de cara a cara de columna, se ubican a 1,60 m de la losa de piso y poseen una altura de 0,80 m. En el Módulo Anexo las paredes son de 30 cm de espesor, constituidas por ladrillos de arcilla de 6 cm x 12 cm x 25 cm frisadas por ambas caras.

#### 4.8.3.3.- Materiales

Las propiedades de los materiales se estimaron con base a una recopilación de información correspondiente a edificaciones escolares en Venezuela de similar antigüedad. El concreto utilizado para la construcción de los elementos estructurales se estima con una resistencia promedio a compresión de 163 Kgf/cm<sup>2</sup>, en vigas, columnas y losas [Del Re, 2006].

El acero utilizado para el armado longitudinal de los elementos estructurales se estima con un límite elástico  $f_y = 2400$  Kgf/cm<sup>2</sup> (clasificación A-24) y para el armado transversal  $f_y = 2800$  Kgf/cm<sup>2</sup> (clasificación A-28) [Del Re, 2006].

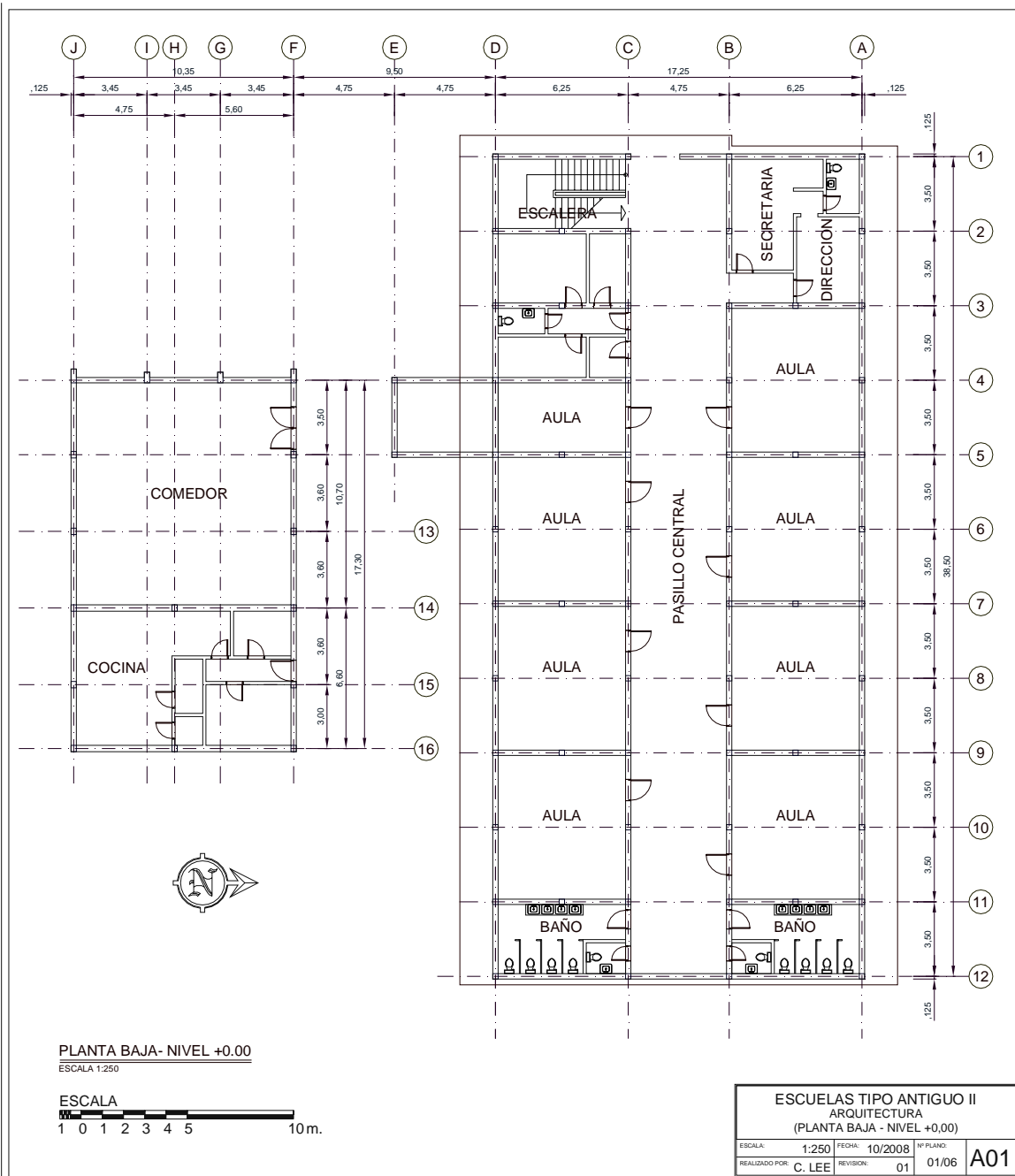
Con base a las exploraciones efectuadas y a la información encontrada en planos de un edificio del mismo tipo, se adoptó como acero longitudinal en columnas: 4 barras de 1/2", 4 barras de 5/8", cuatro barras de 3/4" y seis barras de 1/2" en cada columna, dependiendo del tipo y ubicación. Todas las barras longitudinales se consideraron estriadas en base a lo evidenciado en estructuras similares de la época y a lo observado en una de las columnas de la Escuela Ambrosio Plaza, de Guarenas, cuyo acero estaba expuesto.

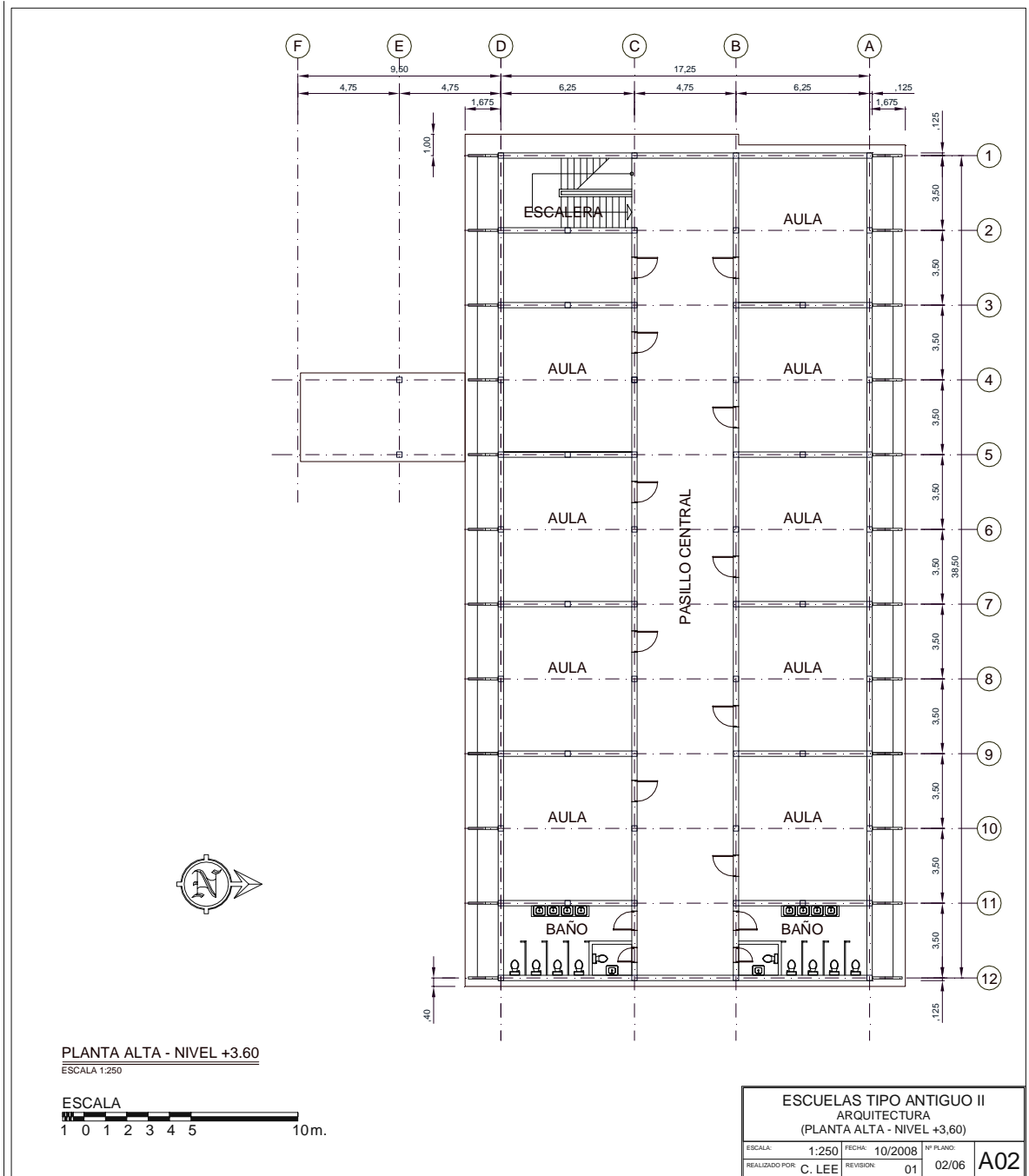
De la misma forma, con base a las exploraciones efectuadas y a la información encontrada en los planos antes nombrados, se adoptó como acero longitudinal en vigas longitudinales: 2 barras de 1/2" en ambas caras. Y para vigas transversales: 4 barras de 3/4" más 1 de 7/8" como acero inferior y 2 barras de 3/4" más dos de 5/8" como acero superior. Todas las barras longitudinales se consideraron estriadas en base a lo evidenciado en estructuras similares de la época y por similitud al acero evidenciado en columnas.

El acero transversal presente en columnas (ligaduras) y en vigas (estribos) tiene un diámetro de 1/4" y son barras lisas. Todas las barras de refuerzo transversal en columnas están separadas en promedio cada 25 cm de eje a eje y en vigas cada 20 cm en promedio de eje a eje, en toda la longitud de los elementos, valores obtenidos de las mediciones hechas in situ con el detector de metales. No se detectó la existencia de zonas con menor espaciamiento o zonas de confinamiento entre barras de refuerzo transversal para vigas o columnas. Es importante acotar que según las mediciones realizadas con el detector de metales, se pudo apreciar que existe una gran irregularidad en la disposición del acero transversal existente en las columnas de las edificaciones, llegando a variar de 15 a 35 cm en su separación.

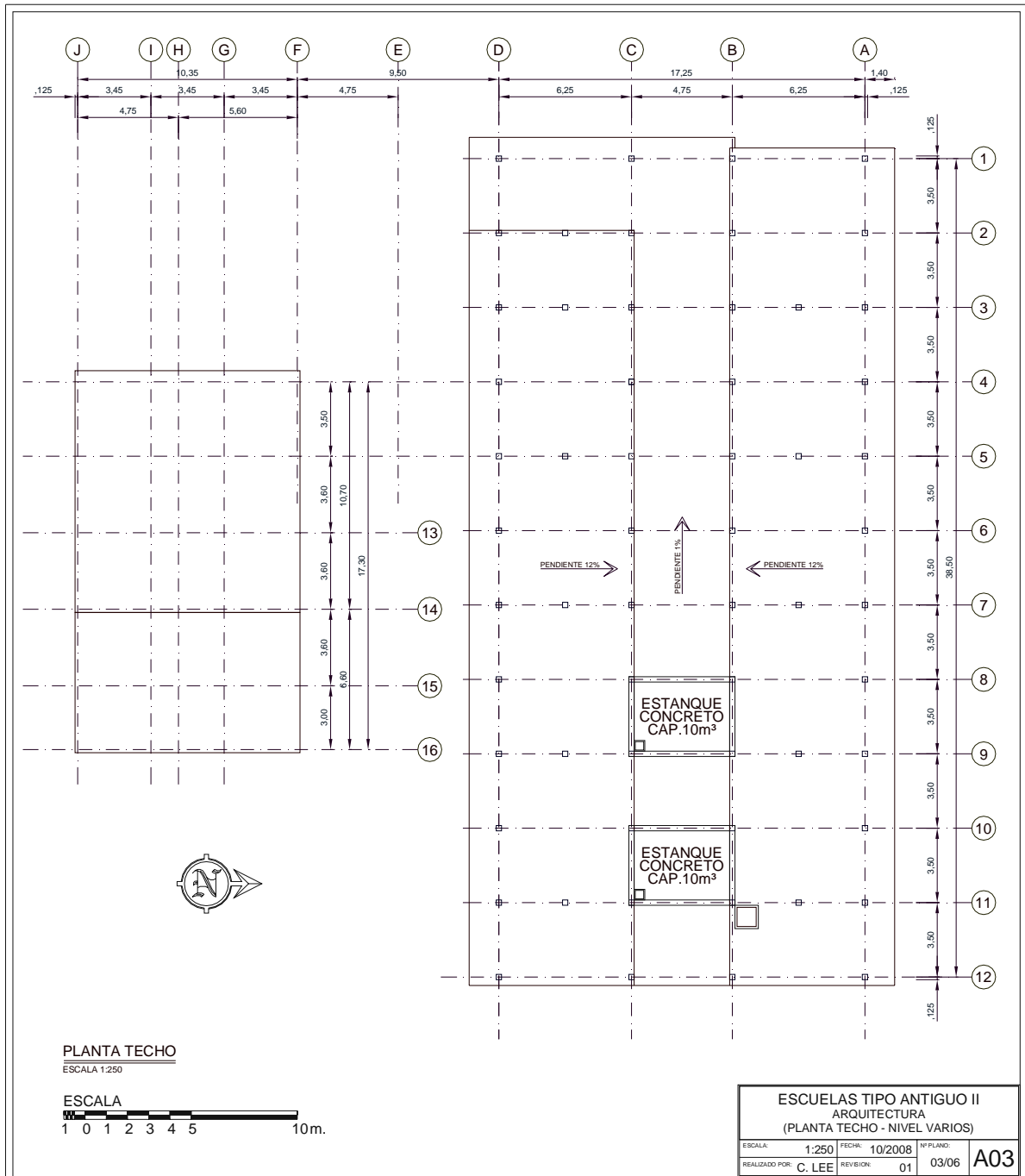
Se consideró un módulo de elasticidad de la mampostería de bloques de arcilla de 20.000 Kgf/cm<sup>2</sup> y un módulo de elasticidad de la mampostería de ladrillo de 80.000 Kgf/cm<sup>2</sup> [Fundación ICA, 1999].

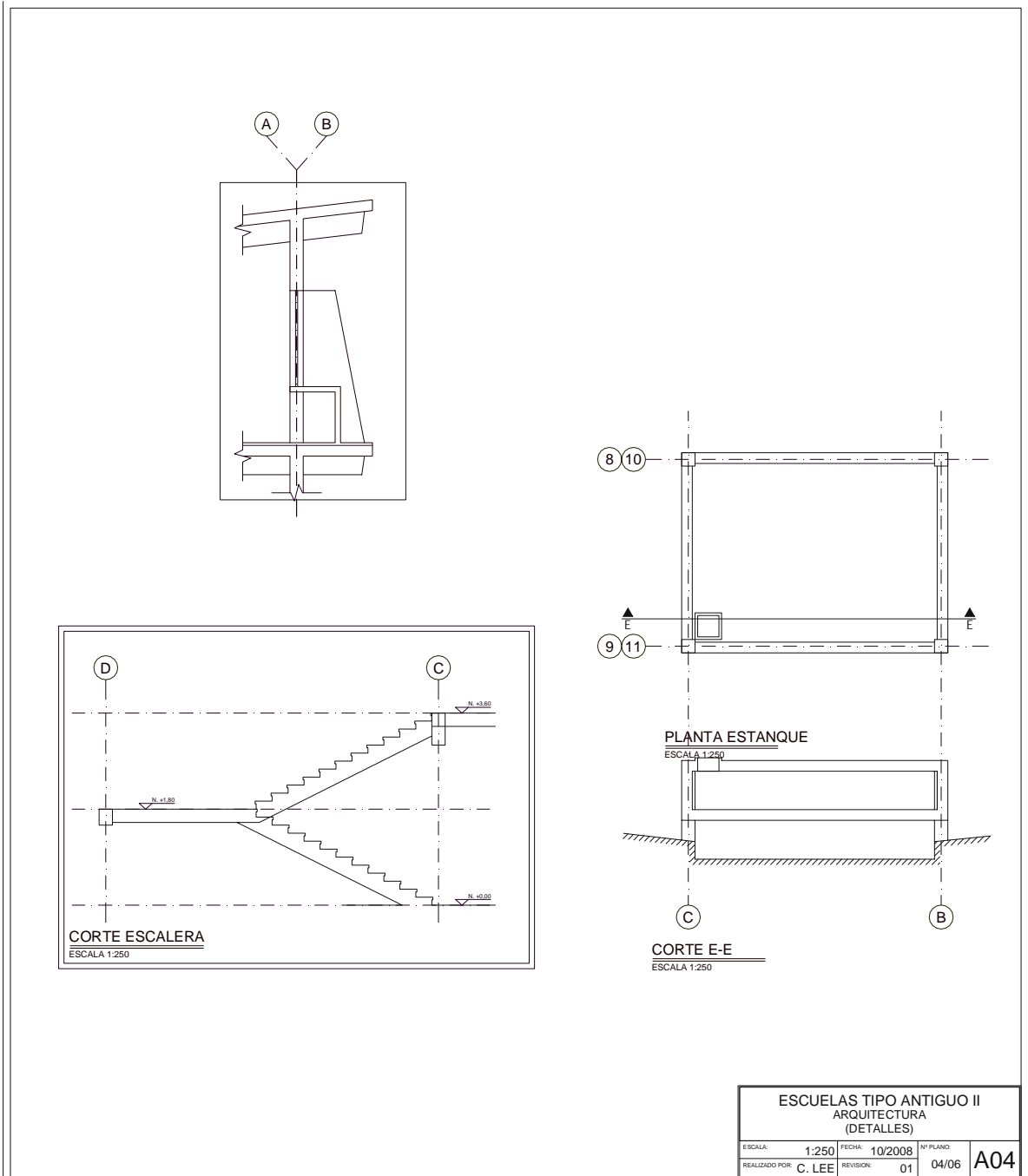
4.8.3.4.- Planos de Arquitectura y Estructura

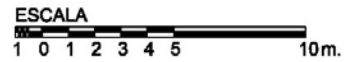
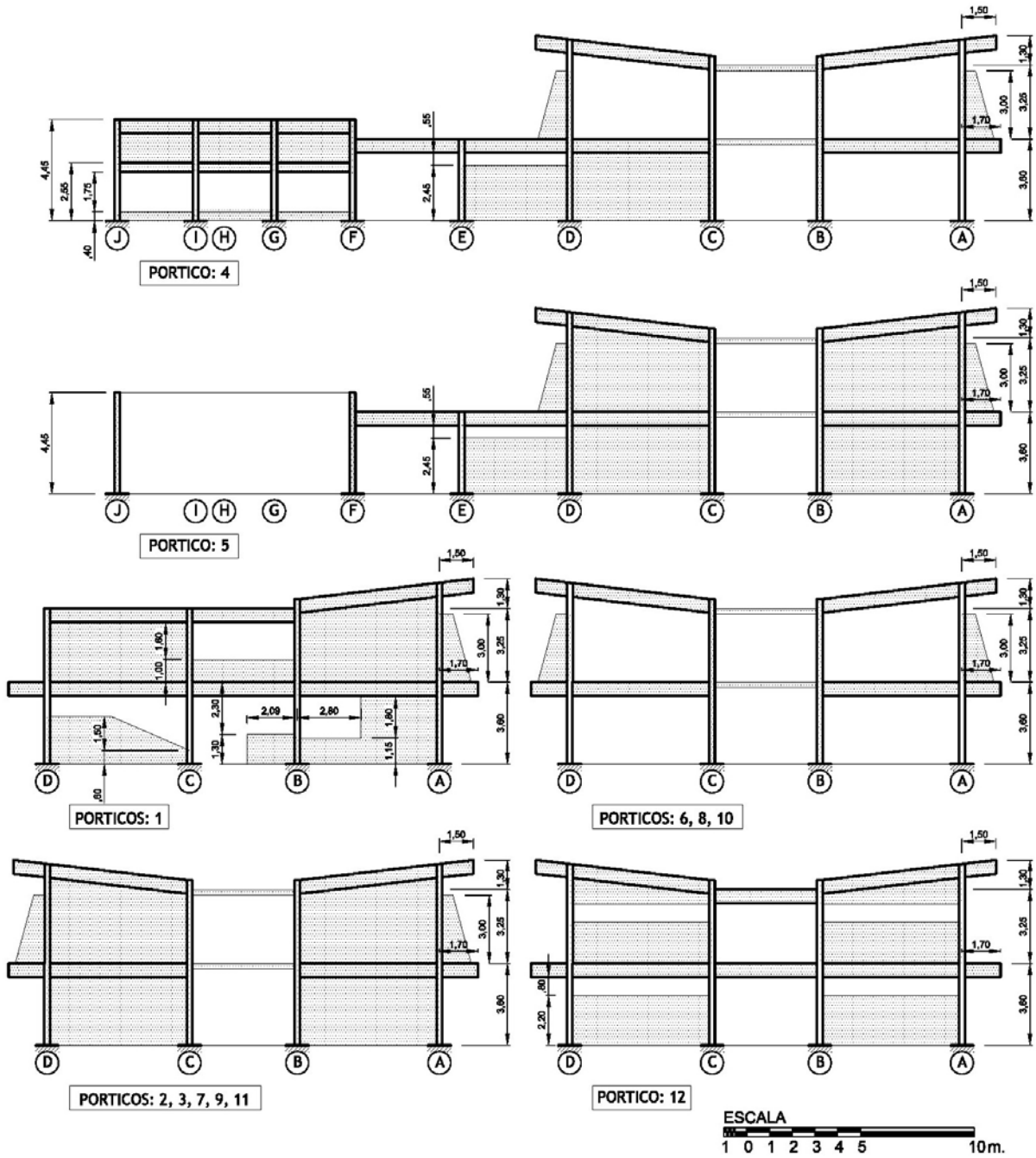




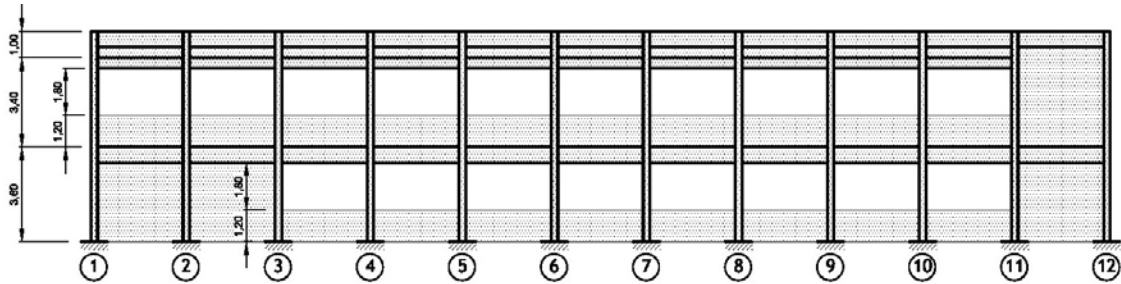




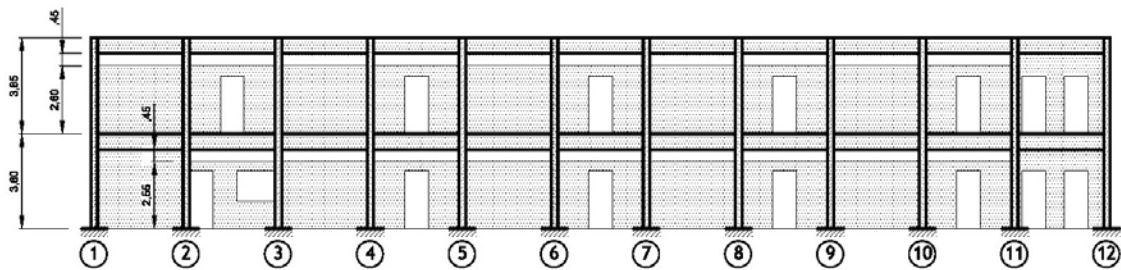




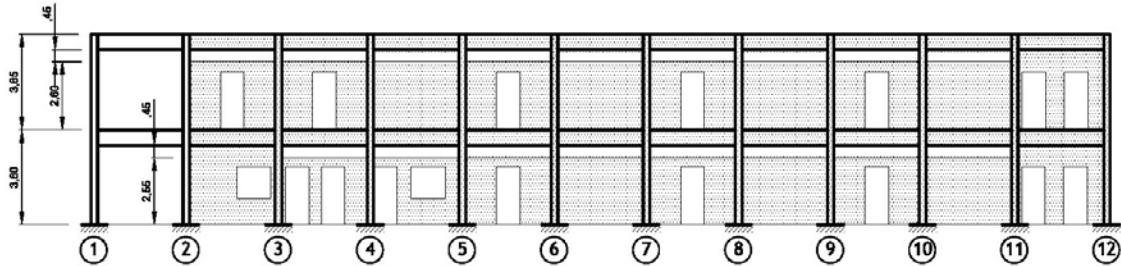
ESCUELAS TIPO ANTIGUO II			
ESCALA ARQUITECTURA			
(TABIQUERIA PORTICO LONGITUDINAL)			
1:250	FECHA 10/2008	Nº PLANO	A05
REALIZADO POR: C. LEE	REVISIÓN 01	05/06	



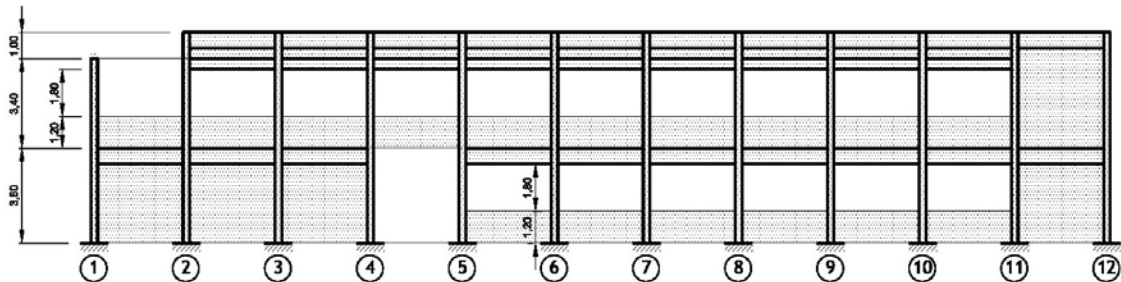
PORTICO: A



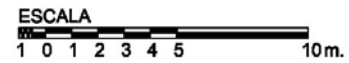
PORTICOS: B



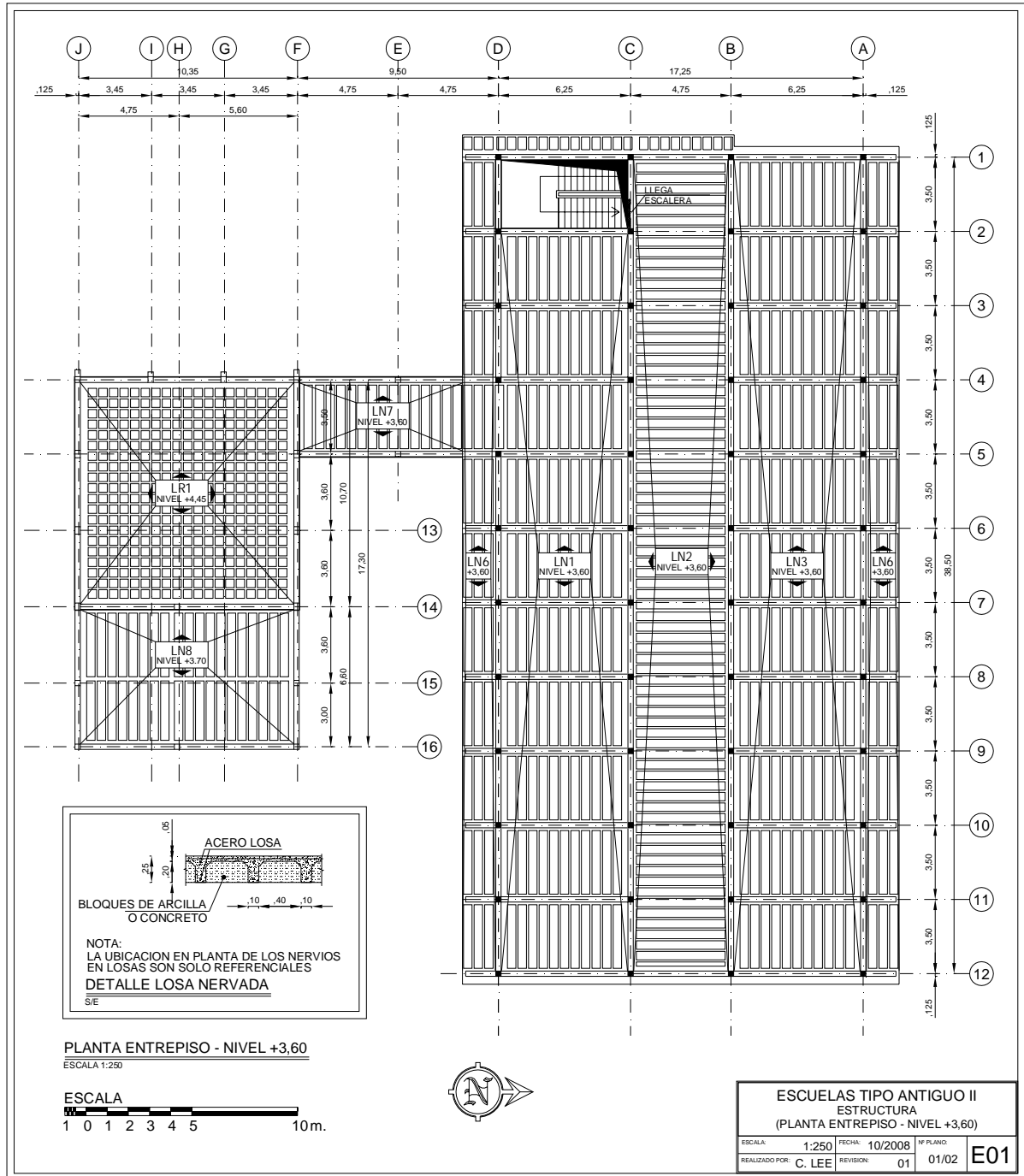
PORTICOS: C



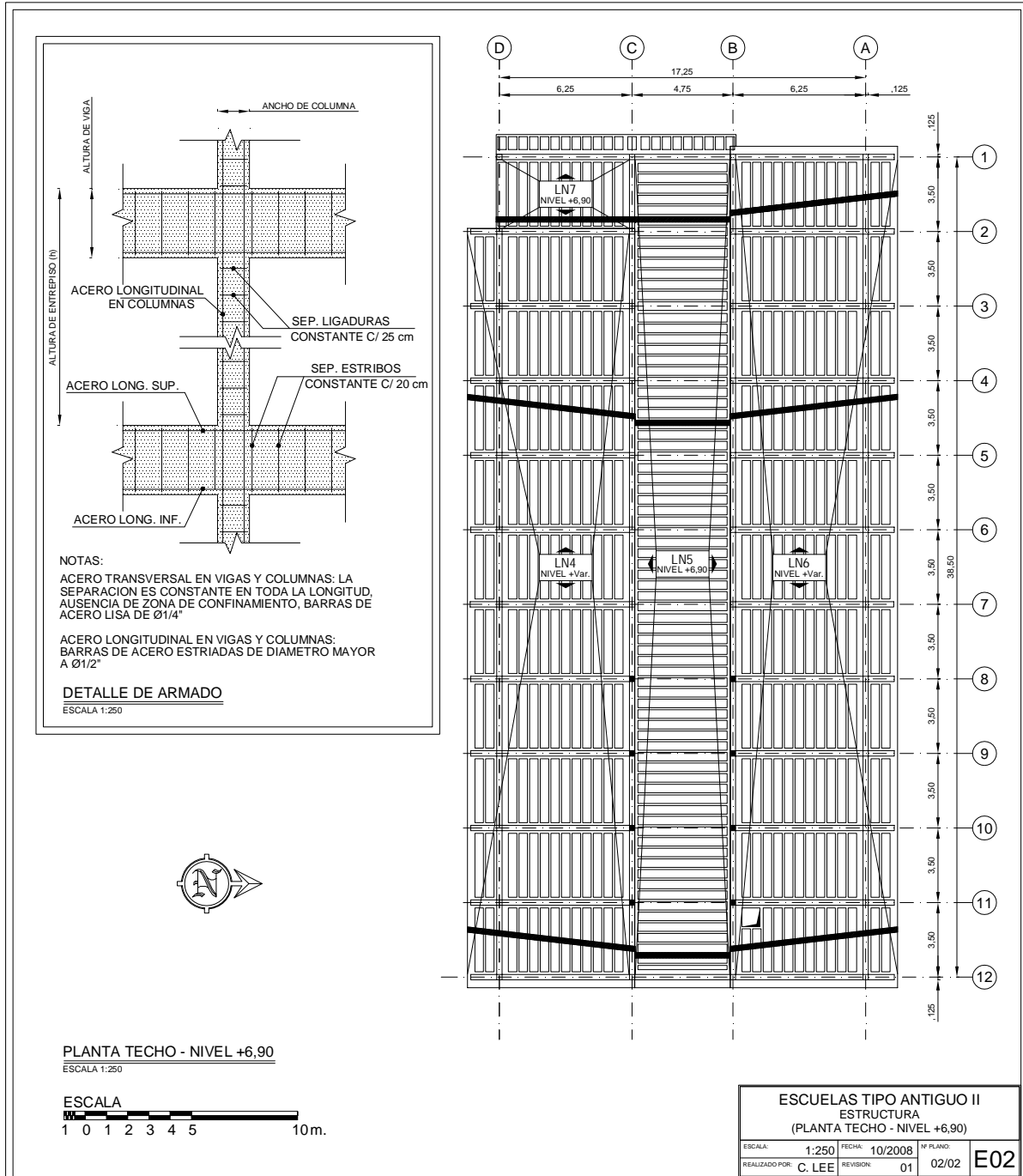
PORTICO: D



ESCUELAS TIPO ANTIGUO II			
ARQUITECTURA			
(TABIQUERIA PORTICO TRANSVERSAL)			
ESCALA:	1:250	FECHA:	10/2008
REALIZADO POR:	C. LEE	REVISIÓN:	01
			NO PLANO
			06/06
			A06







#### 4.8.4. – Evaluación Sismorresistente

##### 4.8.4.1.- Modelos Matemáticos

##### 4.8.4.1.1.- Idealización de la Estructura

Con la información recabada se elaboraron modelos detallados de la estructura, incluyendo las paredes de mampostería que están enmarcadas por los pórticos. Las cargas variables nominales se toman de la Norma [COVENIN, 1998], a saber 400 kgf/m<sup>2</sup> en aulas, 300 kgf/m<sup>2</sup> en pasillos y 500 kgf/m<sup>2</sup> en escaleras. Como cargas variables efectivas durante un sismo se considera el 50% de la carga variable de servicio correspondiente a edificaciones educacionales, a excepción del techo donde se tomó el 0% de la misma, de acuerdo con la Norma COVENIN 1756 vigente [COVENIN, 2001]. Se cargó la estructura distribuyendo los pesos propios de losas, paredes, parasoles y la carga variable sobre las vigas correspondientes, incluyendo el peso propio de los elementos estructurales (vigas y columnas) que se asocian a ese nivel. El peso de los estanques fue asignado a las columnas que lo soportan directamente. El peso del edificio es de aproximadamente 1.500 toneladas.

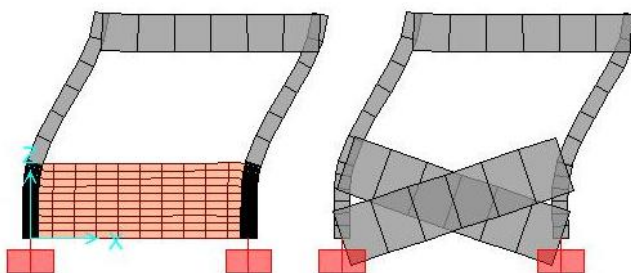
Se supondrán juntas rígidas en los elementos estructurales de concreto armado, con un 50% de longitud de brazo rígido en los extremos de vigas y columnas.

Se supuso un empotramiento perfecto de las columnas en el nivel del terreno para una simplificación de cálculo.

En cuanto a la inercia de los elementos a adoptar para los modelos a estudiar, se utilizó por un lado el 100% de la inercia de la sección gruesa correspondiente a una sección no dañada y por otro lado un valor que corresponda con el estado de agrietamiento esperado durante la respuesta a los sismos (considerando un periodo de retorno de 500 años) según lo estipulado en la Norma COVENIN. Para los efectos de los modelos realizados se tomó para vigas 40% de la inercia de la sección gruesa y para columnas el 60%.

##### 4.8.4.1.2.- Modelado de la Mampostería y Bielas Equivalentes

Se tomaron los tres pórticos representativos de la estructura más sus respectivas configuraciones de mampostería, creándose en total once modelos de dos columnas y una viga, con mampostería igual a la existente en la estructura, las paredes se modelaron con elementos finitos, empotrados en la base y al pórtico (ver Figura 4.8.16). Se aplicó una carga lateral igual a 10.000 Kg. en la parte superior del marco y se midió su desplazamiento.



**Figura 4.8.16. Modelado de la Mampostería. Del lado Izquierdo modelado con elementos finitos y del lado derecho modelado con bielas equivalentes.**

Posteriormente a los mismos pórticos descritos anteriormente, pero en este caso la rigidez de la mampostería se modeló con un par de bielas equivalentes, colocadas en la dirección de las diagonales de la pared, con espesor de 25 cm. y que solo transmiten fuerza axial al pórtico. El ancho de las bielas “W” fue variado hasta obtener el mismo desplazamiento tope para los 10.000 Kg. aplicados en los modelos con elementos finitos.

Los anchos resultantes obtenidos por el uso de bielas equivalentes con el programa SAP 2000 fueron comparados y ajustados con los valores obtenidos por el método de Klingner [Pauley y Priestley 1992]. Estos valores de “W” (mostrados en la Tabla 4.8.1) fueron ajustados según la bibliografía consultada para representar la rigidez inicial de la mampostería confinada.

**Tabla 4.8.1 Resumen de Resultados del Análisis de la Mampostería con el Método de la Biela Equivalente Tomando en Consideración Dos Diagonales [cm.]**

Bielas Equivalentes								
Pórticos Longitudinales			Pórticos Transversales			Pórticos Anexo		
h	w	w/d	h	w	w/d	h	w	w/d
360	58	0,25	350	50	0,26	300	52	0,22
260	29	0,13	230	33	0,17	180	21	0,09
120	25	0,11	140	20	0,10	105 c/p	15	0,07
260 c/p	12	0,05	-	-	-	-	-	-

#### 4.8.4.1.3.- Modelos Matemáticos

Se realizaron seis modelos de la edificación en los que se variaron algunos elementos para evaluar su influencia en las propiedades dinámicas de la estructura. Los elementos a variar son: la inclusión de los efectos de rigidez y resistencia de la tabiquería, la conexión del Módulo Anexo al Módulo Principal y la reducción de la inercia de los elementos estructurales (Ver Tabla 4.8.2).

**Tabla 4.8.2. Modelos a utilizar para el Análisis.**

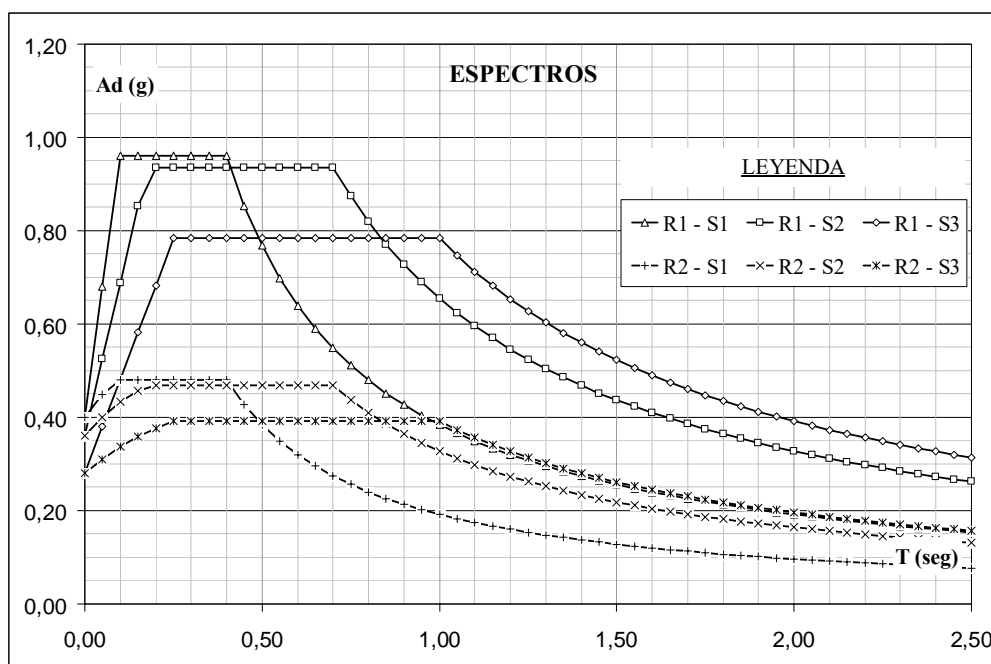
Modelo	Modulo Anexo	Paredes	Inercia
1	No	No	Gruesa
2	Si	No	Gruesa
3	No	Si	Gruesa
4	Si	Si	Gruesa
5	No	Si	Reducida
6	Si	Si	Reducida
7	No	No	Reducida
8	Si	No	Reducida

#### 4.8.4.1.4.- Acción Sísmica

El espectro utilizado para el análisis posee un Coeficiente de Aceleración Horizontal ( $A_0$ ) igual a 0,40 correspondiente a una zona sísmica 7 o de peligro sísmico elevado como es el caso de las escuelas ubicadas en Carúpano y Cumaná. El Factor de Importancia ( $\alpha$ ) usado fue de 1,30 por ser edificación educacional (Grupo A). Las respuestas a ambas componentes sísmicas horizontales definidas por el mismo espectro se combinaron con el criterio de la raíz de la suma de los cuadrados [COVENIN, 2001].

Para la selección del Factor de Reducción de Respuesta ( $R$ ) se considera que la capacidad global del sistema para disipar energía es baja. Tomando en cuenta la antigüedad de la construcción (década de 1950) se adoptó un valor de  $R$  igual a 2, el cual se puede asociar a una ductilidad admisible del edificio del mismo orden.

Con el fin de obtener resultados conservadores aplicables en cualquier escuela Tipo Antiguo II, se estudiaron todos los casos de formas espectrales aplicables eligiéndose el tipo de suelo más desfavorable para cada uno de los modelos realizados (Ver Figura 4.8.17).



**Figura 4.8.17. Espectros utilizados para el análisis.**

#### 4.8.4.2.- Respuesta Dinámica, Períodos y Modos de Vibración.

Se determinó la respuesta sísmica mediante el Método de Superposición Modal con Tres Grados de Libertad por Nivel descrito en la Norma [COVENIN, 2001]. Los cálculos se realizaron con ayuda del programa SAP2000 [CSI, 2004]. En la Tabla 4.8.3 se presentan los períodos de los seis primeros modos de vibración de cada modelo del edificio.

**Tabla 4.8.3. Períodos (seg.) de los primeros seis modos de vibración por modelo.**

Modelo	Modos					
	1	2	3	4	5	6
1	0,95	0,93	0,84	0,39	0,38	0,34
2	0,94	0,86	0,65	0,40	0,36	0,36
3	0,35	0,27	0,23	0,15	0,11	0,09
4	0,35	0,27	0,23	0,15	0,11	0,09
5	0,38	0,28	0,23	0,16	0,11	0,09
6	0,38	0,34	0,27	0,17	0,15	0,14
7	1,24	1,20	1,10	0,50	0,50	0,43
8	1,23	1,13	0,86	0,52	0,47	0,46

En los Modelos N°1, N°3 y N°5 se observa un gran desacoplamiento en los grados de libertad (x, y,  $\theta$ ) en los tres primeros modos de vibración. Siendo los primeros dos modos de vibración netamente traslacionales y para el tercer modo presentar una componente rotacional principalmente. Los siguientes modos 4, 5 y 6 muestran la típica inversión de movimientos del nivel entrepiso con respecto al techo.

En los Modelos N°3 y N°4 se destaca la influencia o efecto de la tabiquería en la rigidez global de la estructura y por consiguiente en el comportamiento dinámico de la misma. Comparando con los modelos N°1 y N°2 observamos una disminución del período fundamental de 0,95 a 0,35 segundos al incluir la tabiquería. Además la mampostería afecta considerablemente la forma de la vibración, puesto que cambia totalmente la dirección principal del desplazamiento modal, por ejemplo, para los Modelos sin paredes la dirección del desplazamiento modal para el primer modo es netamente transversal, pero al incluir la rigidez de las paredes, esta pasa a ser totalmente longitudinal.

Al evaluar la acción del anexo en los Modelos N°2, N°4 y N°6 se observa un cambio en el comportamiento del edificio en comparación a los Modelos sin Modulo Anexo N°1, N°3 y N°5. El período en cada uno de los modos disminuye apenas perceptiblemente, las traslaciones se mantienen en lo que a dirección se refiere, pero las rotaciones acopladas aumentan considerablemente tal como era de esperar por la naturaleza excéntrica de la geometría del Modulo Anexo y como así queda demostrado con las masas participativas rotacionales.

En los Modelos N°5, N°6, N°7 y N°8 se evidencia el efecto de la inercia en los elementos estructurales dentro del comportamiento dinámico global de la estructura. Comparando con los modelos N°7 y N°8 contra los modelos N°1 y N°2 observamos un aumento en el período fundamental de 0,95 a 1,24 segundos al considerar el área gruesa agrietada. Además, nuevamente la mampostería demuestra su importancia en el comportamiento dinámico, comparando los modelos N°5 y N°6 contra los modelos N°3 y N°4, observamos muy pocos cambios en los periodos y formas modales, esto es debido a que al incluir la rigidez de las paredes, esta es mas preponderante que las rigideces brindada por los elementos estructurales de concreto armado.



4.8.4.3.- Desplazamientos y Derivas

Se revisaron en la estructura los máximos desplazamientos y sus derivas máximas asociadas, producidas por las cargas sísmicas puras en ambas direcciones horizontales ortogonales (Sismo en dirección Transversal y Longitudinal), para cada modelo y cada entrepiso, considerando un Factor de Reducción de Respuesta R=2. (Ver Tabla 4.8.4 y 4.8.5)

**Tabla 4.8.4. Desplazamientos máximos (mm) en cada dirección y en cada entrepiso para cada Modelo.**

MODELO	Planta Alta		Planta Baja	
	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal
1	151	120	83	67
2	136	98	69	61
3	13	18	7	8
4	21	19	11	9
5	14	30	7	8
6	24	31	12	10
7	221	234	109	115
8	199	145	100	90

En el modelo sin paredes e inercia gruesa las derivas máximas se encuentran en el orden de 50 por mil, valores que son muy elevados y exceden cuatro veces el valor límite de 12 por mil impuesto por la norma vigente para edificaciones educacionales. En los modelos con paredes las derivas disminuyen debido al aumento considerable de rigidez ocasionado por el efecto de las paredes de mampostería; estas derivas pasan a estar por debajo de las admisibles, no excediendo el valor de 4 por mil.

En los Modelos donde se considera el Módulo Anexo conectado al Módulo Principal, se puede observar que el cambio de geometría introduce una disminución apenas perceptible en las derivas máximas de entrepiso, a pesar de la aparición de un importante comportamiento torsional no deseado en la edificación.

**Tabla 4.8.5. Derivas máximas (‰) en cada dirección y en cada entrepiso para cada Modelo.**

MODELO	Planta Alta		Planta Baja	
	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal
1	25	30	37	30
2	25	14	31	27
3	2	4	3	3
4	4	4	5	4
5	2	8	3	4
6	3	8	4	5
7	40	44	48	51
8	37	21	35	27

#### 4.8.4.4.- Análisis Estático No Lineal Aproximado. Relación Demanda Capacidad.

Se determinó el cociente demanda/capacidad en términos del cortante basal. La demanda de fuerza cortante se determinó utilizando un análisis elástico lineal utilizando para ello un espectro reducido con un factor de  $R=2$ , que es característica en estructuras de esta edad.

La capacidad o cortante resistente fue estimada suponiendo un modo de falla global asociado a la falla individual de todas las columnas del entrepiso en consideración. La fuerza resistente de cada columna ( $V$ ) es la menor obtenida en el análisis en cada dirección y en cada sentido, entre las fuerzas cortantes asociadas a dos posibles modos de falla, una falla frágil  $V_F$  (por cortante) o a una falla dúctil  $V_D$  (por flexión). La fuerza cortante resistente de cada entrepiso es por tanto la suma de las fuerzas cortantes que resisten cada una de las columnas.

La fuerza cortante resistida por el concreto bajo un modo de falla frágil  $V_F$  se calculó siguiendo lo estipulado por la Norma COVENIN 1753 para el caso de falla por corte. Donde el corte resistente  $V_F$  de una sección de concreto armado según la Norma viene dado por la fuerza cortante resistida por el concreto  $V_c$  más la fuerza cortante resistida por el acero  $V_s$ :

$$V_F = V_c + V_s \quad [4.8.01]$$

Los valores de  $V_c$  y  $V_s$  están también especificados en la Norma COVENIN 1753 de la siguiente manera:

$$V_c = 0,53 \cdot \left[ 1 + 0,007 \cdot \frac{N_u}{A_g} \right] \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad [4.8.02]$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad [4.8.03]$$

$N_u$ : Fuerza Axial resultante del Análisis de Cargas.

$A_g$ : Área gruesa de la sección transversal.

$b$ : Ancho de la sección transversal.

$d$ : Altura útil de la sección transversal.

$A_v$ : Área de acero transversal.

$s$ : Separación del acero transversal.

Considerando que las columnas poseen una sección cuadrada “b” de 25 cm de lado, una altura útil “d” de 22,5 cm, que por ende el área gruesa “A<sub>g</sub>” es de 625 cm<sup>2</sup>; que el armado transversal según la información existente consiste en ligaduras simples cerradas de acero de diámetro 1/4” que se traduce en un área “A<sub>v</sub>” de 0,32 cm<sup>2</sup> por rama, separados a cada “s” 25 cm, entonces tendríamos que:

$$V_F = 0,53 \cdot \left[ 1 + 0,007 \cdot \frac{N_u}{625} \right] \sqrt{163} \cdot 25 \cdot 22,5 + \frac{0,32 \cdot 2800 \cdot 22,5}{25} \cdot 2$$

$$V_F = 5419 + 0,0426 N_u \quad [4.8.04]$$

La fuerza cortante resistente proveniente de un modo de falla dúctil V<sub>D</sub> se estudió para cada dirección y sentido de análisis, esta fuerza cortante fue calculada con la siguiente fórmula:

$$V_D = 2 \cdot \frac{M_y}{H} \quad [4.8.05]$$

M<sub>y</sub>: Momento resistente por fuerzas axial bajo la acción de cargas mayoradas.

H: Altura libre de la columna.

Las fuerzas axiales en las columnas fueron estimadas considerando las cargas variables y permanentes actuantes mayoradas en la estructura según la combinación de carga 1.4 CP + 1.7 CV, sin considerar el efecto de la acción sísmica. Con estas fuerzas axiales se determinaron los momentos resistentes en la base de las columnas mediante el uso de sus correspondientes diagramas de interacción. Los diagramas de interacción se muestran en la Figura 4.8.17.

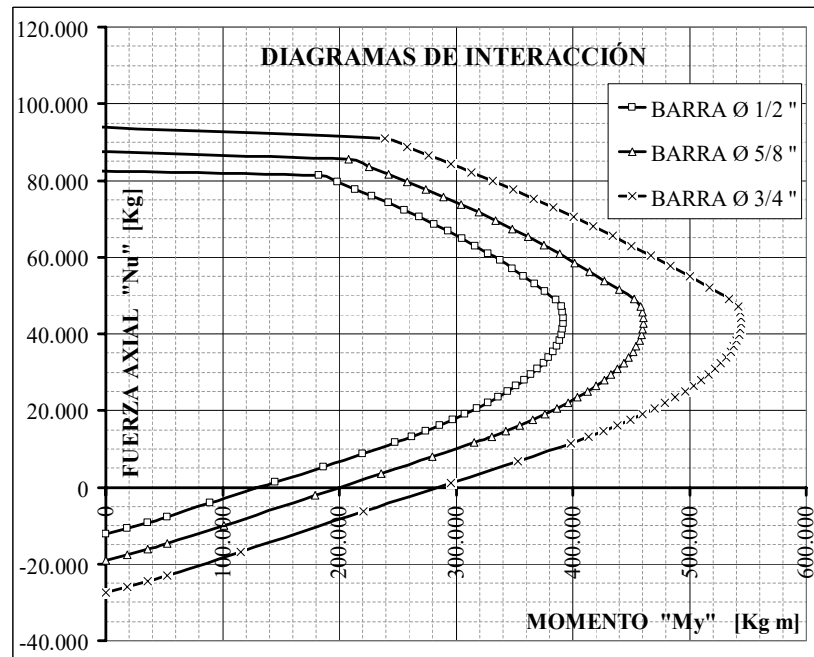


Figura 4.8.17. Diagramas de Interacción para columnas de 25x25 cm. Acero Longitudinal de 4 barras de acero Ø 1/2”, Ø 5/8” y Ø 3/4”

La Tabla 4.8.6 presenta el cociente demanda/capacidad para el edificio sin anexo y sin paredes (Modelo 7), con inercia reducida y en cada dirección. Promediando los cocientes se obtiene un valor de 5,5 el cual indica que la demanda excede aproximadamente en seis veces la capacidad considerada como admisible para este edificio.

**Tabla 4.8.6. Tabla Resumen. Cociente Demanda/Capacidad. Estructura Modulo Principal sin Anexo. Sin Paredes (Modelo 7).**

		Demanda <i>T<sub>f</sub></i>	Capacidad <i>T<sub>f</sub></i>	Demanda / Capacidad
<b>Planta Baja</b>	<b>V TRANSVERSAL</b>	753	136	5,5
	<b>V LONGITUDINAL</b>	760	136	5,6

Cuando se consideran las paredes (Modelo 5) dentro de los pórticos, los resultados cambian sustancialmente como se indica en la Tabla 4.8.7. El cortante resistente global aumenta debido al incremento de los cortantes resistentes de las columnas, que al ser bastante más cortas no pueden desarrollar su capacidad a flexión y fallan frágilmente por cortante. Como resultado, el valor promedio de la demanda para ambas direcciones es aproximadamente 2,7 veces la capacidad. Debe sin embargo destacarse que la estructura aun siendo más resistente por la presencia de las paredes, posee un comportamiento bastante más frágil que la estructura sin paredes. La capacidad global es únicamente dada por las columnas, no se incorpora la resistencia adicional dada por las paredes, esta resistencia adicional es considerada más adelante. Las paredes solo brindan rigidez a la estructura.

**Tabla 4.8.7. Tabla Resumen. Cociente Demanda/Capacidad. Estructura Modulo Principal sin Anexo. Con Paredes (Modelo 5).**

		Demanda <i>T<sub>f</sub></i>	Capacidad <i>T<sub>f</sub></i>	Demanda / Capacidad
<b>Planta Baja</b>	<b>V TRANSVERSAL</b>	789	271	2,9
	<b>V LONGITUDINAL</b>	753	304	2,5

En las Tablas 4.8.8 a la 4.8.11, se presentan todos los valores y resultados obtenidos durante la evaluación de la demanda y capacidad, para cada uno de los modelos, de manera detallada.

#### 4.8.4.5.- Cumplimiento con la norma Covenin 1756

Las paredes de relleno de 25 cm de espesor están enmarcadas por los pórticos y tienen una gran influencia en la rigidez del edificio, ocasionando una reducción del período fundamental de 0,95 a 0,35 segundos para los modelos con inercia guesa y de 1,24 a 0,38 segundos en los modelos con inercia reducida. Se observa que el efecto de la pérdida de inercia por agrietamiento de la sección en los elementos estructurales provoca una flexibilización significativa. La mayoría de estas paredes generan columnas cortas, potenciando un mayor comportamiento frágil en la estructura que de por sí posee una muy

poca capacidad de disipación de energía. Además cambian completamente la dirección del modo fundamental de la estructura.

El Modulo Anexo no produce cambio significativo en los periodos modales, pero si introduce una componente rotacional importante en cada uno de los modos de vibración.

Las derivas máximas del edificio, calculadas para las acciones sísmicas estipuladas en la zona 7 de la norma venezolana vigente, se encuentran aproximadamente cuatro veces por encima de los valores permisibles cuando se considera la estructura sin paredes. Al incorporar las paredes las derivas cumplen holgadamente las máximas permitidas, demostrando el efecto rigidizador de las mismas.

La relación demanda/capacidad en términos del cortante de entrepiso de la estructura sin paredes, excede 5,5 veces el valor considerado como tolerable para esta edificación. Al incorporar las paredes la demanda de cortante en las columnas se reduce sensiblemente y es aproximadamente 2,7 veces la capacidad, aun cuando debe destacarse que a pesar de ser la estructura más resistente su comportamiento pasa a ser indeseablemente más frágil.

Debido al pobre desempeño de los pórticos una posible opción de adecuación estructural consistiría en utilizar las paredes como elementos sismorresistentes, suministrándoles el refuerzo necesario para garantizar su estabilidad y su capacidad de deformación, resolviendo previamente las indeseadas situaciones de columnas cortas.

Aún cuando la masa de los tanques de agua no influye significativamente sobre las propiedades dinámicas y la respuesta global de la edificación, es recomendable sin embargo eliminarlos a fin de disminuir su influencia local en las sollicitaciones sobre las columnas que lo soportan.

El Módulo Principal posee un mejor comportamiento dinámico cuando se encuentra desconectado del Módulo Anexo, por su regularidad y simetría. La conexión introduce una respuesta torsional indeseable por lo que se recomienda su separación tal como existe en otras escuelas del mismo tipo.

Parta evitar el desprendimiento de trozos o secciones completas de los parasoles durante la ocurrencia de sismos, se recomienda anclarlos adecuadamente a la estructura o en su defecto sustituirlos por elementos más livianos.

A continuación se muestran las tablas 4.8.8 a la 4.8.11 con los valores utilizados para la obtención de los cocientes Demanda/Capacidad tanto para los modelos “Sin Paredes” como los modelos “Con Paredes”.



**Tabla 4.8.8. Modelo: Modulo Principal sin Anexo – Sin Paredes – Demanda**

NODO		SISMO DIRECCIÓN TRANSVERSAL			SISMO DIRECCIÓN LONGITUDINAL			CASO CARGA VERTICAL 1,4 CM +1,7 CV		
Eje	Junta	Caso de Carga	V TRANSV Kgf	V LONGIT Kgf	Caso de Carga	V TRANSV Kgf	V LONGIT Kgf	Caso de Carga	N u Kgf	M y Kgf cm
1 A	3	SX	7.689	2.530	SY	2.449	9.896	CONC01	26.442	345.087
1 B	7	SX	8.134	1.092	SY	2.584	9.336	CONC01	34.598	362.080
1 C	11	SX	8.175	1.113	SY	2.595	9.032	CONC01	35.364	363.675
1 D	14	SX	7.526	7.269	SY	2.478	24.919	CONC01	29.417	351.286
2 A	20	SX	7.736	2.674	SY	2.130	10.484	CONC01	45.854	564.635
2 B	24	SX	7.644	1.172	SY	2.106	10.032	CONC01	52.074	511.518
2 C	28	SX	7.748	1.165	SY	2.119	9.522	CONC01	41.149	375.727
2 D	32	SX	7.733	7.200	SY	2.061	24.701	CONC01	34.959	362.831
3 A	41	SX	7.891	2.629	SY	1.819	10.261	CONC01	33.436	359.658
3 B	45	SX	7.802	1.132	SY	1.798	9.773	CONC01	38.989	371.227
3 C	49	SX	7.657	1.190	SY	1.763	9.651	CONC01	53.981	369.121
3 D	51	SX	8.276	1.151	SY	2.285	5.828	CONC01	28.418	349.205
4 A	53	SX	7.770	2.738	SY	1.792	9.413	CONC01	49.396	528.925
4 B	61	SX	7.951	2.661	SY	1.477	10.430	CONC01	41.827	554.569
4 C	65	SX	7.795	1.159	SY	1.450	9.951	CONC01	47.371	388.690
4 D	69	SX	7.960	1.161	SY	1.480	9.503	CONC01	37.005	367.094
5 A	73	SX	8.052	2.529	SY	1.509	8.615	CONC01	28.605	349.594
5 B	81	SX	8.314	2.630	SY	1.212	10.267	CONC01	32.808	358.350
5 C	85	SX	8.213	1.134	SY	1.199	9.789	CONC01	39.074	371.405
5 D	89	SX	8.220	1.168	SY	1.199	9.512	CONC01	38.275	369.740
6 A	91	SX	8.344	1.154	SY	1.923	6.391	CONC01	35.723	539.308
6 B	93	SX	8.313	2.528	SY	1.199	8.633	CONC01	30.358	525.895
6 C	101	SX	8.576	2.661	SY	993	10.429	CONC01	32.528	531.320
11 Ap	105	SX	8.399	1.159	SY	974	9.947	CONC01	43.389	380.394
6 D	109	SX	8.401	1.187	SY	977	9.637	CONC01	47.503	568.759
7 A	113	SX	8.577	2.729	SY	994	9.380	CONC01	39.596	372.492
7 B	123	SX	9.137	2.630	SY	927	10.267	CONC01	26.226	344.638
7 C	127	SX	9.021	1.134	SY	915	9.790	CONC01	38.141	369.460
7 D	131	SX	9.021	1.162	SY	915	9.489	CONC01	40.328	374.017
8 A	135	SX	9.137	2.668	SY	926	9.126	CONC01	30.858	527.145
8 B	143	SX	9.552	2.661	SY	994	10.428	CONC01	41.310	553.276
8 C	147	SX	9.346	1.159	SY	972	9.947	CONC01	57.725	474.786
8 D	151	SX	9.346	1.187	SY	972	9.637	CONC01	57.835	474.075
9 A	153	SX	8.510	1.142	SY	1.589	5.814	CONC01	29.683	351.839
9 B	155	SX	9.552	2.705	SY	994	9.294	CONC01	41.665	376.801
9 C	163	SX	10.266	2.630	SY	1.214	10.269	CONC01	33.847	360.515
9 D	167	SX	10.130	1.135	SY	1.198	9.794	CONC01	50.984	388.602
10 A	171	SX	10.130	1.162	SY	1.198	9.493	CONC01	50.925	518.985
10 B	175	SX	10.266	2.673	SY	1.214	9.144	CONC01	33.724	534.309
10 C	183	SX	10.780	2.659	SY	1.479	10.419	CONC01	41.482	553.705
10 D	187	SX	10.546	1.156	SY	1.447	9.928	CONC01	58.861	467.405
11 A	189	SX	8.793	1.144	SY	1.271	5.820	CONC01	34.976	362.867
11 B	191	SX	10.546	1.184	SY	1.447	9.619	CONC01	58.854	337.450
11 C	195	SX	10.779	2.704	SY	1.479	9.287	CONC01	41.497	376.452
11 D	203	SX	11.594	2.648	SY	1.814	10.346	CONC01	36.521	366.085
12 A	207	SX	11.493	1.153	SY	1.807	9.892	CONC01	51.898	382.662
11 Cp	211	SX	11.493	1.184	SY	1.802	9.586	CONC01	51.872	382.832
12 B	213	SX	8.799	1.155	SY	1.281	6.396	CONC01	35.985	539.962
12 C	215	SX	11.594	2.691	SY	1.822	9.214	CONC01	36.553	541.383
12 D	223	SX	11.954	2.523	SY	2.102	9.944	CONC01	26.624	345.466
9 Ap	227	SX	12.664	1.119	SY	2.226	9.384	CONC01	31.090	354.771
9 Cp	231	SX	12.664	1.156	SY	2.226	9.083	CONC01	31.101	354.795
7 Ap	235	SX	11.954	2.565	SY	2.102	8.871	CONC01	26.611	345.439
7 Cp	241	SX	9.678	1.155	SY	981	6.397	CONC01	32.096	356.866
5 Ap	244	SX	9.678	1.175	SY	981	5.931	CONC01	36.876	366.826
5 Cp	248	SX	10.880	1.155	SY	1.288	6.398	CONC01	37.435	367.990
4 Cp	251	SX	10.880	1.177	SY	1.288	5.937	CONC01	37.422	367.962
3 Ap	254	SX	12.306	1.164	SY	1.929	6.440	CONC01	39.540	372.376
2 Cp	257	SX	12.306	1.186	SY	1.931	5.975	CONC01	39.549	372.394

**Tabla 4.8.9. Modelo: Modulo Principal sin Anexo – Sin Paredes – Capacidad**

NODO		FALLA FRAGIL DIR. TRANSV & LONGIT			FALLA DÚCTIL DIR. TRANSV		MINIMO [V <sub>F</sub> & V <sub>D</sub> ]	FALLA DÚCTIL DIR. LONGIT	MINIMO [V <sub>F</sub> & V <sub>D</sub> ]	
Eje	Junta	V <sub>c</sub> Kgf	V <sub>s</sub> Kgf	V <sub>F</sub> Kgf	H cm	V <sub>D</sub> Kgf	V <sub>REAL</sub> Kgf	H cm	V <sub>D</sub> Kgf	V <sub>REAL</sub> Kgf
1 A	3	4.933	1.596	6.530	360	1.917	1.917 DUCTIL	360	1.917	1.917 DUCTIL
1 B	7	5.281	1.596	6.877	360	2.012	2.012 DUCTIL	360	2.012	2.012 DUCTIL
1 C	11	5.314	1.596	6.910	360	2.020	2.020 DUCTIL	360	2.020	2.020 DUCTIL
1 D	14	5.060	1.596	6.656	360	1.952	1.952 DUCTIL	360	1.952	1.952 DUCTIL
2 A	20	5.761	1.596	7.357	360	3.137	3.137 DUCTIL	360	3.137	3.137 DUCTIL
2 B	24	6.026	1.596	7.622	360	2.842	2.842 DUCTIL	360	2.842	2.842 DUCTIL
2 C	28	5.560	1.596	7.157	360	2.087	2.087 DUCTIL	360	2.087	2.087 DUCTIL
2 D	32	5.296	1.596	6.893	360	2.016	2.016 DUCTIL	360	2.016	2.016 DUCTIL
3 A	41	5.232	1.596	6.828	360	1.998	1.998 DUCTIL	360	1.998	1.998 DUCTIL
3 B	45	5.468	1.596	7.064	360	2.062	2.062 DUCTIL	360	2.062	2.062 DUCTIL
3 C	49	6.107	1.596	7.704	360	2.051	2.051 DUCTIL	360	2.051	2.051 DUCTIL
3 D	51	5.018	1.596	6.614	360	1.940	1.940 DUCTIL	360	1.940	1.940 DUCTIL
4 A	53	5.912	1.596	7.508	360	2.938	2.938 DUCTIL	360	2.938	2.938 DUCTIL
4 B	61	5.589	1.596	7.185	360	3.081	3.081 DUCTIL	360	3.081	3.081 DUCTIL
4 C	65	5.826	1.596	7.422	360	2.159	2.159 DUCTIL	360	2.159	2.159 DUCTIL
4 D	69	5.384	1.596	6.980	360	2.039	2.039 DUCTIL	360	2.039	2.039 DUCTIL
5 A	73	5.026	1.596	6.622	360	1.942	1.942 DUCTIL	360	1.942	1.942 DUCTIL
5 B	81	5.205	1.596	6.801	360	1.991	1.991 DUCTIL	360	1.991	1.991 DUCTIL
5 C	85	5.472	1.596	7.068	360	2.063	2.063 DUCTIL	360	2.063	2.063 DUCTIL
5 D	89	5.438	1.596	7.034	360	2.054	2.054 DUCTIL	360	2.054	2.054 DUCTIL
6 A	91	5.329	1.596	6.925	360	2.996	2.996 DUCTIL	360	2.996	2.996 DUCTIL
6 B	93	5.100	1.596	6.696	360	2.922	2.922 DUCTIL	360	2.922	2.922 DUCTIL
6 C	101	5.193	1.596	6.789	360	2.952	2.952 DUCTIL	360	2.952	2.952 DUCTIL
11 Ap	105	5.656	1.596	7.252	360	2.113	2.113 DUCTIL	360	2.113	2.113 DUCTIL
6 D	109	5.831	1.596	7.427	360	3.160	3.160 DUCTIL	360	3.160	3.160 DUCTIL
7 A	113	5.494	1.596	7.090	360	2.069	2.069 DUCTIL	360	2.069	2.069 DUCTIL
7 B	123	4.924	1.596	6.520	360	1.915	1.915 DUCTIL	360	1.915	1.915 DUCTIL
7 C	127	5.432	1.596	7.028	360	2.053	2.053 DUCTIL	360	2.053	2.053 DUCTIL
7 D	131	5.525	1.596	7.122	360	2.078	2.078 DUCTIL	360	2.078	2.078 DUCTIL
8 A	135	5.122	1.596	6.718	360	2.929	2.929 DUCTIL	360	2.929	2.929 DUCTIL
8 B	143	5.567	1.596	7.163	360	3.074	3.074 DUCTIL	360	3.074	3.074 DUCTIL
8 C	147	6.267	1.596	7.863	360	2.638	2.638 DUCTIL	360	2.638	2.638 DUCTIL
8 D	151	6.272	1.596	7.868	360	2.634	2.634 DUCTIL	360	2.634	2.634 DUCTIL
9 A	153	5.072	1.596	6.668	360	1.955	1.955 DUCTIL	360	1.955	1.955 DUCTIL
9 B	155	5.582	1.596	7.178	360	2.093	2.093 DUCTIL	360	2.093	2.093 DUCTIL
9 C	163	5.249	1.596	6.845	360	2.003	2.003 DUCTIL	360	2.003	2.003 DUCTIL
9 D	167	5.980	1.596	7.576	360	2.159	2.159 DUCTIL	360	2.159	2.159 DUCTIL
10 A	171	5.977	1.596	7.573	360	2.883	2.883 DUCTIL	360	2.883	2.883 DUCTIL
10 B	175	5.244	1.596	6.840	360	2.968	2.968 DUCTIL	360	2.968	2.968 DUCTIL
10 C	183	5.575	1.596	7.171	360	3.076	3.076 DUCTIL	360	3.076	3.076 DUCTIL
10 D	187	6.315	1.596	7.912	360	2.597	2.597 DUCTIL	360	2.597	2.597 DUCTIL
11 A	189	5.297	1.596	6.893	360	2.016	2.016 DUCTIL	360	2.016	2.016 DUCTIL
11 B	191	6.315	1.596	7.911	360	1.875	1.875 DUCTIL	360	1.875	1.875 DUCTIL
11 C	195	5.575	1.596	7.171	360	2.091	2.091 DUCTIL	360	2.091	2.091 DUCTIL
11 D	203	5.363	1.596	6.959	360	2.034	2.034 DUCTIL	360	2.034	2.034 DUCTIL
12 A	207	6.019	1.596	7.615	360	2.126	2.126 DUCTIL	360	2.126	2.126 DUCTIL
11 Cp	211	6.017	1.596	7.614	360	2.127	2.127 DUCTIL	360	2.127	2.127 DUCTIL
12 B	213	5.340	1.596	6.936	360	3.000	3.000 DUCTIL	360	3.000	3.000 DUCTIL
12 C	215	5.364	1.596	6.961	360	3.008	3.008 DUCTIL	360	3.008	3.008 DUCTIL
12 D	223	4.941	1.596	6.537	360	1.919	1.919 DUCTIL	360	1.919	1.919 DUCTIL
9 Ap	227	5.132	1.596	6.728	360	1.971	1.971 DUCTIL	360	1.971	1.971 DUCTIL
9 Cp	231	5.132	1.596	6.728	360	1.971	1.971 DUCTIL	360	1.971	1.971 DUCTIL
7 Ap	235	4.941	1.596	6.537	360	1.919	1.919 DUCTIL	360	1.919	1.919 DUCTIL
7 Cp	241	5.174	1.596	6.771	360	1.983	1.983 DUCTIL	360	1.983	1.983 DUCTIL
5 Ap	244	5.378	1.596	6.974	360	2.038	2.038 DUCTIL	360	2.038	2.038 DUCTIL
5 Cp	248	5.402	1.596	6.998	360	2.044	2.044 DUCTIL	360	2.044	2.044 DUCTIL
4 Cp	251	5.401	1.596	6.998	360	2.044	2.044 DUCTIL	360	2.044	2.044 DUCTIL
3 Ap	254	5.492	1.596	7.088	360	2.069	2.069 DUCTIL	360	2.069	2.069 DUCTIL
2 Cp	257	5.492	1.596	7.088	360	2.069	2.069 DUCTIL	360	2.069	2.069 DUCTIL

**Tabla 4.8.10. Modelo: Modulo Principal sin Anexo – Con Paredes – Demanda**

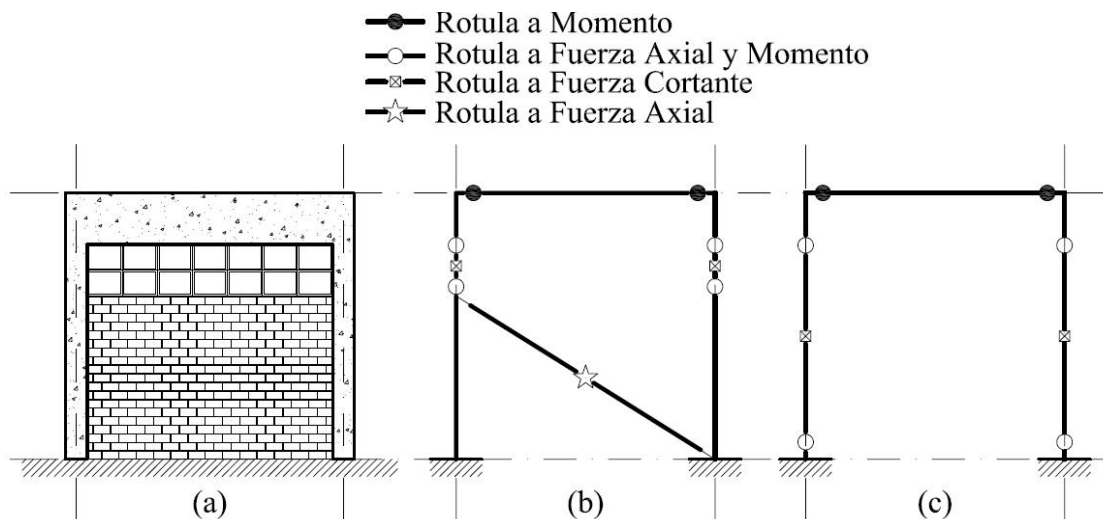
NODO		SISMO DIRECCIÓN TRANSVERSAL			SISMO DIRECCIÓN LONGITUDINAL			CASO CARGA VERTICAL 1,4 CM +1,7 CV		
Eje	Junta	Caso de Carga	V TRANSV Kgf	V LONGIT Kgf	Caso de Carga	V TRANSV Kgf	V LONGIT Kgf	Caso de Carga	N u Kgf	M y Kgf cm
1 A	3	SX	2.249	6.304	SY	25	23.128	CONC01	27.401	347.085
1 B	7	SX	13.788	3.053	SY	2.086	19.715	CONC01	37.607	368.348
1 C	11	SX	3.857	97	SY	60	1.093	CONC01	34.435	361.740
1 D	14	SX	830	5.885	SY	171	24.352	CONC01	30.034	352.571
2 A	20	SX	13.091	13.075	SY	2.435	42.245	CONC01	44.338	560.844
2 B	24	SX	13.045	1.760	SY	669	20.380	CONC01	48.598	534.114
2 C	28	SX	12.888	2.322	SY	571	21.655	CONC01	41.112	375.649
2 D	32	SX	12.884	12.607	SY	949	43.621	CONC01	36.505	366.053
3 A	41	SX	11.694	7.867	SY	692	23.581	CONC01	35.432	363.817
3 B	45	SX	11.552	943	SY	358	10.657	CONC01	38.268	369.724
3 C	49	SX	11.765	1.431	SY	607	24.017	CONC01	52.149	381.029
3 D	51	SX	11.747	12.992	SY	166	42.357	CONC01	46.477	386.827
4 A	53	SX	607	1.059	SY	24	3.327	CONC01	40.779	551.947
4 B	61	SX	589	623	SY	26	9.182	CONC01	45.599	563.998
4 C	65	SX	10.550	419	SY	434	7.452	CONC01	36.545	366.136
4 D	69	SX	10.601	7.033	SY	352	22.468	CONC01	29.865	352.218
5 A	73	SX	10.271	752	SY	135	2.343	CONC01	34.226	361.304
5 B	81	SX	10.156	776	SY	245	8.987	CONC01	39.526	372.345
5 C	85	SX	10.145	324	SY	222	6.074	CONC01	38.130	369.438
5 D	89	SX	10.261	320	SY	155	978	CONC01	30.722	354.005
6 A	91	SX	578	759	SY	8	2.249	CONC01	40.743	551.858
6 B	93	SX	561	733	SY	5	8.959	CONC01	45.323	563.309
6 C	101	SX	561	474	SY	6	9.512	CONC01	45.733	564.334
11 Ap	105	SX	26.762	151	SY	1.369	692	CONC01	42.085	377.676
6 D	109	SX	579	930	SY	8	2.959	CONC01	41.349	553.372
7 A	113	SX	10.840	745	SY	232	2.307	CONC01	34.153	361.152
7 B	123	SX	10.711	727	SY	130	8.990	CONC01	41.020	375.459
7 C	127	SX	10.713	540	SY	131	8.858	CONC01	41.002	375.420
7 D	131	SX	10.838	680	SY	232	2.220	CONC01	33.889	360.603
8 A	135	SX	661	759	SY	14	2.242	CONC01	41.077	552.694
8 B	143	SX	640	825	SY	17	8.944	CONC01	55.204	491.176
8 C	147	SX	640	361	SY	17	8.843	CONC01	55.502	489.239
8 D	151	SX	662	689	SY	14	2.133	CONC01	41.067	552.668
9 A	153	SX	13.149	756	SY	574	2.421	CONC01	34.604	362.091
9 B	155	SX	12.987	682	SY	488	8.960	CONC01	49.268	399.756
9 C	163	SX	12.990	587	SY	461	8.902	CONC01	49.235	399.973
9 D	167	SX	13.144	691	SY	595	2.317	CONC01	34.653	362.194
10 A	171	SX	822	985	SY	25	3.343	CONC01	40.393	550.983
10 B	175	SX	795	1.023	SY	35	9.586	CONC01	56.465	482.980
10 C	183	SX	796	305	SY	40	8.830	CONC01	56.442	483.129
10 D	187	SX	822	888	SY	45	3.194	CONC01	40.450	551.125
11 A	189	SX	16.469	6.665	SY	1.274	18.822	CONC01	36.269	365.561
11 B	191	SX	16.254	737	SY	318	6.499	CONC01	49.114	400.759
11 C	195	SX	16.242	877	SY	1.393	9.816	CONC01	49.077	401.003
11 D	203	SX	16.485	5.884	SY	538	17.874	CONC01	36.874	366.820
12 A	207	SX	4.757	4.703	SY	102	20.187	CONC01	28.654	349.695
11 Cp	211	SX	26.736	121	SY	5.084	660	CONC01	42.141	377.795
12 B	213	SX	4.570	795	SY	806	3.755	CONC01	31.298	528.245
12 C	215	SX	4.581	728	SY	275	3.078	CONC01	31.236	528.089
12 D	223	SX	4.754	4.019	SY	464	19.287	CONC01	28.423	349.215
9 Ap	227	SX	21.711	151	SY	1.495	694	CONC01	41.115	375.655
9 Cp	231	SX	21.680	121	SY	1.364	670	CONC01	41.121	375.669
7 Ap	235	SX	17.998	151	SY	757	694	CONC01	38.308	369.809
7 Cp	241	SX	17.977	121	SY	765	671	CONC01	38.272	369.734
5 Ap	244	SX	17.201	151	SY	105	695	CONC01	37.973	369.110
5 Cp	248	SX	17.007	117	SY	143	658	CONC01	36.177	365.368
4 Cp	251	SX	18.982	115	SY	2.477	651	CONC01	30.482	353.504
3 Ap	254	SX	19.400	152	SY	459	708	CONC01	36.845	366.761
2 Cp	257	SX	21.673	118	SY	2.884	651	CONC01	30.101	352.711

**Tabla 4.8.11. Modelo: Modulo Principal sin Anexo – Con Paredes – Capacidad**

NODO		FALLA FRAGIL DIR. TRANSV & LONGIT			FALLA DÚCTIL DIR. TRANSV		MINIMO [V <sub>F</sub> & V <sub>D</sub> ]	FALLA DÚCTIL DIR. LONGIT	MINIMO [V <sub>F</sub> & V <sub>D</sub> ]	
Eje	Junta	V <sub>c</sub> Kgf	V <sub>s</sub> Kgf	V <sub>F</sub> Kgf	H cm	V <sub>D</sub> Kgf	V <sub>REAL</sub> Kgf	H cm	V <sub>D</sub> Kgf	V <sub>REAL</sub> Kgf
1 A	3	4.974	1.596	6.570	0	∞	6.570	0	∞	6.570
1 B	7	5.409	1.596	7.006	230	3.203	3.203	0	∞	7.006
1 C	11	5.274	1.596	6.870	300	2.412	2.412	360	2.010	2.010
1 D	14	5.087	1.596	6.683	360	1.959	1.959	0	∞	6.683
2 A	20	5.696	1.596	7.292	0	∞	7.292	0	∞	7.292
2 B	24	5.878	1.596	7.474	360	2.967	2.967	45	23.738	7.474
2 C	28	5.559	1.596	7.155	0	∞	7.155	0	∞	7.155
2 D	32	5.362	1.596	6.959	360	2.034	2.034	0	∞	6.959
3 A	41	5.317	1.596	6.913	0	∞	6.913	180	4.042	4.042
3 B	45	5.438	1.596	7.034	360	2.054	2.054	45	16.432	7.034
3 C	49	6.029	1.596	7.625	0	∞	7.625	200	3.810	3.810
3 D	51	5.787	1.596	7.384	360	2.149	2.149	0	∞	7.384
4 A	53	5.545	1.596	7.141	360	3.066	3.066	180	6.133	6.133
4 B	61	5.750	1.596	7.346	360	3.133	3.133	45	25.067	7.346
4 C	65	5.364	1.596	6.960	0	∞	6.960	45	16.273	6.960
4 D	69	5.079	1.596	6.675	360	1.957	1.957	360	1.957	1.957
5 A	73	5.265	1.596	6.861	0	∞	6.861	180	4.014	4.014
5 B	81	5.491	1.596	7.087	360	2.069	2.069	45	16.549	7.087
5 C	85	5.432	1.596	7.028	0	∞	7.028	45	16.419	7.028
5 D	89	5.116	1.596	6.712	360	1.967	1.967	180	3.933	3.933
6 A	91	5.543	1.596	7.139	360	3.066	3.066	180	6.132	6.132
6 B	93	5.738	1.596	7.334	360	3.129	3.129	45	25.036	7.334
6 C	101	5.756	1.596	7.352	360	3.135	3.135	45	25.081	7.352
11 Ap	105	5.600	1.596	7.196	0	∞	7.196	360	2.098	2.098
6 D	109	5.569	1.596	7.165	360	3.074	3.074	180	6.149	6.149
7 A	113	5.262	1.596	6.858	0	∞	6.858	180	4.013	4.013
7 B	123	5.555	1.596	7.151	360	2.086	2.086	45	16.687	7.151
7 C	127	5.554	1.596	7.150	0	∞	7.150	45	16.685	7.150
7 D	131	5.251	1.596	6.847	360	2.003	2.003	180	4.007	4.007
8 A	135	5.557	1.596	7.153	360	3.071	3.071	180	6.141	6.141
8 B	143	6.160	1.596	7.756	360	2.729	2.729	45	21.830	7.756
8 C	147	6.172	1.596	7.768	360	2.718	2.718	45	21.744	7.768
8 D	151	5.557	1.596	7.153	360	3.070	3.070	180	6.141	6.141
9 A	153	5.281	1.596	6.877	0	∞	6.877	180	4.023	4.023
9 B	155	5.906	1.596	7.503	360	2.221	2.221	45	17.767	7.503
9 C	163	5.905	1.596	7.501	0	∞	7.501	45	17.777	7.501
9 D	167	5.283	1.596	6.880	360	2.012	2.012	180	4.024	4.024
10 A	171	5.528	1.596	7.124	360	3.061	3.061	180	6.122	6.122
10 B	175	6.213	1.596	7.809	360	2.683	2.683	45	21.466	7.809
10 C	183	6.212	1.596	7.808	360	2.684	2.684	45	21.472	7.808
10 D	187	5.531	1.596	7.127	360	3.062	3.062	180	6.124	6.124
11 A	189	5.352	1.596	6.948	0	∞	6.948	0	∞	6.948
11 B	191	5.900	1.596	7.496	360	2.226	2.226	45	17.812	7.496
11 C	195	5.898	1.596	7.494	0	∞	7.494	45	17.822	7.494
11 D	203	5.378	1.596	6.974	360	2.038	2.038	180	4.076	4.076
12 A	207	5.028	1.596	6.624	80	8.742	6.624	360	1.943	1.943
11 Cp	211	5.603	1.596	7.199	0	∞	7.199	360	2.099	2.099
12 B	213	5.140	1.596	6.737	360	2.935	2.935	360	2.935	2.935
12 C	215	5.138	1.596	6.734	80	13.202	6.734	360	2.934	2.934
12 D	223	5.018	1.596	6.614	360	1.940	1.940	360	1.940	1.940
9 Ap	227	5.559	1.596	7.155	0	∞	7.155	360	2.087	2.087
9 Cp	231	5.559	1.596	7.155	0	∞	7.155	360	2.087	2.087
7 Ap	235	5.439	1.596	7.035	0	∞	7.035	360	2.054	2.054
7 Cp	241	5.438	1.596	7.034	0	∞	7.034	360	2.054	2.054
5 Ap	244	5.425	1.596	7.021	0	∞	7.021	360	2.051	2.051
5 Cp	248	5.348	1.596	6.945	0	∞	6.945	360	2.030	2.030
4 Cp	251	5.106	1.596	6.702	0	∞	6.702	360	1.964	1.964
3 Ap	254	5.377	1.596	6.973	0	∞	6.973	360	2.038	2.038
2 Cp	257	5.089	1.596	6.686	0	∞	6.686	360	1.960	1.960

#### 4.8.4.6.- Capacidad Sísmica - Análisis Estático No Lineal

Se definieron cada una de las propiedades no lineales de los elementos a partir de su capacidad a flexión, flexo-compresión y fuerza axial. En el caso de las vigas estas propiedades no lineales fueron asignadas en los extremos del miembro considerando una falla por flexión. Para las columnas las propiedades no lineales fueron considerando una falla por flexo-compresión asignadas en los extremos de la altura libre y una falla por corte asignada en el centro de la altura libre. En las bielas equivalentes, que modelan el comportamiento de las paredes, las propiedades no lineales fueron asignadas en la mitad del miembro considerando una falla debida a esfuerzos axiales. La ubicación de estas secciones de fallas corresponde al lugar más probable de incursión en el rango no lineal de cada elemento, para una combinación de carga gravitacional y carga lateral, siendo en las columnas, por citar un ejemplo, el punto en donde con mayor probabilidad ocurrirá la aparición de rotulas por el efecto de columna corta (ver Figura 4.8.18).



**Figura 4.8.18. Ubicación y tipo de rotulas de comportamiento no lineal en pórticos. Pórtico Típico (a), Pórtico Idealizado con paredes (b) y Pórtico Idealizado sin Paredes (c).**

Para representar la capacidad de las paredes de relleno se consideró el modo de Falla por Compresión Diagonal como el mecanismo de falla indicador de la resistencia última de la tabiquería, calculándose según lo indica la bibliografía consultada [Pauley y Priestley, 1992], estos valores fueron comparados con los recomendados en Normas de mampostería de la región [Gobierno del Distrito Federal, México, 2004] [ININVI, Perú, 2006].



Según la bibliografía referente a paredes de relleno, la Falla a Compresión Diagonal “ $R_c$ ” puede ser calculada de manera conservadora, de acuerdo a los resultados de laboratorio, a partir de la siguiente expresión.

$$R_c = \frac{2}{3} \cdot z \cdot t \cdot f'_m \cdot \sec \theta \quad [4.8.06]$$

donde:

$$z = \frac{\pi}{2} \cdot \left( \frac{4 \cdot E_c \cdot I_g \cdot h_m}{E_m \cdot t \cdot \sin 2\theta} \right)^{1/4} \quad [4.8.07]$$

$\theta$ : Angulo entre la horizontal y la diagonal de compresión de la mampostería.

$I_g$ : Inercia gruesa de la sección transversal de concreto reforzado.

$t$ : Ancho de la mampostería.

$h_m$ : Altura libre de la pared de mampostería.

$E_m$ : Modulo de Elasticidad de la mampostería.

$E_c$ : Modulo de Elasticidad del concreto reforzado.

$f'_m$ : Resistencia a compresión de la mampostería.

Considerando que el Modulo de Elasticidad del Concreto  $E_c$  es 192.784 Kg/cm<sup>2</sup>, el Modulo Elasticidad de la Mampostería  $E_m$  es 20.000 Kg/cm<sup>2</sup>, el ancho de la tabiquería es de 25 cm, la Inercia gruesa de las columnas de 25 cm x 25 cm es 32.552 cm<sup>4</sup>, y la resistencia de la mampostería a compresión  $f'_m$  es de 17,23 kg/cm<sup>2</sup>, entonces tendríamos que:

$$z = \frac{\pi}{2} \cdot \left( \frac{4 \cdot 192.784 \cdot 32.552 \cdot h_m}{20.000 \cdot 25 \cdot \sin 2\theta} \right)^{1/4}$$

$$z = 23,51 \cdot \left( \frac{h_m}{\sin 2\theta} \right)^{1/4} \quad [4.8.08]$$

Sustituyen el valor de  $z$  en la expresión:

$$R_c = \frac{2}{3} \cdot 23,51 \cdot \left( \frac{h_m}{\sin 2\theta} \right)^{1/4} \cdot 25 \cdot 17,23 \cdot \sec \theta$$

$$R_c = 6.752,10 \cdot \left( \frac{h_m}{\sin 2\theta} \right)^{1/4} \cdot \sec \theta \quad [4.8.09]$$

Estos valores fueron comparados con los recomendados en el Capítulo 10 “Interacción Tabique de Albañilería – Estructura Aportada” de la Norma Peruana E.070 de Albañilería [ININVI, Perú, 2006]. En dicho capítulo se presentan las resistencias últimas de los puntales o bielas equivalentes ante cargas sísmicas contenida en el plano de la mampostería, ante tres tipos de fallas: falla por aplastamiento de las esquinas de la tabiquería “Rc”, falla por la aparición de grietas diagonales o tracción diagonal “Rt” y falla por cizallamiento o falla a corte que se caracteriza por una grieta horizontal a la mitad de la altura de la tabiquería “Rs”. Las expresiones planteadas en esta Normativa fueron evaluadas y comparadas con las calculadas anteriormente.

Falla por Aplastamiento:

$$R_c = 0,12 \cdot f'_m \cdot D \cdot t \quad [4.8.10]$$

$$R_c = 0,12 \cdot 17,23 \cdot D \cdot 25$$

$$R_c = 51,69 \cdot D \quad [4.8.11]$$

Falla por Tracción Diagonal:

$$R_t = 0,85 \cdot \sqrt{f'_m} \cdot D \cdot t \quad [4.8.12]$$

$$R_t = 0,85 \cdot \sqrt{17,23} \cdot D \cdot 25$$

$$R_t = 88,21 \cdot D \quad [4.8.13]$$

Falla por Cizalla o Corte:

$$R_s = \frac{f_s \cdot t \cdot D}{1 - 0,4 \cdot h_m / L} \quad [4.8.14]$$

Donde  $f_s$  es la resistencia última a cizallamiento de la mampostería. La Norma Peruana recomienda tomar  $f_s = 4 \text{ kg/cm}^2$

$$R_s = \frac{4 \cdot 25 \cdot D}{1 - 0,4/D} \quad [4.8.15]$$

Obtenemos entonces los siguientes resultados:

**Tabla 4.8.12. Resistencias últimas para Bielas equivalentes que representan a tabiquería de relleno.**

h m	L	D	Ø	P & P		Norma Peruana		
				Rc	Rc	Rt	Rs	
cm	cm	cm	grados	kg	kg	kg	kg	
120	325	346	20,3	26.533	17.908	30.560	34.685	P. Longitudinal
260	325	416	38,7	34.937	21.514	36.713	41.660	P. Longitudinal
300	325	442	42,7	38.273	22.862	39.015	44.270	P. Longitudinal
300	300	424	45,0	39.741	21.930	37.424	42.466	P. Transversal

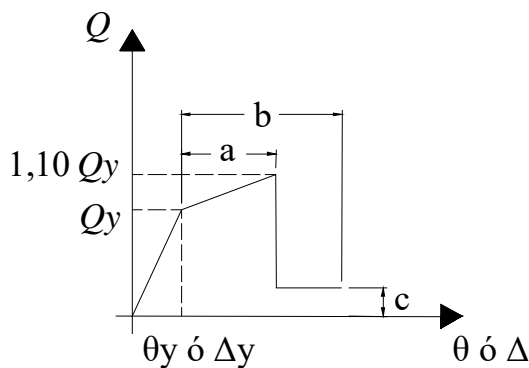
Utilizaremos conservadoramente una resistencia última para las bielas equivalentes de 25 toneladas para las paredes de 120 cm de altura, 30 toneladas para las paredes de 260 cm de altura y 38 toneladas para las paredes llenas.

A partir del armado de las vigas y las propiedades de los materiales se calculó el momento cedente en las vigas  $M_y$ , tomándose conservadoramente los valores de 3500 kgm para las vigas longitudinales y 17000 kg m para las vigas transversales.

En las columnas se obtuvo la máxima capacidad a flexo compresión por medio de los diagramas de interacción para cada una de los tipos de secciones, ya mostrados anteriormente.

La capacidad en vigas y en columnas está definida por las graficas de comportamiento no lineal recomendadas por el FEMA 356 [FEMA, 2000], FEMA 440 [FEMA, 2005], corregidas según lo indicado en el ASCE-SEI 41 [ASCE/SEI 41, 2007].

En dicha referencia la relación fuerza deformación que define el comportamiento no lineal de los elementos bajo una carga monótonamente creciente para una deformación dada se representa con la curva general mostrada en la Figura 4.8.19.



**Figura 4.8.19. Relación fuerza-deformación para elementos de concreto.**

Los valores de a, b y c, se toman de los recomendados en el FEMA 356 y ASCE-SEI 41, estos valores se obtienen para las vigas de la tabla 6-7 del FEMA 356 y para las columnas de la tabla 6-8 de la Propuesta Revisión del ASCE/SEI 41.

En cuanto a las Vigas, para las longitudinales el acero a flexión superior e inferior es el mismo y para las transversales son similares, por lo que la relación  $(\rho - \rho')/\rho_{bal}$  tiende a cero. El refuerzo transversal no cumple “NC” al no estar separado a menos de  $d/3$ , mucho menos permite un comportamiento dúctil. La relación  $V/(b_w d \sqrt{f'_c})$  siempre dan menor o muy cercano a 3. Aunque los estribos se encuentran separado de manera constante de cada 20 cm y esta separación es menor a  $d/2$ , no existe zona confinada y las barras de acero son de  $\emptyset 1/4$ ”, por lo que se puede considerar que el comportamiento estará influenciado por una falla frágil. Por lo que se decidió usar los valores de  $a=0,003$ ,  $b= 0,01$  y  $c=0,20$  correspondientes a un comportamiento controlado por la resistencia a corte.

**Table 6-7 Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Beams**

Conditions	Modeling Parameters <sup>3</sup>					Acceptance Criteria <sup>3</sup>				
	Plastic Rotation Angle, radians			Residual Strength Ratio	IO	Plastic Rotation Angle, radians				
	a	b	c			Performance Level				
				Component Type						
				Primary		Secondary				
LS		CP			LS		CP			
<b>i. Beams controlled by flexure<sup>1</sup></b>										
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Trans. Reinf. <sup>2</sup>	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$								
$\leq 0.0$	C	$\leq 3$	0.025	0.05	0.2	0.010	0.02	0.025	0.02	0.05
$\leq 0.0$	C	$\geq 6$	0.02	0.04	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.04
$\geq 0.5$	C	$\leq 3$	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
$\geq 0.5$	C	$\geq 6$	0.015	0.02	0.2	0.005	0.005	0.015	0.015	0.02
$\leq 0.0$	NC	$\leq 3$	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
$\leq 0.0$	NC	$\geq 6$	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.005	0.01	0.01	0.015
$\geq 0.5$	NC	$\leq 3$	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.01	0.01	0.015
$\geq 0.5$	NC	$\geq 6$	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.005	0.005	0.01
<b>ii. Beams controlled by shear<sup>1</sup></b>										
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.2	0.0015	0.0020	0.0030	0.01	0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.2	0.0015	0.0020	0.0030	0.005	0.01
<b>iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span<sup>1</sup></b>										
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.0	0.0015	0.0020	0.0030	0.01	0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.0	0.0015	0.0020	0.0030	0.005	0.01
<b>iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam-column joint<sup>1</sup></b>										
			0.015	0.03	0.2	0.01	0.01	0.015	0.02	0.03

**Figura 4.8.20 - Tabla 6-7 del FEMA 356**

Según la revisión en cuestión, existen tres niveles de desempeño para columnas, denominadas i, ii y iii. Para saber que condición calificaría una columna se debe tener en cuenta el nivel de detallado del elemento y la relación existente entre el cortante plástico o dúctil “Vp”, debido a la resistencia a flexión de las columnas, y el cortante resistente nominal o frágil “Vn”. El valor de “k” indicado es una variable de va desde 2,00 para estructuras de periodo igual o mayor de 2,5 segundos, hasta 1,00 para estructuras de periodo menor o igual de 0,50 segundos, permitiéndose la interpolación lineal entre estos dos valores. En nuestro caso, considerando un valor de “k” igual a 1,25, la relación Vp/(Vn/k) es siempre mayor a 1,00 para los casos de columnas cortas, y siempre menor a 0,60 para las columnas largas, por lo que nos encontraríamos en la condición ii para las columnas de 300-360 cm y condición iii para las columnas de altura libre menor a 200 cm.

	Transverse Reinforcement Details		
	ACI conforming details with 135° hooks	Closed hoops with 90° hooks	Other (including lap spliced transverse reinforcement)
$V_p/(V_n/k) \leq 0.6$	i*	ii	ii
$1.0 \geq V_p/(V_n/k) > 0.6$	ii	ii	iii
$V_p/(V_n/k) > 1.0$	iii	iii	iii

\* To qualify for condition i, a column must have  $\rho \geq 0.002$  and  $s/d \leq 0.5$  within the flexural plastic hinge region. Otherwise, the column shall be assigned to condition ii.

**Figura 4.8.21 – Condiciones de desempeño en columnas de acuerdo al Refuerzo Transversal o detallado según Propuesta de Revisión del ASCE/SEI 41.**

En cuanto a las Columnas, debido a la característica regular de la estructura la relación  $P/(A_g f'c)$  es constante para todas las columnas y tiende a 0,40-0,50. La relación  $A_v/(b_w S)$  es aproximadamente 0,0005. La relación  $V/(b_w d \sqrt{f'c})$  en la mayoría de los casos da mayor a 6. A esto sumamos que el refuerzo transversal al igual que en las vigas no cumple “NC” al no estar separado a menos de  $d/3$ , mucho menos permite un comportamiento dúctil ya que no existe zona confinada y las barras de acero son de apenas  $\varnothing 1/4$ ". Por todos los resultados obtenidos y utilizando las opciones de la tabla 6-8, se decidió usar los valores de  $a=0,004$ ,  $b=0,004$  y  $c=0,00$  para las todas las columnas “largas” condición ii, considerando que estas estarían en la posibilidad de tener una pequeña capacidad de disipar energía, mientras que para el resto de los casos se optaría por el uso de los valores  $a=0,000$ ,  $b=0,000$  y  $c=0,00$  para todas las columnas “cortas” condición iii, pues es clara su incapacidad para disipar energía.

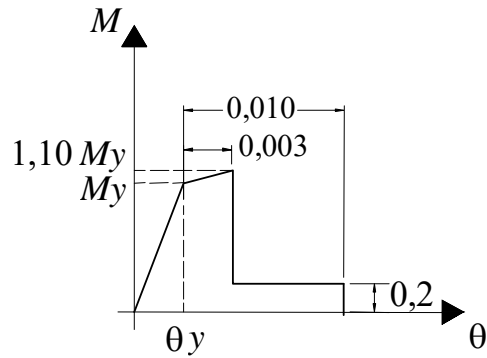


*Table 6-8 Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures- Reinforced Concrete Columns*

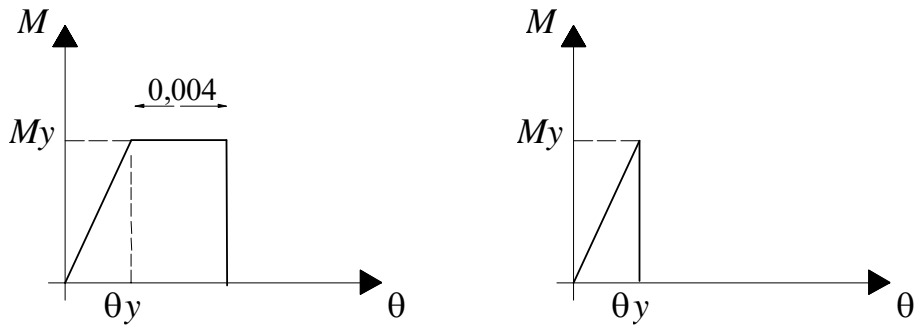
Conditions	Modeling Parameters <sup>3</sup>			Acceptance Criteria <sup>3,4</sup>						
	Plastic Rotations Angle, radians		Residual Strength Ratio	Plastic Rotations Angle, radians						
				Performance Level						
	a	b	c	IO	Component Type					
Primary					Secondary					
				LS	CP	LS	CP			
<b>Condition i.<sup>1</sup></b>										
$\frac{P}{A_g f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s}$									
≤ 0.1	≥ 0.006		0.035	0.060	0.2	0.005	0.026	0.035	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006		0.010	0.010	0.0	0.003	0.008	0.009	0.009	0.010
≤ 0.1	= 0.002		0.027	0.034	0.2	0.005	0.020	0.027	0.027	0.034
≥ 0.6	= 0.002		0.005	0.005	0.0	0.002	0.003	0.004	0.004	0.005
<b>Condition ii.<sup>1</sup></b>										
$\frac{P}{A_g f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s}$	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$								
≤ 0.1	≥ 0.006	≤ 3	0.032	0.060	0.2	0.005	0.024	0.032	0.045	0.060
≤ 0.1	≥ 0.006	≥ 6	0.025	0.060	0.2	0.005	0.019	0.025	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006	≤ 3	0.010	0.010	0.2	0.003	0.008	0.009	0.009	0.010
≥ 0.6	≥ 0.006	≥ 6	0.008	0.008	0.2	0.003	0.006	0.007	0.007	0.008
≤ 0.1	≤ 0.0005	≤ 3	0.012	0.012	0.0	0.005	0.009	0.010	0.010	0.012
≤ 0.1	≤ 0.0005	≥ 6	0.006	0.006	0.0	0.004	0.005	0.005	0.005	0.006
≥ 0.6	≤ 0.0005	≤ 3	0.004	0.004	0.0	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004
≥ 0.6	≤ 0.0005	≥ 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Condition iii.<sup>1</sup></b>										
$\frac{P}{A_g f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s}$									
≤ 0.1	≥ 0.006		0.0	0.060	0.0	0.0	0.0	0.0	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006		0.0	0.008	0.0	0.0	0.0	0.0	0.007	0.008
≤ 0.1	≤ 0.0005		0.0	0.006	0.0	0.0	0.0	0.0	0.005	0.006
≥ 0.6	≤ 0.0005		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Condition iv. Columns controlled by inadequate development or splicing along the clear height<sup>1</sup></b>										
$\frac{P}{A_g f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s}$									
≤ 0.1	≥ 0.006		0.0	0.060	0.4	0.0	0.0	0.0	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006		0.0	0.008	0.4	0.0	0.0	0.0	0.007	0.008
≤ 0.1	≤ 0.0005		0.0	0.006	0.2	0.0	0.0	0.0	0.005	0.006
≥ 0.6	≤ 0.0005		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Figura 4.8.22 - Tabla 6-8 de la Propuesta de Revisión del ASCE/SEI 41**

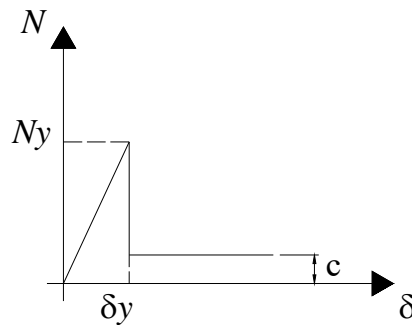
Para las vigas se posee una curva Momento-Rotación a, cuya falla es controlada por corte debido a la falta de confinamiento, similar a la mostrada en la Figura 4.8.23. Para las columnas se posee una curva Momento-Rotación con una falla netamente frágil debido a su geometría (efecto columna corta), a la falta de confinamiento en la sección y su poca ductilidad, similares a las mostradas en la Figura 4.8.24. Para las bielas equivalentes que representan a las paredes de tabiquería se posee una curva similar a la mostrada en la Figura 4.8.25.



**Figura 4.8.23. Relación Momento-Rotación para las vigas, falla controlada por la resistencia a corte.**



**Figura 4.8.24. Relación Momento- Rotación para las columnas, a) falla en columnas altas, b) falla en columnas cortas.**



**Figura 4.8.25. Relación fuerza axial-deformación, falla a compresión. El valor de Ny viene dado por la fuerza a compresión de la pared (Rc).**

Se tomaron para el Análisis Estático No Lineal las cargas provenientes del estudio de cargas gravitacionales, en donde se consideraron las acciones permanentes y variables. Para la acción sísmica, se utilizó un arreglo de cargas, en la dirección a estudiar de la estructura,

distribuida de manera triangular creciente hacia arriba, cónsone con la forma del modo fundamental de la estructura.

Se efectuaron varios Análisis Estático No Lineal espacial de la estructura, en ambas direcciones ortogonales de la edificación, tomando en cuenta el efecto de las paredes y además variando la disposición geométrica de dichas paredes dentro del pórtico.

Con los resultados obtenidos (ver Figura 4.8.29 y 4.8.30) se comprobó que en efecto las paredes aumentan drásticamente tanto la rigidez de la estructura al igual que su capacidad a cortante, pero como era de esperarse se pierde enormemente la capacidad para deformarse, fragilizándose el sistema.

Se estimó la demanda de desplazamiento requerida para una zona sísmica igual a 7 con el uso del método de los coeficientes estipulado en el FEMA [FEMA, 2000] [FEMA, 2005] para diferentes periodos de retorno (50, 500 y 1000 años), como indicadores del daño a permitir a la estructura. Sea un movimiento sísmico definido por su espectro de aceleraciones. La demanda de desplazamiento que impone dicho sismo se puede estimar como:

$$U_d = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a(T_e) \cdot \left(\frac{T_e}{2 \cdot \pi}\right)^2 \cdot g \quad [4.8.16]$$

Donde:

$U_d$ : Máximo desplazamiento en el último nivel de la estructura

$S_a(T_e)$ : Aceleración espectral del sistema elástico de periodo efectivo  $T_e$  y amortiguamiento de 5%

$C_0$ : Factor de corrección que correlaciona el desplazamiento del último piso con el de un sistema de un grado de libertad, el cual es igual al factor definido previamente:  $C_0=1,00$  1,15, 1,20, y 1,25 para 1, 2, 3 y 4 pisos, respectivamente.

$C_1$ : Factor de corrección que correlaciona el máximo desplazamiento del sistema inelástico con el del sistema elástico.  $C_1$  es función de la intensidad del movimiento sísmico y esta dado por:

$$C_1 = 1 + \frac{R-1}{b \cdot T_c^2} \quad [4.8.17]$$

$$R = \frac{S_a \cdot (T_e) / g}{V_y / W} \cdot C_m \quad [4.8.18]$$

$R$  es el cociente entre la demanda elástica y la capacidad, en términos de la fuerza cortante basal,  $b=130, 90$  y  $60$  para roca, suelo muy denso y suelo denso, respectivamente, y  $C_m$  es la fracción de la masa participando en el modo fundamental dada por la Ec. (5.6 b). Para  $T_e < 0,2s$ ,  $C_1$  se toma igual al valor que tiene para  $T_e=0,2$ . Para  $T_e > 1s$ ,  $C_1=1$ .

$C_2$ : es el factor de corrección que representa el efecto de la degradación de rigidez y de resistencia y el estrangulamiento de las curvas fuerza-deformación. Para  $T_e < 0,2s$ ,  $C_2$  se toma igual al valor que tiene para  $T_e = 0,2$ . Para  $T_e > 0,7s$ ,  $C_2 = 1$ .  $C_2$  es también función de la intensidad del sismo (incorporada en R) y esta dado por:

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \cdot \left( \frac{R-1}{T_e} \right)^2 \quad [4.8.19]$$

$C_3$ : es el factor de corrección para representar los efectos P- $\Delta$  dinámicos. Para los edificios escolares de no más de cuatro pisos, adoptaremos  $C_3 = 1$

Sustituyendo tendríamos que para 500 años, dirección transversal y sin paredes ( $T_e = 1,30s$ ):

$$R = \frac{S_a \cdot (T_e) / g}{V_y / W} \cdot C_m = \frac{0,60}{120/1450} \cdot 0,84 = 6,09$$

$$C_3 = 1$$

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \cdot \left( \frac{R-1}{T_e} \right)^2 = 1 + \frac{1}{800} \cdot \left( \frac{6,09-1}{1,3} \right)^2 = 1,02$$

$$C_1 = 1 + \frac{R-1}{b \cdot T_e^2} = 1 + \frac{6,09-1}{60 \cdot 1,3^2} = 1,05$$

$$C_0 = 1,15$$

$$U_d = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a(T_e) \cdot \left( \frac{T_e}{2 \cdot \pi} \right)^2 = 1,15 \cdot 1,05 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot 0,60 \cdot \left( \frac{1,30}{2 \cdot \pi} \right)^2 = 31,02 \text{ cm}$$

Sustituyendo tendríamos que para 500 años, dirección longitudinal y sin paredes ( $T_e = 1,24s$ ):

$$R = \frac{S_a \cdot (T_e) / g}{V_y / W} \cdot C_m = \frac{0,70}{90/1450} \cdot 1 = 10,15$$

$$C_3 = 1$$

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \cdot \left( \frac{R-1}{T_e} \right)^2 = 1 + \frac{1}{800} \cdot \left( \frac{10,15-1}{1,24} \right)^2 = 1,07$$

$$C_1 = 1 + \frac{R-1}{b \cdot T_e^2} = 1 + \frac{10,15-1}{60 \cdot 1,24^2} = 1,10$$

$$C_0 = 1,15$$

$$U_d = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a(T_e) \cdot \left(\frac{T_e}{2 \cdot \pi}\right)^2 = 1,15 \cdot 1,10 \cdot 1,07 \cdot 1 \cdot 0,70 \cdot \left(\frac{1,24}{2 \cdot \pi}\right)^2 = 36,11 \text{ cm}$$

De la misma forma se realizó para 1000, 500 y 50 años, en la dirección transversal y longitudinal, con paredes y sin paredes. En la siguiente tabla 4.8.13 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 4.8.13. Demanda de Desplazamiento (mm) para zona sísmica 7.**

	Sin Paredes		Con Paredes	
	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal
<b>1000 años</b>	41,66	50,74	5,28	15,13
<b>500 años</b>	31,02	36,11	3,87	7,43
<b>50 años</b>	14,83	16,28	1,79	1,72

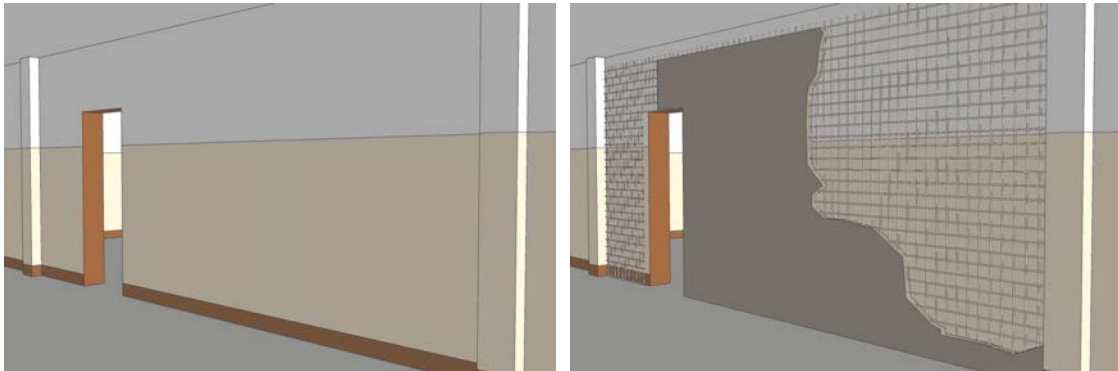
#### 4.8.5. Refuerzo Estructural

Según lo muestran los resultados del análisis no lineal, la rigidez y la resistencia adicionada por las paredes es fundamental para la estabilidad de la estructura, debido al pobre desempeño de los pórticos ante la acción de sismos. Pero la capacidad es aún pobre para resistir por sí sola la demanda introducida por un sismo de moderada a alta amenaza.

La opción más expedita de adecuación estructural para estas escuelas consistiría en utilizar las paredes como elementos sismorresistentes. Resolviendo el problema de las indeseadas “columnas cortas” se observa que la capacidad de la estructura aumenta a casi el doble y puede llegar a ser 450 toneladas en el sentido longitudinal y 600 toneladas en el sentido transversal (ver Figura 4.8.29 y 4.8.30), lo cual sería mayor a la demanda hasta para la zona sísmica 3. Por lo tanto, un método rehabilitación consistente en únicamente la eliminación de las columnas cortas podría ser llevado a cabo para escuelas en zona sísmica 0 a 3 (ver Tabla 4.8.14).

En este trabajo también se plantea como método de rehabilitación la sustitución de las paredes de mampostería por muros armados a toda la altura del vano, eliminando también las columnas cortas, esta opción brinda mayor rigidez y aumenta la resistencia de la estructura. El método a utilizar se conoce como “mampostería con friso armado”, el cual es una técnica de rehabilitación económica y de sencilla implementación (ver figura 4.8.26). Según normativas de mampostería y experiencias realizadas en la región latinoamericana se puede estimar el aumento en la capacidad a compresión de las paredes reforzadas con “friso armado” [Gobierno del Distrito Federal, Mexico, 2004] obteniendo una resistencia adicional de hasta 10 toneladas como valor conservador en cada vano de pared. Esto fue introducido en el modelo no lineal obteniéndose un aumento considerable en cuanto a la capacidad a cortante de la estructura (ver Figura 4.8.29 y 4.8.30). Se observa claramente el como la resistencia de la estructura alcanza las 800 toneladas en ambas direcciones, esto indica que la estructura con paredes reforzadas está en capacidad de resistir la demanda, sólo en términos de cortante basal, de cualquier zona sísmica del país.





**Figura 4.8.26. Eliminación de columnas cortas y uso de mampostería con friso armado.**

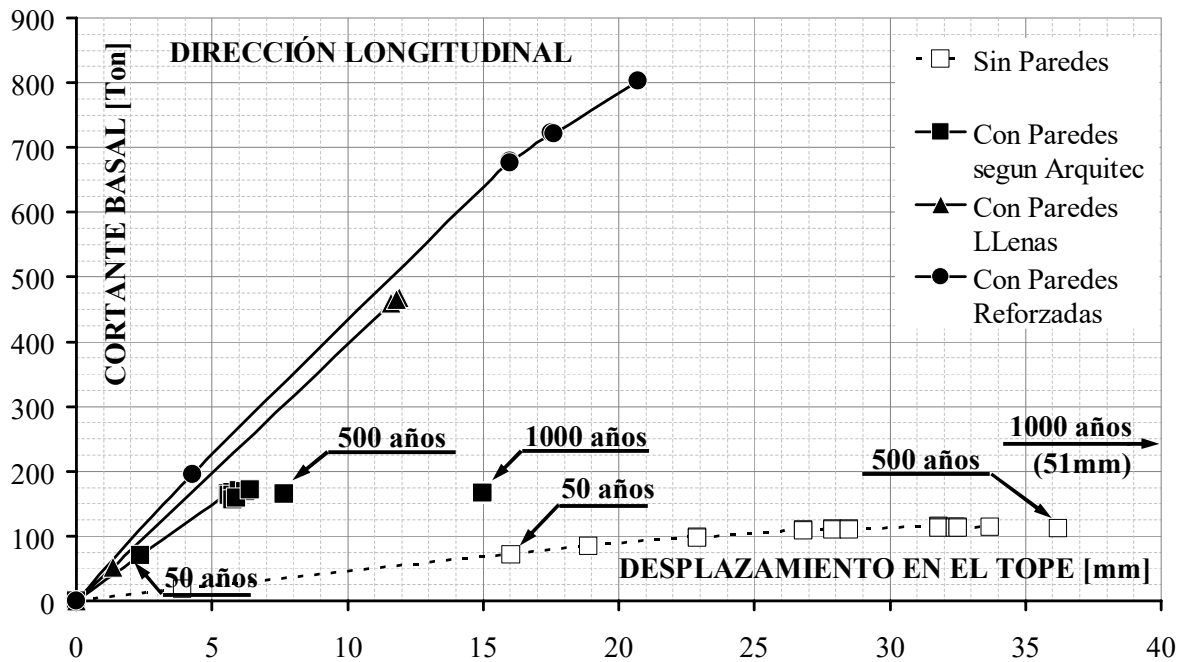
Pero, para lograr que la edificación resista la demanda de una zona sísmica 7, se requiere que posea la capacidad para resistir cortante y además la capacidad a deformarse dúctilmente. Si observamos los resultados obtenidos se ve necesario implementar otros métodos de reforzamiento adicionales en la estructura que brinden un comportamiento menos frágil, den la capacidad de disipar energía dúctilmente y brinde un factor de seguridad mayor. Se propone el uso de un sistema estructural adicional resistente a cargas horizontales, consistente en muros de concreto armado conectados con vigas de acople que colaboren con la estructura a resistir las cargas sísmicas y brinden el comportamiento dúctil esperado (ver figura 4.8.27). Este método sería acompañado de la eliminación de las columnas cortas y el uso de la mampostería con friso armado, mencionado anteriormente.



**Figura 4.8.27. Sistema estructural adicional de muros de concreto armado.**

De esta forma y extrapolando los resultados obtenidos a las demás zonas sísmicas del país, se plantea tentativamente tres tipos de niveles de rehabilitación para las escuelas Tipo Antiguo II en todo el país. Un nivel en donde sólo se requeriría la eliminación de las columnas cortas como método de rehabilitación por el bajo peligro, otra en la que se usaría el friso armado para peligro intermedio y por último, en la escuela de mayor peligro, el uso al unísono de muros adicionales, friso armado y la eliminación de las columnas cortas (ver Tabla 4.8.14).

En las siguientes Figuras 4.8.28 y 4.8.29 se muestran las curvas Pushover obtenidas con el programa SAP2000, en donde se muestra el comportamiento de la estructura sin paredes en sus dos direcciones ortogonales, con el efecto de las paredes según el estado actual de la mampostería, eliminando los efectos de columna corta llenando completamente los vanos, y con la adición del friso armado, mostrándose además las demandas de desplazamiento calculadas.



**Figura 4.8.28. Comportamiento de la estructura en la dirección longitudinal.**

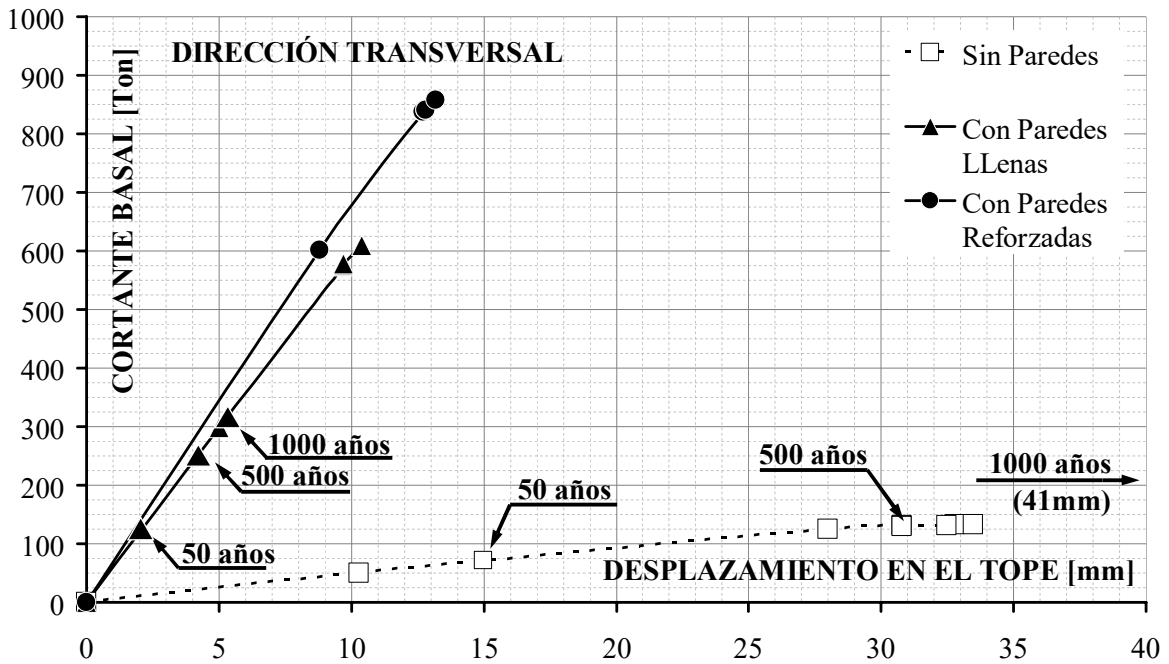


Figura 4.8.29. Comportamiento de la estructura en la dirección transversal.

Tabla 4.8.14. Métodos de Rehabilitación propuestos para escuelas Tipo Antigo II a nivel nacional

Zona Sísmica	Peligro Sísmico	Ao (g)	Demanda de Cortante Basal (Tf)	Método de Rehabilitación
7	Elevado	0,40	800	Uso de Muros Resistentes, Friso Armado & "ECC"
6		0,35	700	
5		0,30	600	
4	Intermedio	0,25	500	Friso Armado & Eliminación de Columnas Cortas (ECC)
3		0,20	400	
2	Bajo	0,15	300	Eliminación de Columnas Cortas (ECC)
1		0,10	200	
0		0,00	0	

#### 4.8.6 - Conclusiones y Recomendaciones

Con este trabajo queda comprobada la existencia del tipo de edificación escolar, denominado “Tipo Antiguo II”, el cual posee carácter repetitivo a nivel nacional. En todas las escuelas estudiadas no se hallaron diferencias estructurales ni arquitectónicas significativas.

Se observó que para una zona sísmica 7 el desplazamiento máximo en el tope estimado es de 32 cm para el modelo sin paredes y de unos 5 cm para los modelos con paredes. Las derivas máximas, en el modelo sin paredes, se encuentran cuatro veces por encima de lo admitido por la normativa vigente. En los modelos con paredes, las derivas cumplen las máximas permitidas, demostrando el efecto de las paredes al aumentar la rigidez global de la estructura.

La relación demanda/capacidad excede casi seis veces la capacidad estimada para el edificio. Por otro lado en los modelos con la rigidez dada por las paredes, en donde no se considera el aumento en resistencia brindado por las mismas, se observan valores de demanda/capacidad cercanos a 3 en ambas direcciones de la estructura, aún cuando debe destacarse que pesar de ser más resistente que el modelo sin paredes, su comportamiento pasa a ser indeseablemente más frágil.

Los resultados del análisis dinámico muestran que el Módulo Principal posee un mejor comportamiento por ser más regular y simétrica cuando se encuentra desconectado del Módulo Anexo, ya que se evitan comportamientos torsionales indeseados. Se recomienda su separación en aquellas escuelas donde se encuentren rígidamente conectadas.

Se concluye con los resultados del análisis no lineal que la rigidez y la resistencia adicionada por las paredes es fundamental para la estabilidad de la estructura, debido al pobre desempeño de los pórticos ante la acción de sismos, se ve notoria la necesidad de reforzar las estructuras ubicadas en zonas con peligro sísmico de intermedio a elevado. Una opción atractiva de adecuación estructural de estas escuelas consistiría en utilizar las paredes como elementos sismorresistentes, resolviendo previamente las indeseadas situaciones de “columna corta”. La opción estudiada es la sustitución de las paredes de mampostería por muros armados a toda la altura del vano, brindado mayor rigidez y aumentando la resistencia de las mismas por medio del uso del “friso armado”, el cual es un método de rehabilitación económico y de sencilla implementación.

Además de poseer capacidad suficiente para resistir los niveles de carga y esfuerzos debido a sismos, también se deberá permitir a la estructura la capacidad de deformarse dúctilmente. Se propone el uso de un sistema estructural adicional, resistente a cargas horizontales, consistente en muros de concreto armado que colaboren con la estructura a resistir las cargas sísmicas, adicionalmente al uso de la mampostería con el friso armado.

#### 4.8.7 - Referencias

- Abou F., Lee C. (2005) *Evaluación del Riesgo Sísmico en Escuelas del Tipo Antiguo II*. Tesis de Pregrado. Facultad de Ingeniería. UCV. Caracas 2005.
- López O. A., Hernández JJ, Del RE G, Puig J. (2004). Reducción del Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela. Boletín Técnico IMME Vol.42, Nº 3.
- Alonso J., Bermúdez, M. (1998) El Te Terremoto de Cariaco. Revista CIV 370, 17-44.
- Rangel A. (1999). Crónicas de Desastres-Terremoto de Cariaco, Venezuela. Organización Panamericana de la Salud. Quito.
- Del Re G. (2006) Evaluación de los Métodos de Análisis Estático No Lineal para verificar el desempeño sísmico en estructuras aporticadas de concreto armado. Tesis de maestría. Facultad de Ingeniería. UCV. Caracas 2006.
- Fundación Ica. (1999) Edificaciones de Mampostería para Vivienda. Ciudad de México. México.
- COVENIN. Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 2002-88 (1988), COVENIN-MINDUR Caracas.
- COVENIN. Edificaciones Sismorresistentes. Norma 1756:2001 (2001), MCT-MINDUR-FUNVISIS, Caracas.
- COVENIN. Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño. Norma 1753:1987 (1987), COVENIN-MINDUR, Caracas.
- Computer and Structures Inc. CSI (2004). SAP2000 Nonlinear 8.3.3. Structural Analysis Program. Computer and Structures Inc., Berkeley, California, Estados Unidos.
- Pauley T., Priestley M. J. N. (1992). Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. John Wiley & Sons, INC.
- ININVI (2006). Norma Técnica de Edificación E-070. Albañilería. Albañilería Ministerio de Vivienda. Lima.
- FEMA (2000). Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Building. FEMA 356. Federal Emergency Management Agency. Wahington D.C.
- FEMA (2005). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures. FEMA 440, ATC-55. Federal Emergency Management Agency. Wahington D.C.
- ASCE/SEI 41 (2007). Update to ASCE/SEI 41 Concrete Provisions. Seismic Rehabilitation of Existing Buildings.
- Gobierno del Distrito Federal (2004). Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de mampostería. Ciudad de México, México



#### 4.9.- Evaluación Sismorresistente de la E. B. Playa Grande

##### 4.9.1.- Participantes

- Profesor ----- Norberto Fernández
- Estudiante de postgrado----- Eliud Hernández.
- Técnico----- Juan Robert Burgos

##### 4.9.2.- Inspecciones Efectuadas

En el mes de Marzo del año 2008, se visitó la Escuela Bolivariana Playa Grande, de tipo STAC, ubicado en la Ciudad de Carúpano, Estado Sucre.

##### 4.9.3.- Descripción de la Edificación.

###### a) Descripción General y Localización

La Escuela Bolivariana Playa Grande está ubicada en Carúpano, Estado Sucre. La misma está constituida por tres (3) módulos prácticamente iguales. Cada módulo consta de doce (12) ejes con una separación constante de 3,6 m en dirección transversal, y dos ejes en dirección longitudinal separados una distancia de 7,20 m. Entre los módulos existen patios como áreas recreacionales.

Cada módulo consta de dos plantas con techo a dos aguas. En uno de los módulos se tiene una escalera de acceso ubicada en el extremo del mismo. A través de dicha escalera se ingresa al primer piso de la edificación, y luego a través de otras estructuras intermedias se genera la comunicación a los otros dos módulos.

Mediante la inspección se pudo observar que las paredes son de bloques de arcilla y el espesor del friso es de 4 cm aproximadamente.

La altura de entrepiso es de 3,50 m en todos los módulos. En dirección transversal presenta pórticos sin paredes y pórticos con paredes en toda la altura que dividen los salones, mientras que en dirección longitudinal predominan las paredes a media altura, ventanas y bloques de ventilación, y se destaca la presencia de una viga de amarre ubicada 90 cm por debajo del nivel de la losa lo cual propicia el efecto de columna corta. El espesor de la losa maciza es de 12 cm y el espesor de la pared es de 15 cm.

La sección típica de las columnas es de 25x40 cm. Las vigas en dirección transversal ubicadas en el primer nivel, entre ejes de columnas, son de sección 20x65 cm. A cada de lado de las columnas en dirección transversal se tienen vigas en volado de 1,20 m y 2,20 m, cuya sección final es de 20x40 cm. El volado de 2,20 m sirve de pasillo para entrar a los salones.

b) Fotografías



**Figura 4.9.1.- Entrada Principal de la Escuela**



**Figura 4.9.2.- Fachada Principal y Patio del Módulo 1**



**Figura 4.9.3.- Fachada Posterior del Módulo 1**



**Figura 4.9.4.- Vista Frontal del Módulo 2**



**Figura 4.9.5.- Vista de escalera del Módulo 1**



**Figura 4.9.6.- Fachada Principal y Patio del Módulo 2**



**Figura 4.9.7.- Vista Interna Salón del Módulo 1**



**Figura 4.9.8.- Vista Interna Salón del Módulo 1**



**Figura 4.9.9.- Fachada Principal del Módulo 3**



**Figura 4.9.10.- Maqueta General de la Unidad Educativa**



**Figura 4.9.11.- Fachada Posterior del Módulo 3.**



**Figura 4.9.12.- Vista Frontal del módulo 3.**

c) Planos de Arquitectura

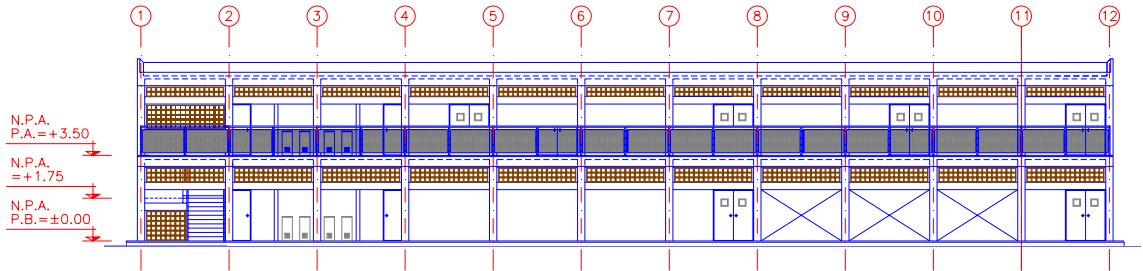


Figura 4.9.13.- Fachada Principal.

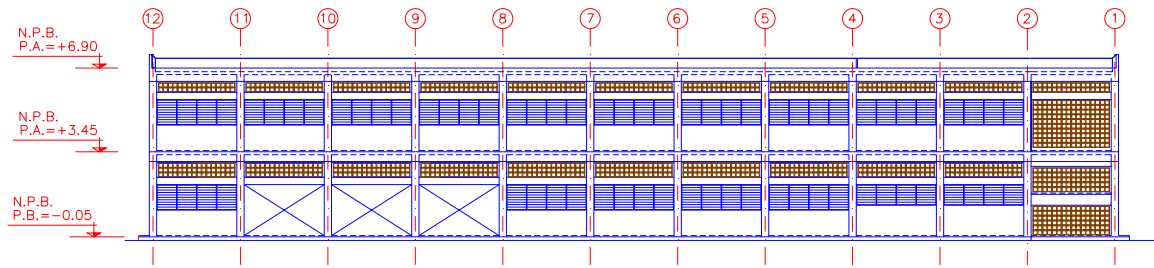


Figura 4.9.14.- Fachada Posterior.

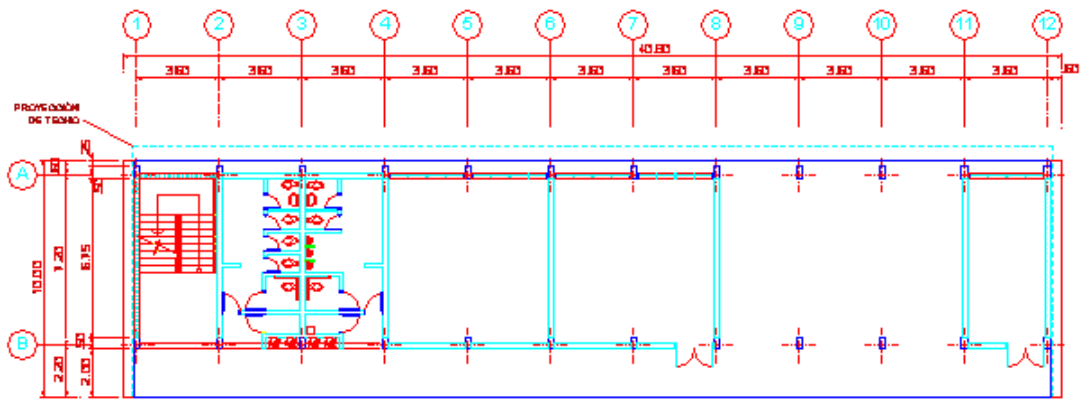


Figura 4.9.15.- Planta Piso 1.

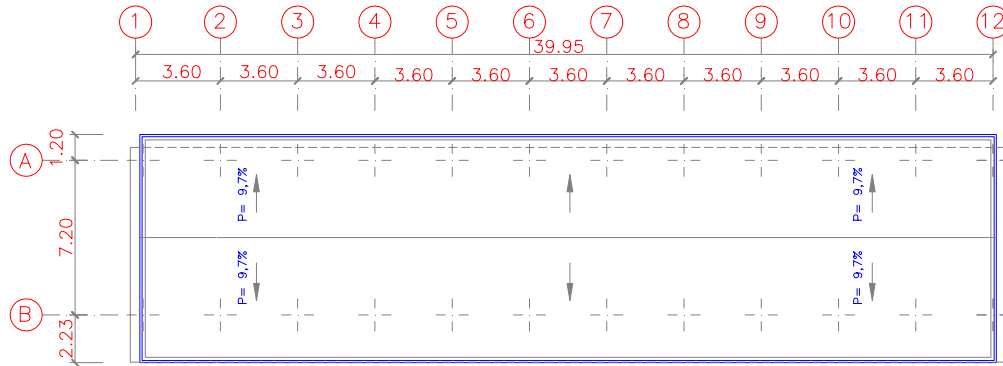


Figura 4.9.16.- Planta Techo.

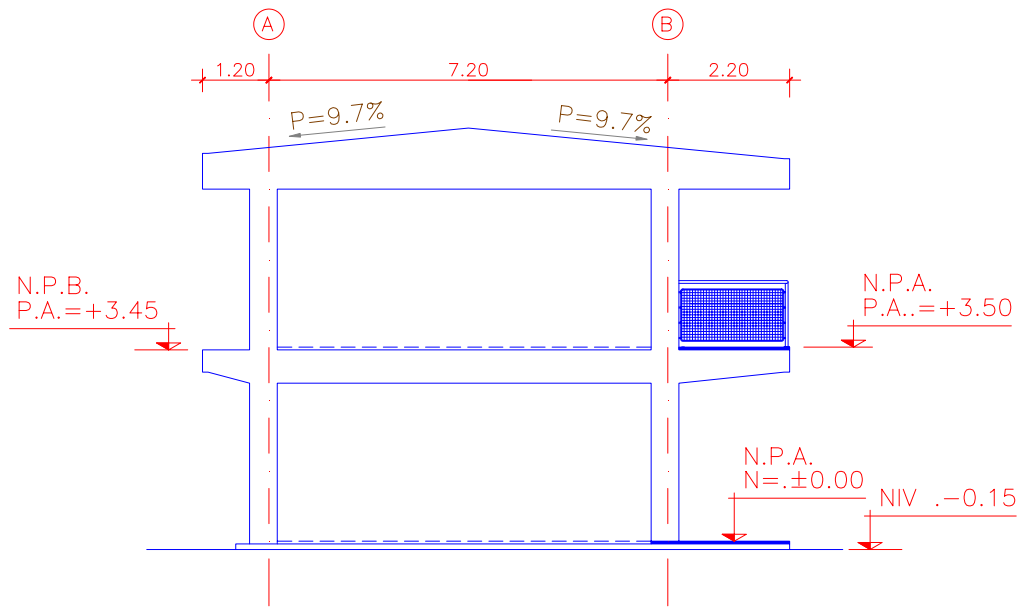


Figura 4.9.17.- Pórtico Transversal Tipo.



d) Planos de Estructura

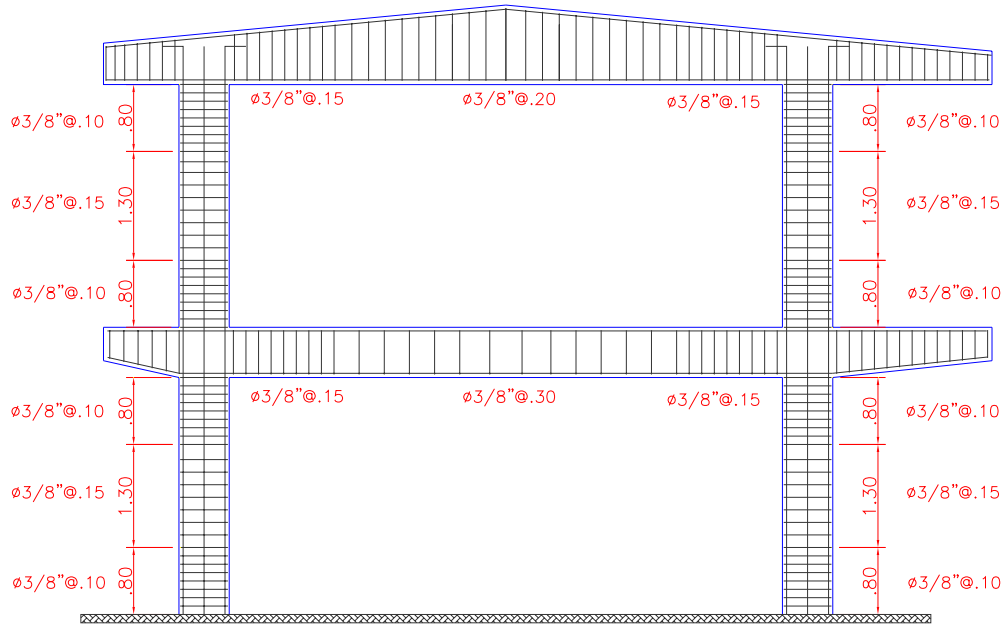


Figura 4.9.18.- Detalle Estructural del Pórtico.

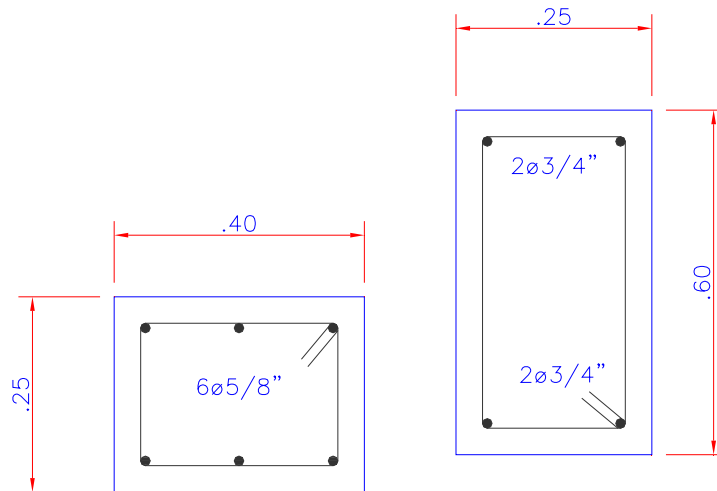


Figura 4.9.19.- Secciones de Vigas y Columnas.

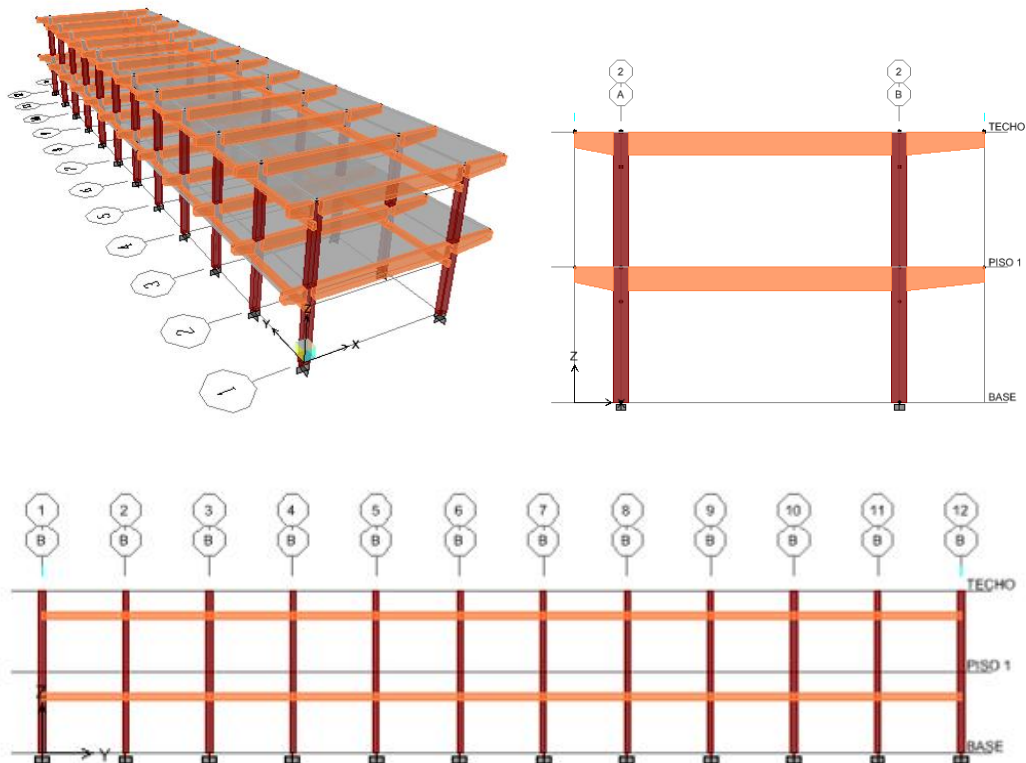
#### 4.9.4.- Evaluación Sismorresistente

##### a) Modelos Matemáticos

Se procedió a realizar cuatro (4) modelos matemáticos en 3D a través del programa ETABS, donde se han dispuesto de objetos de líneas para idealizar las vigas y columnas, mientras que las losas, muros y mampostería se han modelado utilizando objetos de área, los cuales son discretizados a fin de obtener resultados muy aproximados al comportamiento real esperado de los componentes estructurales. La acción de las cargas se realiza de manera distribuida directamente en las losas ( $\text{kgf/m}^2$ ). La acción sísmica se obtiene a través de un espectro de diseño. Se realiza un análisis matricial con el método de los elementos finitos. Se desarrollaron cuatro (4) modelos matemáticos de la estructura los se describen a continuación:

Modelo 1: Condición Actual con Inercia Gruesa ( $I_g$ ) sin Mampostería.  
 Código: STAC-M1-ACT-IG-SM

Modelo 2: Condición Actual con Inercia Agrietada ( $I_a$ ) sin Mampostería.  
 Código: STAC-M2-ACT-IA-SM ( $I_a = 0,40I_g$  para Vigas y  $I_a = 0,60I_g$  para Columnas)



**Figura 4.9.20.- Vista 3D y Pórticos de los Modelos 1 y 2.**

Modelo 3: Condición Actual con Inercia Gruesa ( $I_g$ ) y Mampostería.  
Código: STAC-M3-ACT-IG-CM

Modelo 4: Condición Actual con Inercia Agrietada ( $I_a$ ) y Mampostería  
Código: STAC-M4-ACT-IA-CM ( $I_a = 0,40I_g$  para Vigas y  $I_a = 0,60I_g$  para Columnas)

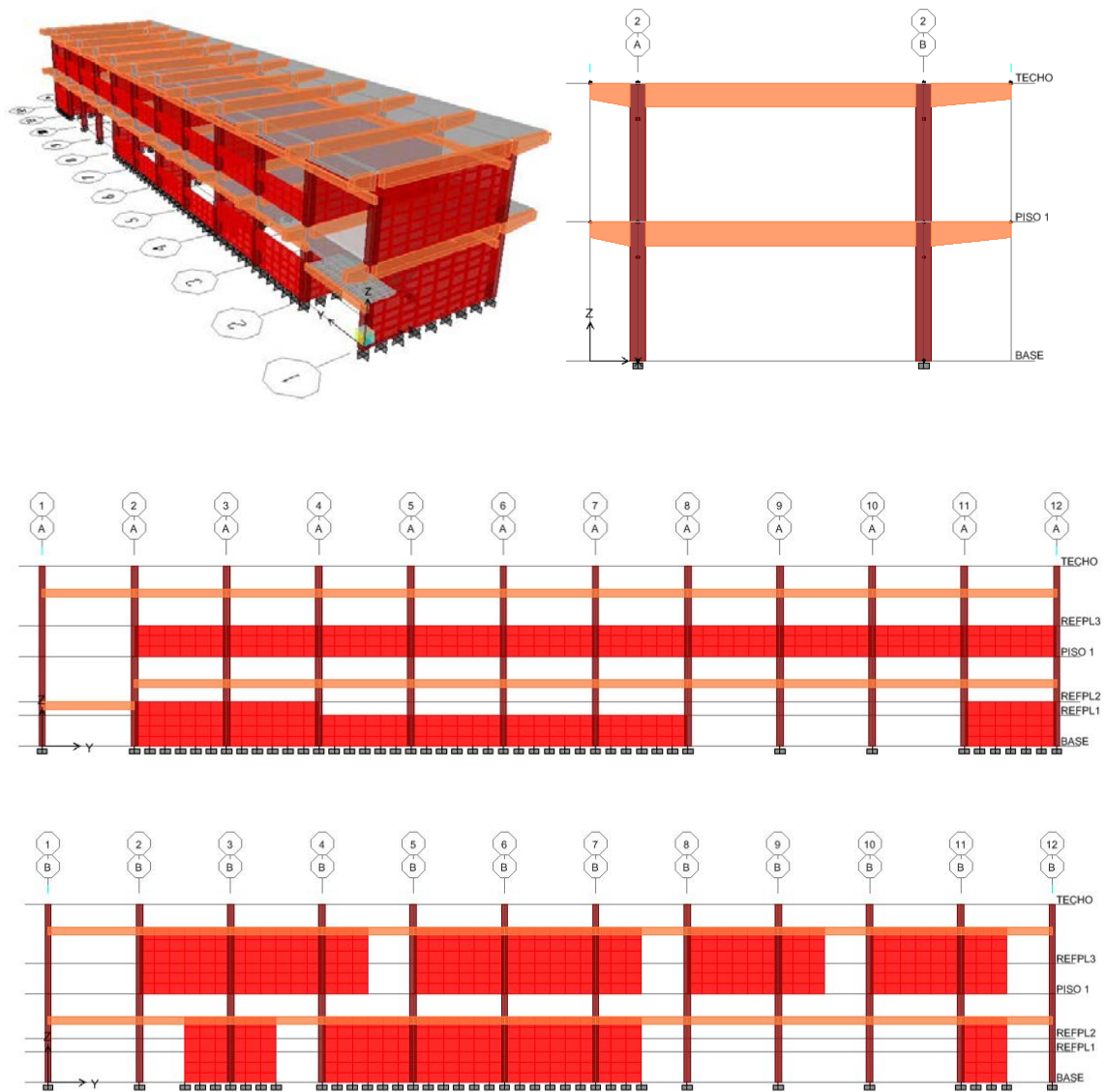


Figura 4.9.21.- Vista 3D y Pórticos de los Modelos 3 y 4.

**b) Acciones Gravitacionales**

Las acciones gravitacionales son asignadas de manera directa a los elementos de área utilizados para idealizar la losa de entrepiso.

**Tabla 4.9.1.- Acciones Gravitacionales.**

<i>Definición de Acciones</i>	<i>Planta Baja (kgf/m<sup>2</sup>)</i>	<i>Primer Piso (kgf/m<sup>2</sup>)</i>	<i>Techo (kgf/m<sup>2</sup>)</i>
<b>Variable</b>			
Áreas Públicas en Edificaciones Educativas (Escuelas, Liceos, Universidades, Institutos Técnicos y Similares)	400	400	
Escaleras y Balcones para Edificaciones distintas de Viviendas	500	500	
Áreas Privadas en Edificaciones Educativas (Escuelas, Liceos, Universidades, Institutos Técnicos y Similares)	300	300	
Techos sin acceso con CP > 50kgf/m <sup>2</sup> y pendientes menores de 15%			100
<b>Permanente</b>			
Losa Maciza de concreto (espesor 12 cm)	290	290	290
Base de Pavimento de Cemento con Arena Amarilla de espesor promedio 2.0cm	40	40	40
Granito artificial con un espesor total de 5 cm	100	100	
Tabiquería Mínima Repartida.	150	150	
Pendientes de Bombeo de Cemento con Arena Amarilla de espesor promedio 3.0cm			65
Manto asfáltico hasta tres capas espesor promedio 4mm			15

**c) Materiales**

- Concreto en Losas, Columnas, Escaleras y Vigas existentes,  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$
- Concreto en Muros y Losas de Refuerzo,  $f'c = 250 \text{ kgf/cm}^2$
- Acero de Refuerzo existente,  $f'y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad de Mampostería existente,  $E_m = 9000 \text{ kgf/cm}^2$

**d) Acción Sísmica**

- Grupo "A"
- Zona Sísmica 7
- $A_o = 0,40$
- $\alpha = 1,30$

- Suelo S2,  $\varphi = 0,90$
- $R = 1,50$

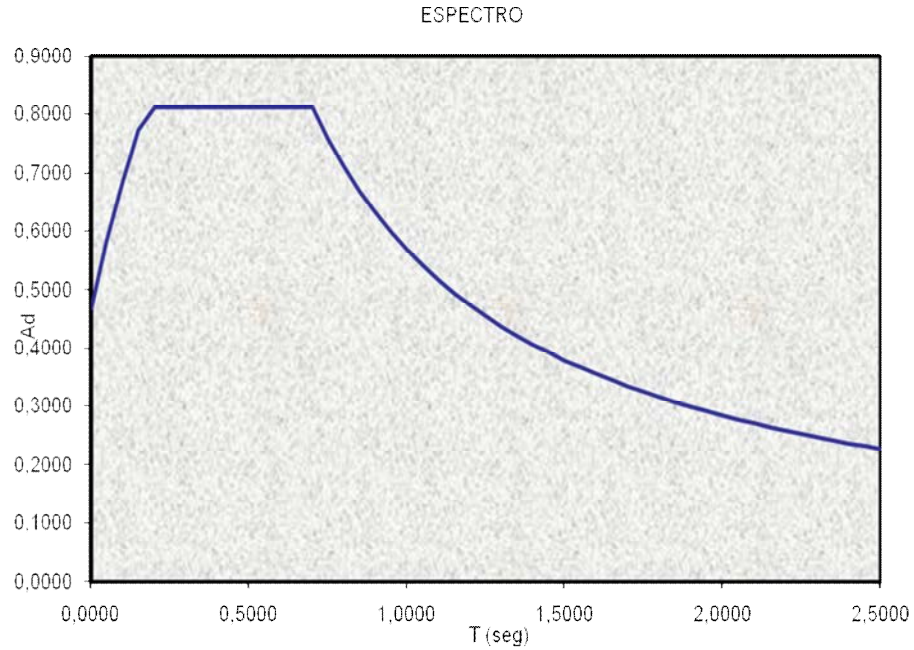


Figura 4.9.22.- Espectro de Diseño.

e) Respuesta Estructural

Tabla 4.9.2.- Períodos T1, T2 y T3 de cada modelo.

DESCRIPCION	PERIODOS (SEG)		
	T1	T2	T3
STAC-M1-CA-IG-SM	0,765	0,622	0,589
STAC-M2-CA-IA-SM	0,991	0,837	0,79
STAC-M3-CA-IG-CM	0,380	0,246	0,210
STAC-M4-CA-IA-CM	0,405	0,255	0,216

Tabla 4.9.3.- Corte Resistente en Columnas (Dirección Longitudinal).

DESCRIPCION	Ancho (b)	Altura (h)	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pu (Ton)	ϕMn (Ton-m)	H Libre (m)	Vp (Ton)
COLUMNA TIPO 1-L	40	25	210	70	5,4	2,9	3,72
COLUMNA TIPO 2-L	40	25	210	70	5,4	0,6	18,00
COLUMNA TIPO 3-L	40	25	210	70	5,4	1,0	10,80

DESCRIPCION	ϕVc (Ton)	Av/S	Fy (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Vs (Ton)	ϕVn (Ton)	Vp/ϕVn	DESEMPEÑO	ϕVn Max (Ton)
COLUMNA TIPO 1-L	5,22	0,14	4200	11,96	17,18	0,22	DUCTIL	3,72
COLUMNA TIPO 2-L	5,22	0,14	4200	11,96	17,18	1,05	FRAGIL	17,18
COLUMNA TIPO 3-L	5,22	0,14	4200	11,96	17,18	0,63	DUCTIL	10,80



Tabla 4.9.4.- Corte Resistente en Columnas (Dirección Transversal).

DESCRIPCION	Ancho (b)	Altura (h)	f c (Kg/cm2)	Pu (Ton)	$\phi$ Mn (Ton-m)	H Libre (m)	Vp (Ton)
COLUMNA TIPO 1-T	25	40	210	70	8	2,9	5,52

DESCRIPCION	$\phi$ Vc (Ton)	Av/S	Fy (Kg/Cm2)	Vs (Ton)	$\phi$ Vn (Ton)	Vp/ $\phi$ Vn	DESEMPENO	$\phi$ Vn Max (Ton)
COLUMNA TIPO 1-T	5,71	0,14	4200	20,93	26,65	0,21	DUCTIL	5,52

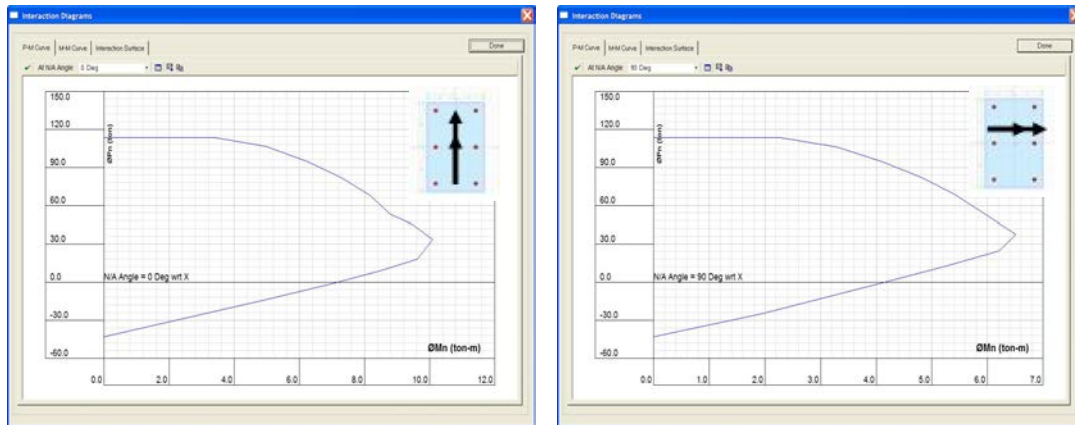


Figura 4.9.23.- Diagramas de Interacción de Columnas.

Tabla 4.9.5.- Demanda/Capacidad a Corte en Columnas (Dirección Longitudinal).

DESCRIPCION	FACTOR "R"	Vb (Ton)	Vu col (Ton)	$\Sigma \phi$ Vn (Ton)	Vu col / $\Sigma \phi$ Vn col	CONDICION
STAC-M1-CA-IG-SM	1,5	661	661	89	7,40	NC
STAC-M2-CA-IA-SM	1,5	520	520	89	5,82	NC
STAC-M3-CA-IG-CM	1,5	868	806	185	4,36	NC
STAC-M4-CA-IA-CM	1,5	867	807	185	4,36	NC

Tabla 4.9.6.- Demanda/Capacidad a Corte en Columnas (Dirección Transversal).

DESCRIPCION	FACTOR "R"	Vb (Ton)	Vu col (Ton)	$\Sigma \phi$ Vn (Ton)	Vu col / $\Sigma \phi$ Vn col	CONDICION
STAC-M1-CA-IG-SM	1,5	727	727	132	5,49	NC
STAC-M2-CA-IA-SM	1,5	607	607	132	4,58	NC
STAC-M3-CA-IG-CM	1,5	833	291	132	2,20	NC
STAC-M4-CA-IA-CM	1,5	832	290	132	2,20	NC

**Tabla 4.9.7.- Revisión de Derivas (Dirección Longitudinal).**

DESCRIPCION	FACTOR "R"	$\delta l$ Tope (cm)	DERIVAS x1000			$\Delta l/\Delta m$	CONDICION
			$\Delta e$	$\Delta i$	$\Delta m$		
STAC-M1-CA-IG-SM	1.5	16.644	21.340	25.608	6.000	4.268	NC
STAC-M2-CA-IA-SM	1.5	21.480	28.700	34.440	6.000	5.740	NC
STAC-M3-CA-IG-CM	1.5	4.248	8.190	9.828	6.000	1.638	NC
STAC-M4-CA-IA-CM	1.5	4.824	9.230	11.076	6.000	1.846	NC

**Tabla 4.9.8.- Revisión de Derivas (Dirección Transversal).**

DESCRIPCION	FACTOR "R"	$\delta l$ Tope (cm)	DERIVAS x1000			$\Delta l/\Delta m$	CONDICION
			$\Delta e$	$\Delta i$	$\Delta m$		
STAC-M1-CA-IG-SM	1.5	15.204	19.900	23.880	6.000	3.980	NC
STAC-M2-CA-IA-SM	1.5	23.160	29.300	35.160	6.000	5.860	NC
STAC-M3-CA-IG-CM	1.5	2.628	4.190	5.028	6.000	0.838	OK
STAC-M4-CA-IA-CM	1.5	2.820	4.500	5.400	6.000	0.900	OK

*f) Análisis Estático No Lineal*

Se definieron las propiedades no lineales de los elementos a partir de la capacidad a flexión, flexo compresión y corte, de vigas y columnas. En el caso de las vigas estas propiedades fueron asignadas en los extremos del miembro, mientras que para las columnas las propiedades correspondientes a flexo compresión fueron asignadas en los extremos y las de corte en la mitad de la altura libre del mismo. La ubicación de estas secciones de fallas corresponde al lugar más probable de incursión en el rango no lineal de cada elemento, para una combinación de carga gravitacional y carga lateral.

Los valores que determinan la forma del diagrama momento curvatura, para vigas y columnas fueron tomados como referencia del FEMA 356. Estos valores dependen en el caso de las vigas del acero de refuerzo longitudinal y el corte resistente, y en el caso de la columna depende de la carga axial y el corte resistente. En ambos casos, columnas y vigas, son catalogadas como conformes (C) con respecto al refuerzo transversal, según FEMA 356.

El análisis se realizó en la dirección más larga de la estructura, por ser esta la más vulnerable al presentar columnas cortas ocasionadas por la presencia de mampostería a media altura. El patrón de carga fue triangular, considerando el modo de vibración principal, y se tomó a partir de la deformada por carga lateral.

Una vez calculada la capacidad de la estructura, a través de análisis no lineal, la misma se compara con la demanda calculada utilizando el FEMA 440.

A continuación se presentan para cada uno de los modelos las Curvas de Capacidad (cortante en la base vs. desplazamiento en el techo), patrón de rótulas plásticas, demandas de desplazamiento y corte de conformidad al FEMA 440.

Modelo 1 No Lineal: Condición Actual con Inercia Gruesa sin Mampostería.  
Código: STAC-NL-MI-ACT-IG-SM

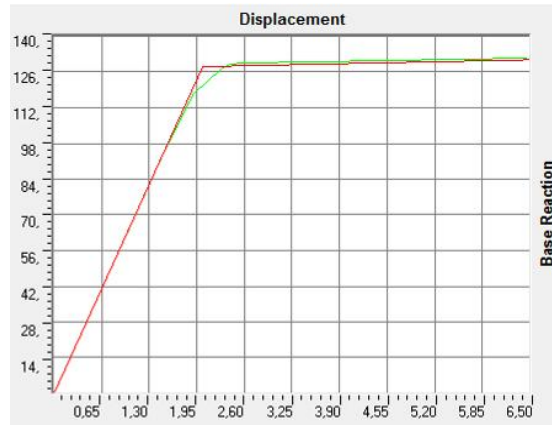


Figura 4.9.24.- Curva de Capacidad. Desplazamiento (cm) vs Corte Basal (Ton).

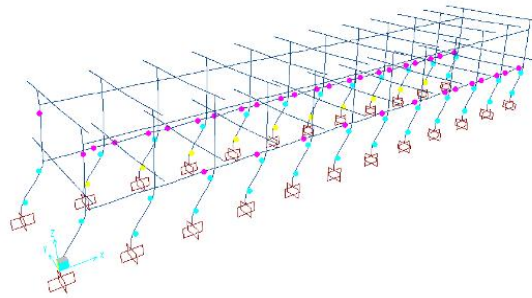


Figura 4.9.25.- Patrón de Rótulas Plásticas.

Periodo de Retorno: 500 años		Periodo de Retorno: 50 años		Periodo de Retorno: 1000 años	
Item	Value	Item	Value	Item	Value
C0	1,050	C0	1,050	C0	1,050
C1	1,047	C1	1,031	C1	1,068
C2	1,011	C2	1,005	C2	1,023
C3	1,000	C3	1,000	C3	1,000
Sa/g	0,624	Sa/g	0,480	Sa/g	0,812
Te	0,700	Te	0,700	Te	0,700
Ti	0,700	Ti	0,700	Ti	0,700
Ki	62,85	Ki	62,85	Ki	62,85
Ke	62,85	Ke	62,85	Ke	62,85
Alpha	0,009357	Alpha	0,009357	Alpha	0,009357
R	3,061	R	2,355	R	3,980
Vy	128,1092	Vy	128,11	Vy	128,11
Uy	2,04	Uy	2,04	Uy	2,04
Weight	628,28	Weight	628,28	Weight	628,28
Cm	1	Cm	1	Cm	1
U <sub>d</sub>	8,44	U <sub>d</sub>	6,36	U <sub>d</sub>	11,33
V <sub>d</sub>	415	V <sub>d</sub>	312	V <sub>d</sub>	557
U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	4,143	U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	3,119	U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	5,557
V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	3,239	V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	2,439	V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	4,345

Figura 4.9.26.- Demanda/Capacidad, FEMA 440.

Modelo 2 No Lineal: Condición Actual con Inercia Agrietada sin Mampostería.  
 Código: STAC-NL-M2-ACT-IA-SM

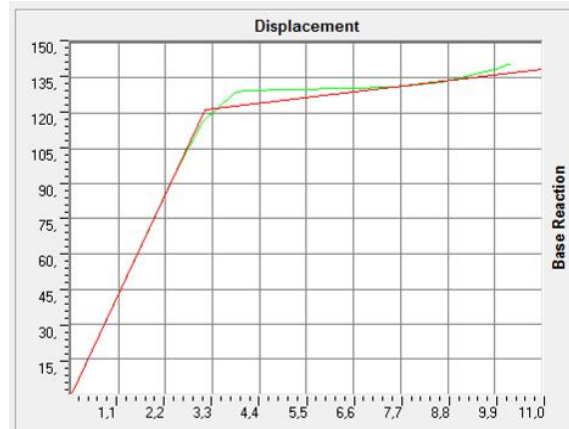


Figura 4.9.27.- Curva de Capacidad. Desplazamiento (cm) vs Corte Basal (Ton).

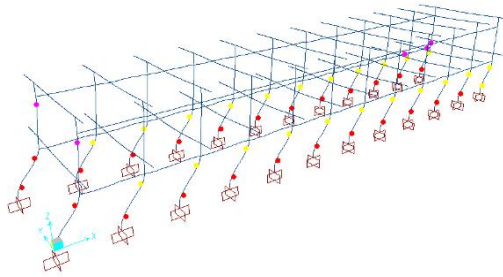


Figura 4.9.28.- Patrón de Rótulas Plásticas.

Periodo de Retorno: 1000 años		Periodo de Retorno: 500 años		Periodo de Retorno: 50 años	
Item	Value	Item	Value	Item	Value
C0	1,098	C0	1,098	C0	1,098
C1	1,039	C1	1,027	C1	1,018
C2	1,000	C2	1,000	C2	1,000
C3	1,000	C3	1,000	C3	1,000
Sa/g	0,811	Sa/g	0,624	Sa/g	0,480
Te	0,950	Te	0,950	Te	0,950
Ti	0,950	Ti	0,950	Ti	0,950
Ki	38,92	Ki	38,92	Ki	38,92
Ke	38,92	Ke	38,92	Ke	38,92
Alpha	0,0567	Alpha	0,0567	Alpha	0,0567
R	4,193	R	3,226	R	2,481
Vy	121,52	Vy	121,524	Vy	121,52
Uy	3,12	Uy	3,12	Uy	3,12
Weight	628,28	Weight	628,28	Weight	628,28
Cm	1	Cm	1	Cm	1
U <sub>d</sub>	20,76	U <sub>d</sub>	15,79	U <sub>d</sub>	12,04
V <sub>d</sub>	530	V <sub>d</sub>	403	V <sub>d</sub>	307
U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	6,649	U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	5,056	U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	3,854
V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	4,358	V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	3,314	V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	2,527

Figura 4.9.29.- Demanda/Capacidad, FEMA 440.

Modelo 3 No Lineal: Condición Actual con Inercia Gruesa y Mampostería.  
Código: STAC-NL-M3-ACT-IG-CM

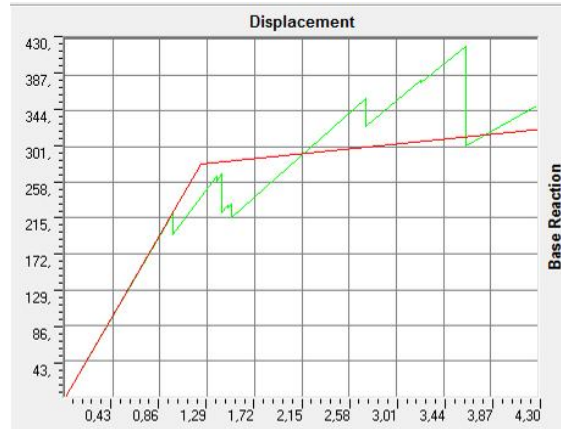


Figura 4.9.30.- Curva de Capacidad. Desplazamiento (cm) vs Corte Basal (Ton).

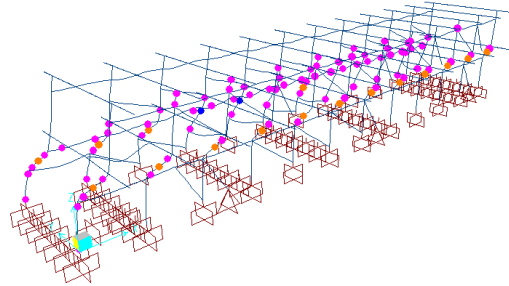


Figura 4.9.31.- Patrón de Rótulas Plásticas.

Periodo de Retorno: 1000 años		Periodo de Retorno: 500 años		Periodo de Retorno: 50 años	
Item	Value	Item	Value	Item	Value
C0	1,681	C0	1,681	C0	1,681
C1	1,167	C1	1,112	C1	1,070
C2	1,044	C2	1,020	C2	1,008
C3	1,000	C3	1,000	C3	1,000
Sa/g	0,811	Sa/g	0,624	Sa/g	0,480
Te	0,396	Te	0,396	Te	0,396
Ti	0,396	Ti	0,396	Ti	0,396
Ki	226,23	Ki	226,23	Ki	226,23
Ke	226,23	Ke	226,23	Ke	226,23
Alpha	0,0593	Alpha	0,0593	Alpha	0,0593
R	3,360	R	2,585	R	1,988
Vy	279,78	Vy	279,7833	Vy	279,78
Uy	1,24	Uy	1,24	Uy	1,24
Weight	1158,87	Weight	1158,87	Weight	1158,87
Cm	1	Cm	1	Cm	1
U <sub>d</sub>	6,47	U <sub>d</sub>	4,63	U <sub>d</sub>	3,39
V <sub>d</sub>	1146	V <sub>d</sub>	820	V <sub>d</sub>	600
U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	5,235	U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	3,748	U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	2,740
V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	4,096	V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	2,933	V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	2,144

Figura 4.9.32.- Demanda/Capacidad, FEMA 440.



Modelo 4 No Lineal: Condición Actual con Inercia Agrietada y Mampostería.  
 Código: STAC-NL-M4-ACT-IA-CM



Figura 4.9.33.- Curva de Capacidad. Desplazamiento (cm) vs Corte Basal (Ton).

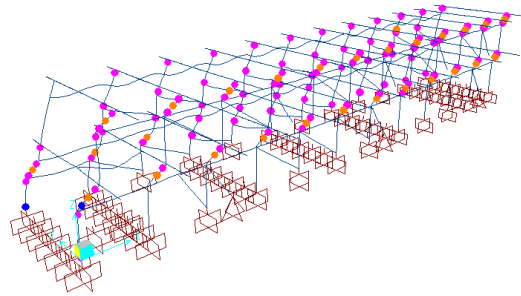


Figura 4.9.34.- Patrón de Rótulas Plásticas.

Periodo de Retorno: 1000 años		Periodo de Retorno: 500 años		Periodo de Retorno: 50 años	
Item	Value	Item	Value	Item	Value
C0	1,289	C0	1,289	C0	1,289
C1	1,115	C1	1,075	C1	1,044
C2	1,026	C2	1,011	C2	1,004
C3	1,000	C3	1,000	C3	1,000
Sa/g	0,811	Sa/g	0,624	Sa/g	0,480
Te	0,436	Te	0,436	Te	0,436
Ti	0,436	Ti	0,436	Ti	0,436
Ki	186,78	Ki	186,78	Ki	186,78
Ke	186,78	Ke	186,78	Ke	186,78
Alpha	-0,009481	Alpha	-0,009481	Alpha	-0,009481
R	2,973	R	2,287	R	1,759
Vy	316,19	Vy	316,187	Vy	316,19
Uy	1,69	Uy	1,69	Uy	1,69
Weight	1158,87	Weight	1158,87	Weight	1158,87
Cm	1	Cm	1	Cm	1
Ud	5,66	Ud	4,13	Ud	3,07
Vd	1075	Vd	786	Vd	583
Ud/ Uy	3,340	Ud/ Uy	2,442	Ud/ Uy	1,812
Vd/ Vy	3,400	Vd/ Vy	2,486	Vd/ Vy	1,844

Figura 4.9.35.- Demanda/Capacidad, FEMA 440.

#### 4.9.5.- Refuerzo Estructural.

De los resultados obtenidos en las secciones anteriores de este informe, se plantea la necesidad de ejecutar un refuerzo que sea capaz de resistir la demanda sísmica y que a su vez limite la desplazabilidad, ante la misma, para así evitar la aparición de fallas frágiles en las columnas que puedan comprometer la estabilidad de la estructura.

Se propone colocar un sistema de Muros y losas de Concreto Armado en sentido longitudinal y transversal, a fin de resistir toda la demanda sísmica y generar la rigidez necesaria para limitar los desplazamientos laterales. Los muros externos tienen una longitud de 2,30 m medidos desde la cara de la columna.

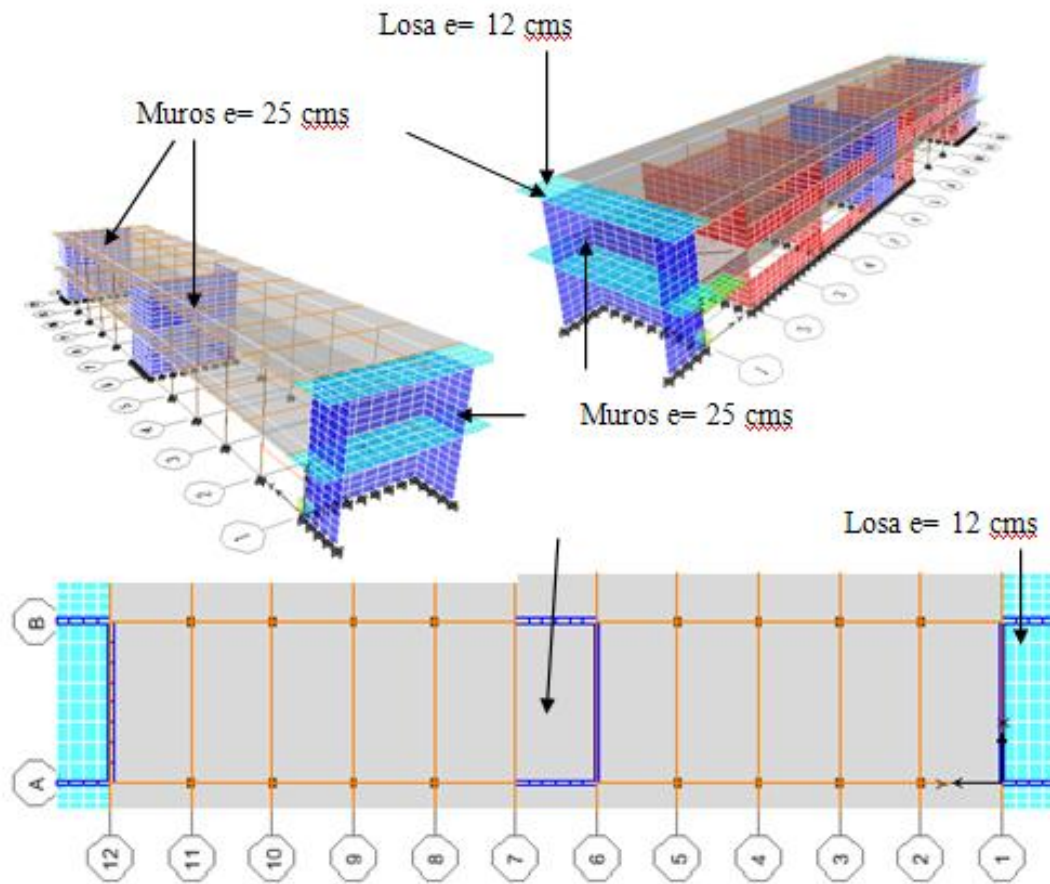


Figura 4.9.36.- Vista General de la Estructura Reforzada.

a) Modelos Estructurales

Se desarrollaron cuatro (4) modelos matemáticos para el refuerzo estructural:

Modelo 5: Estructura Reforzada con Inercia Gruesa sin Mampostería.

Código: STAC-M5-REF-IG-SM

Modelo 6: Estructura Reforzada con Inercia Agrietada sin Mampostería

Código: STAC-M6-REF-IA-SM ( $I_a=0,40I_g$  para Vigas y  $I_a=0,60I_g$  para Columnas)

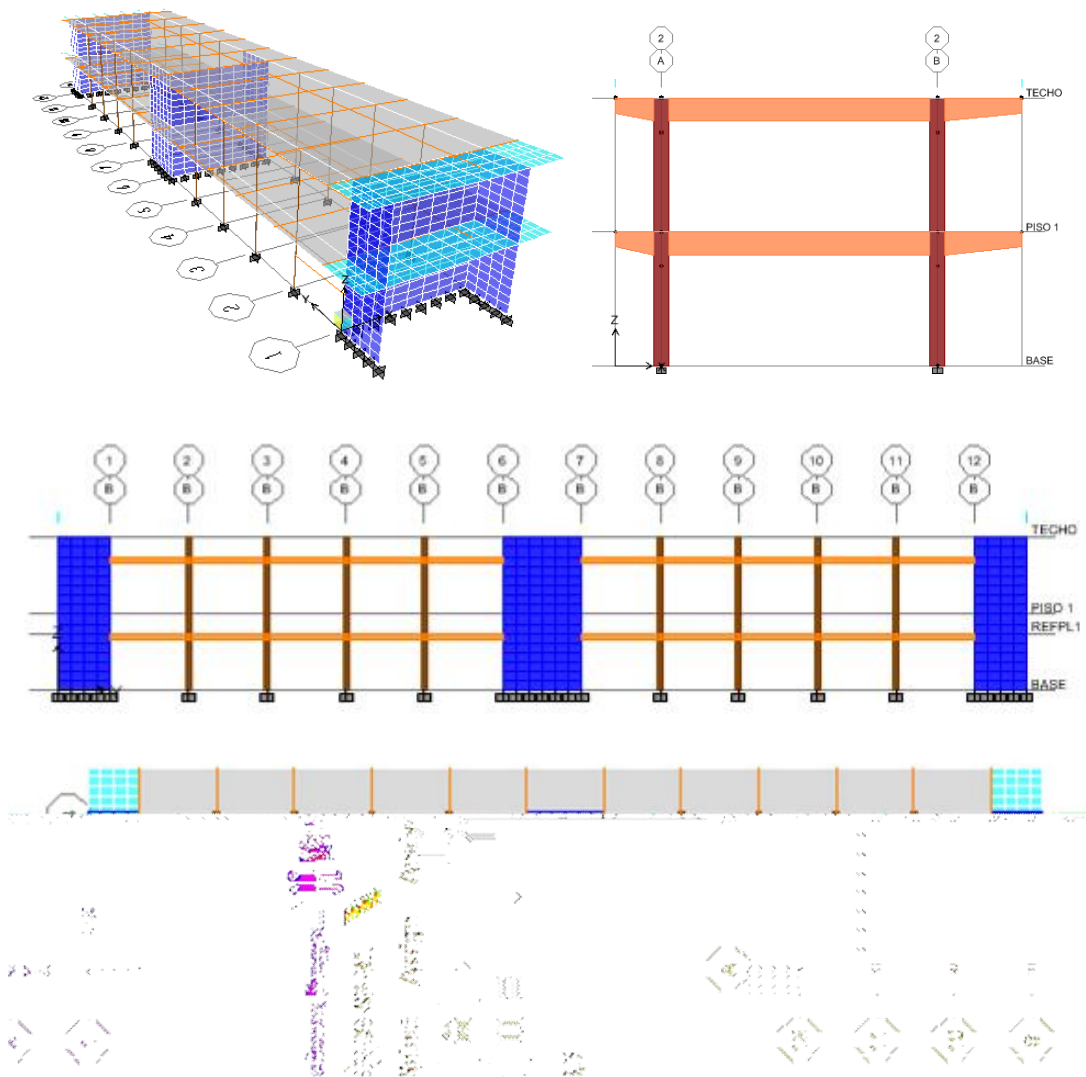


Figura 4.9.37.- Vista 3D, Pórticos y Planta de los Modelos 5 y 6.

Modelo 7: Estructura Reforzada con Inercia Gruesa y Mampostería.  
 Código: STAC-M7-REF-IG-SM

Modelo 8: Estructura Reforzada con Inercia Agrietada y Mampostería  
 Código: STAC-M8-REF-IA-SM ( $I_a=0,40I_g$  para Vigas y  $I_a=0,60I_g$  para Columnas)

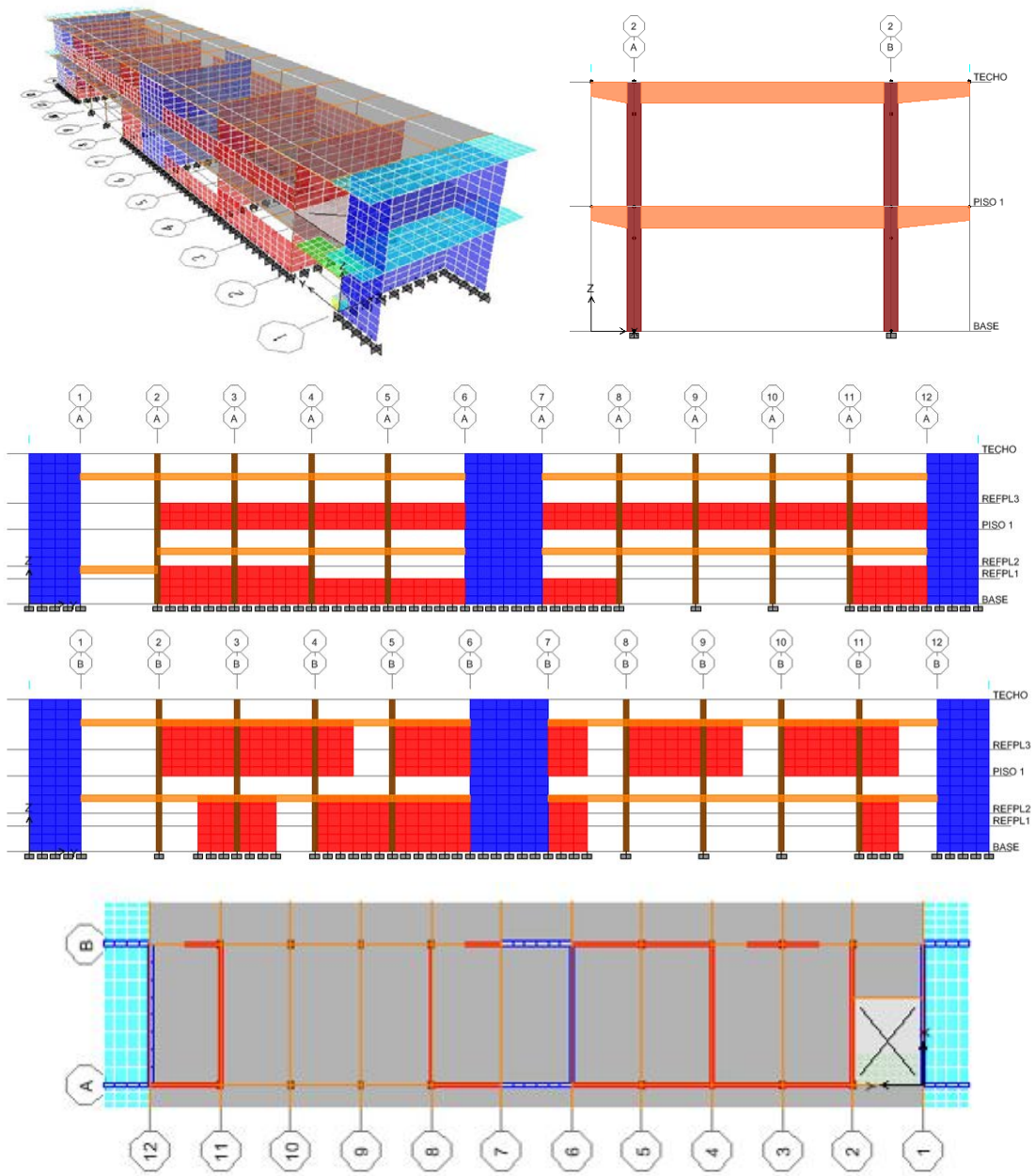


Figura 4.9.38.- Vista 3D, Pórticos y Planta de los Modelos 7 y 8.

b) Respuesta Estructural

Tabla 4.9.9.- Periodos T1, T2 y T3 de cada Modelo.

DESCRIPCION	PERIODOS (SEG)		
	T1	T2	T3
STAC-M5-REF-IG-SM	0,141	0,075	0,064
STAC-M6-REF-IA-SM	0,142	0,075	0,064
STAC-M7-REF-IG-CM	0,138	0,076	0,065
STAC-M8-REF-IA-CM	0,139	0,076	0,065

Tabla 4.9.10.- Demanda/Capacidad a Corte en Columnas (Dirección Longitudinal).

DESCRIPCION	FACTOR "R"	Vb (Ton)	Vu col (Ton)	$\Sigma \phi Vn$ (Ton)	Vu col / $\Sigma \phi Vn$ col	CONDICION
STAC-M5-REF-IG-SM	2,0	623	25	60	0,42	OK
STAC-M6-REF-IA-SM	2,0	625	26	60	0,44	OK
STAC-M7-REF-IG-CM	2,0	685	46	60	0,77	OK
STAC-M8-REF-IA-CM	2,0	687	48	60	0,81	OK

Tabla 4.9.11.- Demanda/Capacidad a Corte en Columnas (Dirección Transversal).

DESCRIPCION	FACTOR "R"	Vb (Ton)	Vu col (Ton)	$\Sigma \phi Vn$ (Ton)	Vu col / $\Sigma \phi Vn$ col	CONDICION
STAC-M5-REF-IG-SM	2	611	7	88	0,08	OK
STAC-M6-REF-IA-SM	2	612	8	88	0,09	OK
STAC-M7-REF-IG-CM	2	673	12	88	0,14	OK
STAC-M8-REF-IA-CM	2	671	10	88	0,11	OK

Tabla 4.9.12.- Revisión de Derivas (Dirección Longitudinal).

DESCRIPCION	FACTOR "R"	$\delta$ l Tope (cm)	DERIVAS x1000				CONDICION
			$\Delta e$	$\Delta l$	$\Delta m$	$\Delta l/\Delta m$	
STAC-M5-REF-IG-SM	2	0.608	0.647	1.035	6.000	0.173	OK
STAC-M6-REF-IA-SM	2	0.614	0.654	1.046	6.000	0.174	OK
STAC-M7-REF-IG-CM	2	0.579	0.606	0.970	6.000	0.162	OK
STAC-M8-REF-IA-CM	2	0.590	0.620	0.992	6.000	0.165	OK

Tabla 4.9.13.- Revisión de Derivas (Dirección Transversal).

DESCRIPCION	FACTOR "R"	$\delta$ l Tope (cm)	DERIVAS x1000				CONDICION
			$\Delta e$	$\Delta l$	$\Delta m$	$\Delta l/\Delta m$	
STAC-M5-REF-IG-SM	2	0.221	0.245	0.392	6.000	0.065	OK
STAC-M6-REF-IA-SM	2	0.226	0.246	0.394	6.000	0.066	OK
STAC-M7-REF-IG-CM	2	0.235	0.261	0.418	6.000	0.070	OK
STAC-M8-REF-IA-CM	2	0.237	0.262	0.419	6.000	0.070	OK



c) *Análisis Estático No Lineal.*

De conformidad a lo realizado en los modelos 1, 2, 3 y 4 para la estructura en su condición actual con mampostería y sin mampostería, se procedió a generar un elemento lineal equivalente para idealizar de manera simple los muros de refuerzo con el objeto de incorporar la rigidez y resistencia correspondientes. En cada uno de ellos se definió una rótula a corte de acuerdo a su capacidad y ductilidad.

Por otra parte, la mampostería se idealizó a través de Bielas Equivalentes a Compresión con la rigidez y resistencia correspondientes, tanto para paredes completas o a media altura. En las bielas equivalentes las propiedades no lineales fueron asignadas en la mitad del miembro. El ancho efectivo de estas bielas equivalentes se determinó a través de un modelo representativo donde se logró obtener la misma rigidez que la proporcionada por un elemento de área discretizado.

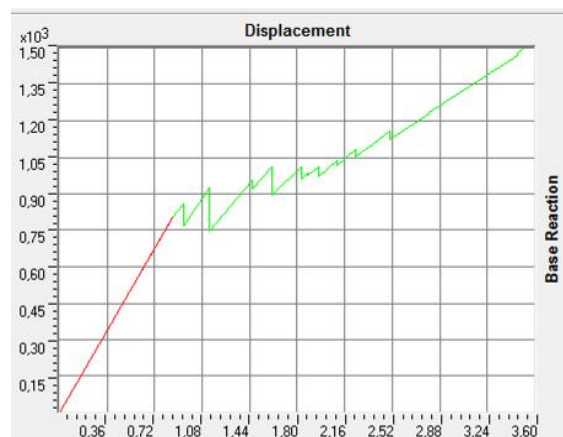
El análisis se realizó en la dirección más larga de la estructura, por ser esta la más vulnerable al presentar columnas cortas ocasionadas por la presencia de mampostería a media altura. El patrón de carga fue triangular, considerando el modo de vibración principal, y se tomó a partir de la deformada por carga lateral.

Una vez calculada la capacidad de la estructura, a través de análisis no lineal, la misma se compara con la demanda calculada con el FEMA 440.

A continuación se presentan para cada uno de los modelos las Curvas de Capacidad (cortante en la base vs. desplazamiento en el techo), patrón de rótulas plásticas, demandas de desplazamiento y corte, de conformidad al FEMA 440.

*Modelo 5 No Lineal: Estructura Reforzada con Inercia Gruesa sin Mampostería.*

*Código: STAC-NL-M5-REF-IG-SM*



**Figura 4.9.39.- Curva de Capacidad. Desplazamiento (cm) vs Corte Basal (Ton).**

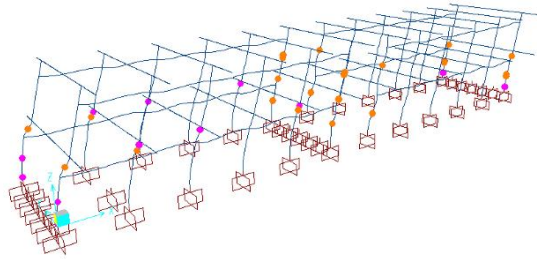


Figura 4.9.40.- Patrón de Rótulas Plásticas.

Periodo de Retorno: 1000 años			Periodo de Retorno: 500 años			Periodo de Retorno: 50 años		
Item	Value		Item	Value		Item	Value	
C0	1,195		C0	1,195		C0	1,195	
C1	0,983		C1	0,923		C1	0,876	
C2	1,000		C2	1,002		C2	1,006	
C3	1,000		C3	1,000		C3	1,000	
Sa/g	0,604		Sa/g	0,465		Sa/g	0,357	
Te	0,1833	seg	Te	0,1833	seg	Te	0,1833	seg
Ti	0,1833	seg	Ti	0,1833	seg	Ti	0,1833	seg
Ki	934,29	Ton/cm	Ki	934,29	Ton/cm	Ki	934,29	Ton/cm
Ke	934,29	Ton/cm	Ke	934,29	Ton/cm	Ke	934,29	Ton/cm
Alpha	1,00		Alpha	1,00		Alpha	1,00	
R	0,939		R	0,722		R	0,555	
Vy	802,21	Ton	Vy	802,21	Ton	Vy	802,21	Ton
Uy	0,8586	cm	Uy	0,8586	cm	Uy	0,8586	cm
Weight	1246	Ton	Weight	1246	Ton	Weight	1246	Ton
Cm	1,00		Cm	1,00		Cm	1,00	
U <sub>d</sub>	0,593	cm	U <sub>d</sub>	0,429	cm	U <sub>d</sub>	0,315	cm
V <sub>d</sub>	740	Ton	V <sub>d</sub>	536	Ton	V <sub>d</sub>	393	Ton
U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	0,690		U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	0,500		U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	0,366	
V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	0,923		V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	0,668		V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	0,490	

Figura 4.9.41.- Demanda/Capacidad, FEMA 440.

Modelo 6 No Lineal: Estructura Reforzada con Inercia Agrietada sin Mampostería.  
Código: STAC-NL-M6-REF-IA-SM

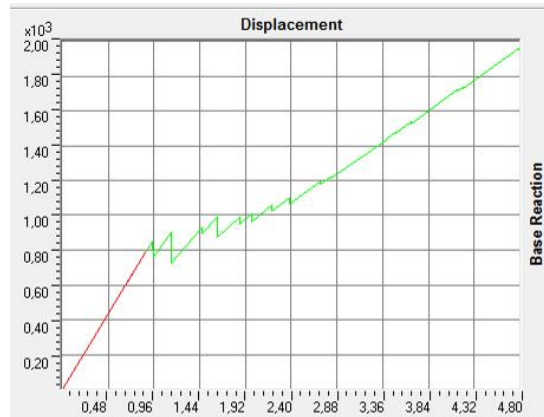


Figura 4.9.42.- Curva de Capacidad. Desplazamiento (cm) vs Corte Basal (Ton).

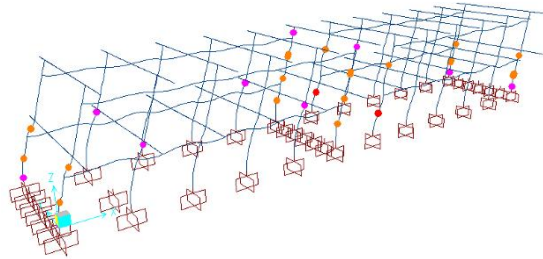


Figura 4.9.43.- Patrón de Rótulas Plásticas.

Periodo de Retorno: 1000 años		Periodo de Retorno: 500 años		Periodo de Retorno: 50 años	
Item	Value	Item	Value	Item	Value
C0	1,195	C0	1,195	C0	1,195
C1	0,983	C1	0,923	C1	0,876
C2	1,000	C2	1,002	C2	1,006
C3	1,000	C3	1,000	C3	1,000
Sa/g	0,604	Sa/g	0,465	Sa/g	0,357
Te	0,1833	Te	0,1833	Te	0,1833
Ti	0,1833	Ti	0,1833	Ti	0,1833
Ki	934,29	Ki	934,29	Ki	934,29
Ke	934,29	Ke	934,29	Ke	934,29
Alpha	1,00	Alpha	1,00	Alpha	1,00
R	0,939	R	0,722	R	0,555
Vy	802,21	Vy	802,21	Vy	802,21
Uy	0,8586	Uy	0,8586	Uy	0,8586
Weight	1246	Weight	1246	Weight	1246
Cm	1,00	Cm	1,00	Cm	1,00
U <sub>d</sub>	0,593	U <sub>d</sub>	0,429	U <sub>d</sub>	0,315
V <sub>d</sub>	740	V <sub>d</sub>	536	V <sub>d</sub>	393
U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	0,690	U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	0,500	U <sub>d</sub> /U <sub>y</sub>	0,366
V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	0,923	V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	0,668	V <sub>d</sub> /V <sub>y</sub>	0,490

Figura 4.9.44.- Demanda/Capacidad, FEMA 440.

Modelo 7 No Lineal: Estructura Reforzada con Inercia Gruesa y Mampostería.  
 Código: STAC-NL-M7-ACT-IG-CM

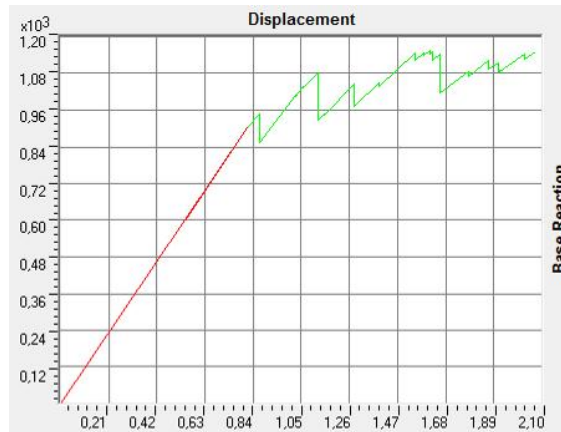


Figura 4.9.45.- Curva de Capacidad. Desplazamiento (cm) vs Corte Basal (Ton).

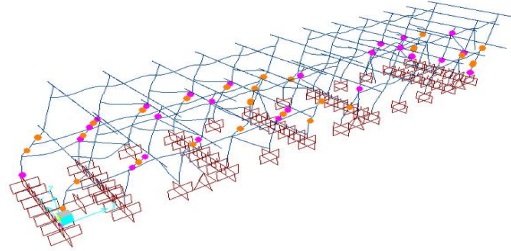


Figura 4.9.46.- Patrón de Rótulas Plásticas.

Periodo de Retorno: 1000 años		Periodo de Retorno: 500 años		Periodo de Retorno: 50 años	
Item	Value	Item	Value	Item	Value
C0	1,198	C0	1,198	C0	1,198
C1	0,975	C1	0,917	C1	0,872
C2	1,000	C2	1,003	C2	1,007
C3	1,000	C3	1,000	C3	1,000
Sa/g	0,602	Sa/g	0,463	Sa/g	0,356
Te	0,1756	Te	0,1756	Te	0,1756
Ti	0,1756	Ti	0,1756	Ti	0,1756
Ki	1104,79	Ki	1104,79	Ki	1104,79
Ke	1104,79	Ke	1104,79	Ke	1104,79
Alpha	1,00	Alpha	1,00	Alpha	1,00
R	0,910	R	0,700	R	0,538
Vy	902,21	Vy	902,21	Vy	902,21
Uy	0,8166	Uy	0,8166	Uy	0,8166
Weight	1364	Weight	1364	Weight	1364
Cm	1,00	Cm	1,00	Cm	1,00
U <sub>d</sub>	0,539	U <sub>d</sub>	0,391	U <sub>d</sub>	0,287
V <sub>d</sub>	800	V <sub>d</sub>	580	V <sub>d</sub>	426
U <sub>d</sub> / U <sub>y</sub>	0,660	U <sub>d</sub> / U <sub>y</sub>	0,478	U <sub>d</sub> / U <sub>y</sub>	0,351
V <sub>d</sub> / V <sub>y</sub>	0,887	V <sub>d</sub> / V <sub>y</sub>	0,643	V <sub>d</sub> / V <sub>y</sub>	0,472

Figura 4.9.47.- Demanda/Capacidad, FEMA 440.

Modelo 8 No Lineal: Estructura Reforzada con Inercia Agrietada y Mampostería.  
 Código: STAC-NL-M8-REF-IA-CM

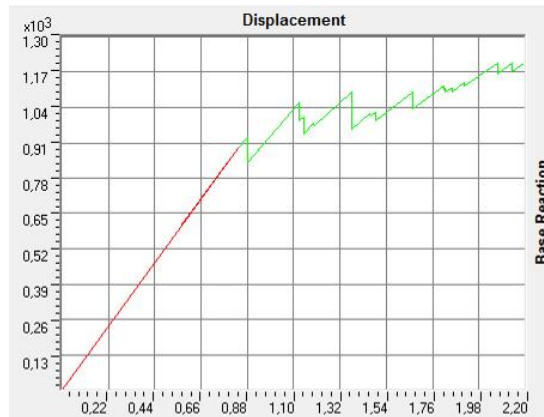


Figura 4.9.48.- Curva de Capacidad. Desplazamiento (cm) vs Corte Basal (Ton).

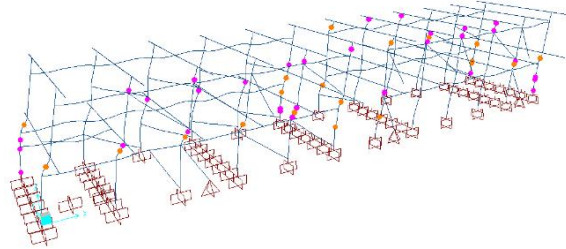


Figura 4.9.49.- Patrón de Rótulas Plásticas.

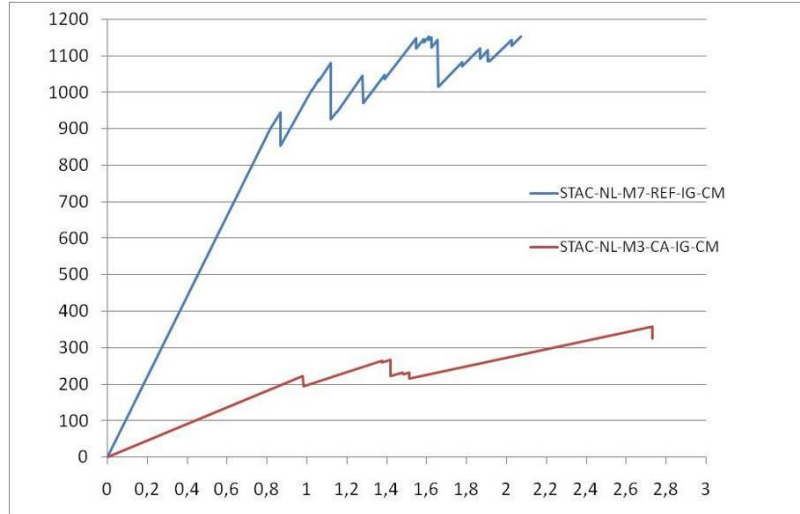
Periodo de Retorno: 1000 años			Periodo de Retorno: 500 años			Periodo de Retorno: 50 años		
Item	Value		Item	Value		Item	Value	
C0	1,201		C0	1,201		C0	1,201	
C1	0,979		C1	0,919		C1	0,874	
C2	1,000		C2	1,003		C2	1,006	
C3	1,000		C3	1,000		C3	1,000	
Sa/g	0,603		Sa/g	0,464		Sa/g	0,357	
Te	0,1783	seg	Te	0,1783	seg	Te	0,1783	seg
Ti	0,1783	seg	Ti	0,1783	seg	Ti	0,1783	seg
Ki	1068,79	Ton/cm	Ki	1068,79	Ton/cm	Ki	1068,79	Ton/cm
Ke	1068,79	Ton/cm	Ke	1068,79	Ton/cm	Ke	1068,79	Ton/cm
Alpha	1,00		Alpha	1,00		Alpha	1,00	
R	0,923		R	0,710		R	0,546	
Vy	890,49	Ton	Vy	890,49	Ton	Vy	890,49	Ton
Uy	0,8332	cm	Uy	0,8332	cm	Uy	0,8332	cm
Weight	1364	Ton	Weight	1364	Ton	Weight	1364	Ton
Cm	1,00		Cm	1,00		Cm	1,00	
U <sub>d</sub>	0,560	cm	U <sub>d</sub>	0,405	cm	U <sub>d</sub>	0,298	cm
V <sub>d</sub>	804	Ton	V <sub>d</sub>	583	Ton	V <sub>d</sub>	428	Ton
U <sub>d</sub> / U <sub>y</sub>	0,672		U <sub>d</sub> / U <sub>y</sub>	0,487		U <sub>d</sub> / U <sub>y</sub>	0,357	
V <sub>d</sub> / V <sub>y</sub>	0,903		V <sub>d</sub> / V <sub>y</sub>	0,654		V <sub>d</sub> / V <sub>y</sub>	0,480	

Figura 4.9.50.- Demanda/Capacidad, FEMA 440.

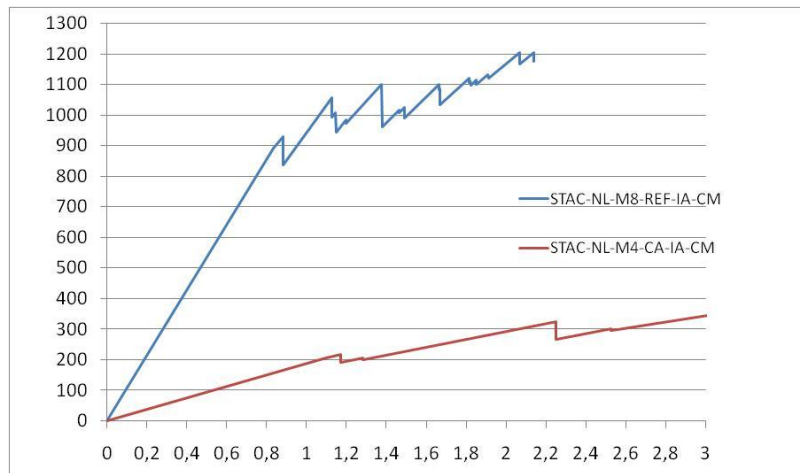
d) Gráficas de Curvas de Capacidad.

A continuación se presenta las curvas de capacidad en sentido longitudinal de la estructura modelada incluyendo la mampostería representadas por los desplazamientos en el tope (cm) y el corte basal (Ton), tanto para la estructura actual como para la estructura con el refuerzo propuesto a fin de comparar la respuesta bajo la acción de un Análisis Estático No Lineal.





**Figura 4.9.51.- Curvas de Capacidad del Modelo con Inercia Gruesa y Mampostería para la Estructura Actual y Reforzada**



**Figura 4.9.52.- Curvas de Capacidad. Modelo con Inercia Agrietada y Mampostería para la Estructura Actual y Reforzada**

e) Planos del Refuerzo Propuesto.

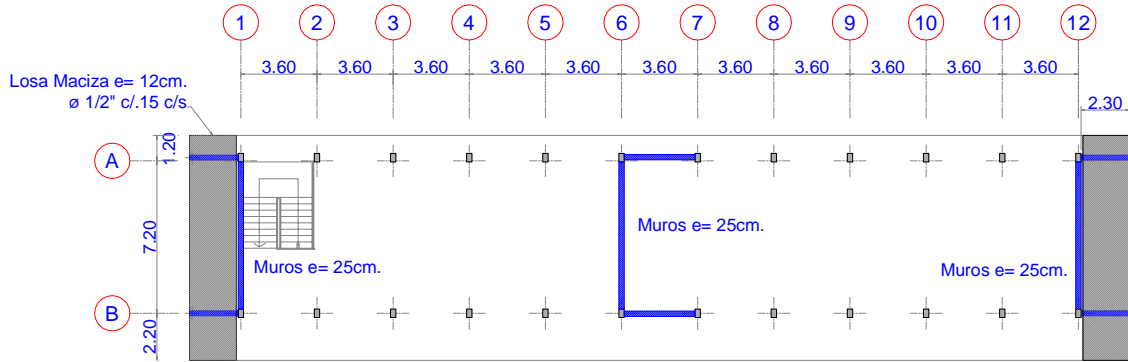


Figura 4.9.53.- Planta General del Refuerzo

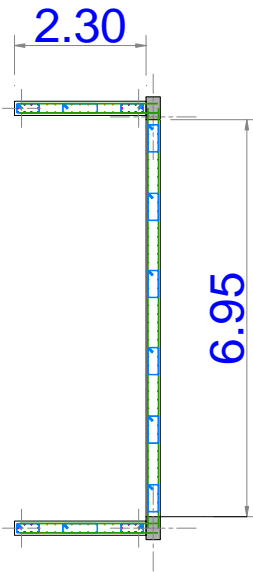


Figura 4.9.54.- Refuerzo Tipo 1  
 Muros de espesor 25 cms.

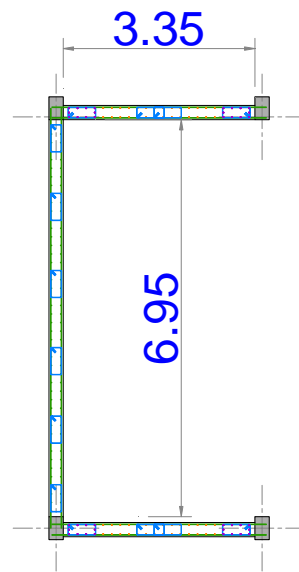


Figura 4.9.55.- Refuerzo Tipo 2  
 Muros de espesor 25 cms.

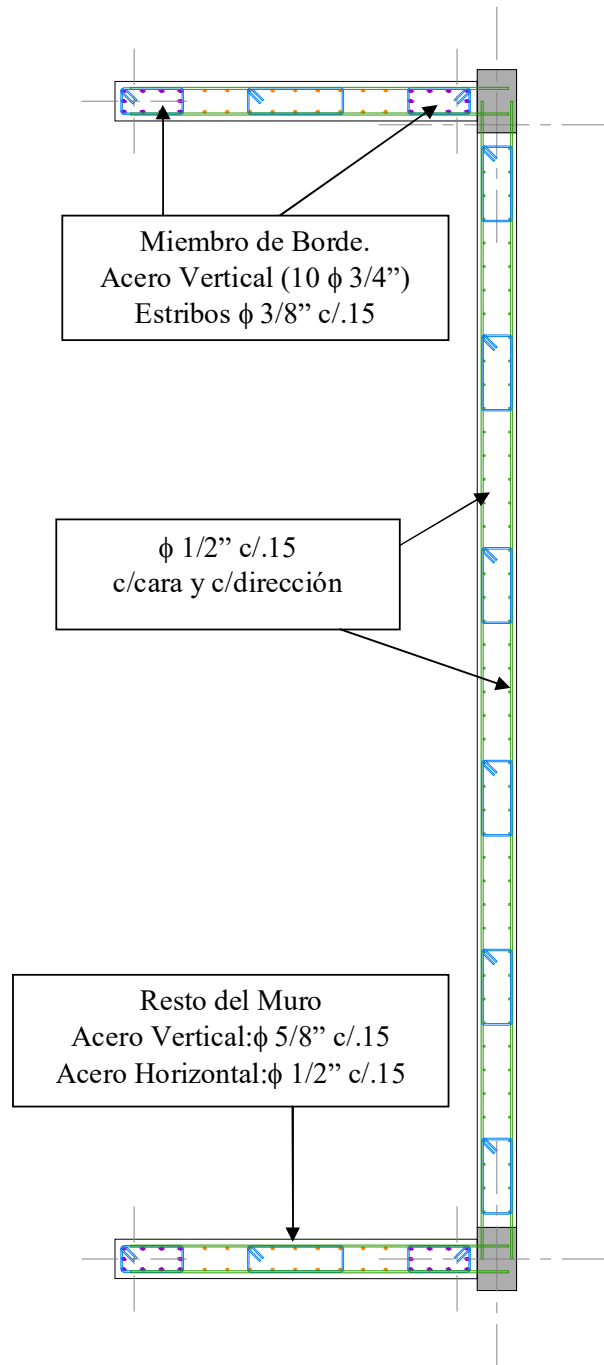
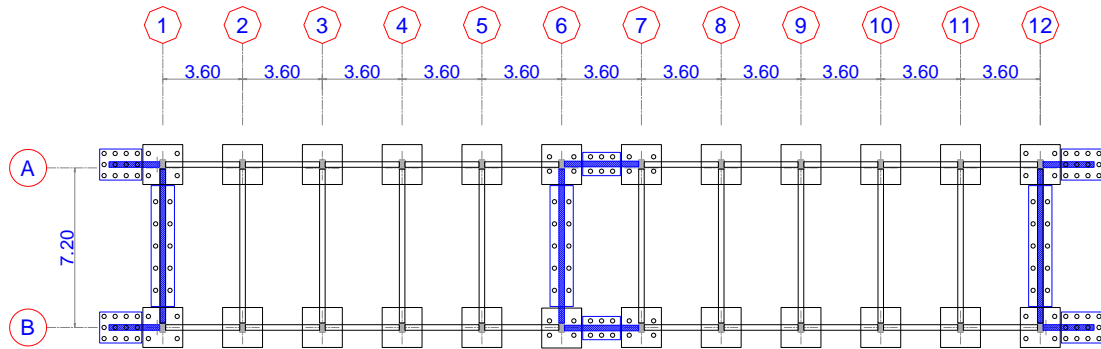
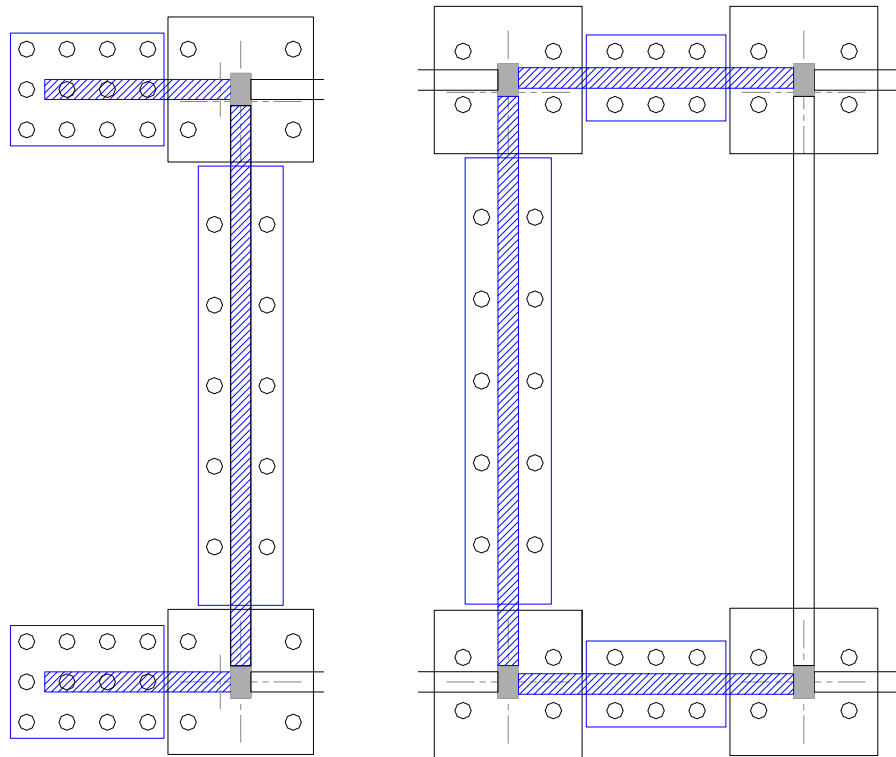


Figura 4.9.56.- Detalle del Refuerzo Tipo 1 y Tipo 2 muy similar.



**Figura 4.9.57.- Planta General. Propuesta Conceptual del Recalce de Fundaciones a través de Micropilotes.**



**Figura 4.9.58.- Detalle General. Propuesta Conceptual del Recalce de Fundaciones a través de Micropilotes.**

f) Cómputos y Costos del Refuerzo Propuesto.

A continuación se presentan los costos asociados al refuerzo estructural de muros y losas de concreto armado con su respectivo acero de refuerzo.

**Tabla 4.9.14.- Cómputos y Costos del Refuerzo Propuesto para el año 2011  
(no incluye sistema de fundaciones ni obras adicionales)**

Descripción	Unidad	Cantidad	P.U	Bs.
Suministro Transporte y Colocación de Concreto en Losas, $f_c=250$ kgf/cm <sup>2</sup> (Incluye Encofrado)	m <sup>3</sup>	12	2.270,00	27.240,00
Suministro Transporte y Colocación de Concreto en Muros, $f_c=250$ kgf/cm <sup>2</sup> (Incluye Encofrado)	m <sup>3</sup>	53	2.500,00	132.500,00
Suministro Transporte y Colocación de Acero de Refuerzo de 3/8" a 7/8"	kgf	10.900	12,00	130.800,00
			<b>Total (Bs.)</b>	<b>290.540,00</b>

4.9.6.- Conclusiones y Recomendaciones.

- La Estructura en su condición actual sin mampostería y/o con mampostería no satisface los requerimientos de resistencia ante la demanda impuesta por las cargas gravitacionales y la acción sísmica proveniente de un espectro de diseño de conformidad a la Norma COVENIN 1756-2001 (ver Tablas 4.9.5. y 4.9.6.).
- La Estructura en su condición actual, en dirección longitudinal, presenta derivas inelásticas superiores a las máximas permitidas, ante la demanda impuesta por la acción sísmica proveniente de un espectro de diseño de conformidad a la Norma COVENIN 1756-2001 (ver Tabla 4.9.7.).
- La Estructura en su condición actual, en dirección transversal con mampostería, presenta derivas inelásticas inferiores a las máximas permitidas, ante la demanda impuesta por la acción sísmica proveniente de un espectro de diseño de conformidad a la Norma COVENIN 1756-2001 (ver Tabla 4.9.8.).
- La Estructura en su condición actual, en dirección transversal sin mampostería, presenta derivas inelásticas superiores a las máximas permitidas, ante la demanda impuesta por la acción sísmica proveniente de un espectro de diseño de conformidad a la Norma COVENIN 1756-2001 (ver Tabla 4.9.8.).
- En el análisis Estático No Lineal realizado a los modelos con mampostería se presentó el efecto de Columna Corta en todas aquellas zonas con paredes a media altura, limitando la capacidad y ductilidad de la estructura (ver Figuras 4.9.31 y 4.9.34).



- La demanda de desplazamiento y corte impuesta y calculada mediante el FEMA 440 fue superior a la capacidad de la estructura en todos los modelos donde la misma se encontraba en su condición actual, con mampostería y sin mampostería (ver Figuras 4.9.26, 4.9.29, 4.9.32 y 4.9.35).
- La incorporación del refuerzo propuesto genera un aumento considerable de la capacidad de la estructura, y a su vez, proporciona la adecuada rigidez para limitar los desplazamientos laterales, logrando con ello minimizar la ocurrencia de fallas frágiles ante un evento sísmico (ver Figuras 4.9.39, 4.9.42, 4.9.45 y 4.9.48).
- La capacidad de la estructura en aquellos modelos donde se incorporó el refuerzo propuesto fue superior a la demanda impuesta y calculada con el FEMA 440 (ver Figuras 4.9.41, 4.9.44, 4.9.47 y 4.9.50).
- El desplazamiento máximo inelástico obtenido de los modelos lineales donde se incluye el refuerzo propuesto fue de 0,62 cm. Del análisis realizado a la estructura incluyendo la mampostería se obtiene que el desplazamiento máximo que puede tener la misma en su tope en dirección longitudinal debe ser inferior a 0,85 cm, a fin de que no se produzcan fallas frágiles incluyendo el efecto de columna corta. Esto evidencia que la estructura reforzada satisface los requisitos de resistencia y desplazabilidad requeridos.
- Adicional al refuerzo propuesto es recomendable, en la medida de lo posible, eliminar el efecto de columna corta separando las paredes a media altura de las columnas, y también rellenar los bloques de ventilación cercanos a las columnas, ubicados por encima de la viga de amarre longitudinal.

#### 4.10.- Evaluación Sismorresistente de la U.E.N Padre Sojo

##### 4.10.1.- Participantes

- Profesor Oscar Andrés López
- Mary Ann Olivo (Tesisista de pregrado)
- María Carolina Sucre (Tesisista de pregrado)
- Luis Fernando Espinosa (Tesisista de Postgrado)
- Denis Rodríguez (Tesisista de Postgrado)

##### 4.10.2.- Inspecciones efectuadas

En primer lugar se seleccionó la edificación escolar Tipo Módulo Base que va a ser objeto de un estudio detallado: La U. E. N. Padre Sojo la cual se encuentra ubicada en la Avenida Caroní, Calle Humboldt, Bello Monte, Caracas. Fue inspeccionada de manera preliminar el Miércoles, 16 de Agosto de 2006; en esta visita se pudo observar algunos de los elementos estructurales y no estructurales pertenecientes a la edificación. También se tomaron algunas fotografías y mediciones preliminares. Es importante señalar que la escuela se encontraba cerrada ese día debido al período vacacional reglamentario para todas las instituciones escolares del país. Ese día se visitó de manera análoga la U. E. N. Julio Bustamante, la cual comparte la entrada principal con la U. E. N. Padre Sojo. Dicha unidad educativa es independiente de la escuela en estudio, sin embargo presentan una geometría bastante similar.

La segunda visita a la U. E. N. Padre Sojo se realizó el *Miércoles, 11 de Octubre de 2006*, donde se procuró tomar la mayor cantidad de fotografías posibles, con el fin de elaborar el Informe Fotográfico de la edificación de manera ordenada y concisa. En dicha visita se inspeccionó la escuela de manera detallada, se visitaron todas las áreas del edificio, y se fotografiaron aquellas que caracterizan el Sistema Tipo Módulo Base. En esta visita se observaron las grietas que presenta la edificación, sobre todo al nivel de las juntas de construcción. Se aprovechó la ocasión para tomar fotografías de las fachadas externas de la U. E. N. Julio Bustamante.

Para llevar a cabo el levantamiento geométrico de la edificación, fue necesario realizar una tercera inspección a la U. E. N. Padre Sojo, pero esta vez se llevaron 2 cintas métricas para tomar las medidas de la geometría del edificio. En esta visita, realizada el día *Jueves, 2 de Noviembre de 2006*, se midieron todas las distancias que definen el espacio de la edificación, tal como luz libre, altura de entrepiso, altura de ventanas y puertas, entre otros. Se aprovechó la visita para tomar fotografías de las grietas de la edificación, usando como referencia la cinta métrica, lo cual indica el tamaño de estas aberturas.

Una cuarta inspección a la U. E. N. Padre Sojo, fue llevada a cabo el *Jueves, 14 de Diciembre de 2006*, donde un técnico del IMME asistió a la escuela con el objeto de aportar su ayuda en la identificación de los elementos de concreto armado del edificio, mediante el uso del detector de metales o "Ferroskan". Este instrumento, constituido por un dispositivo deslizante y una pantalla, semejante a la de un computador, fue utilizado en algunas columnas

del edificio para ubicar la posición del refuerzo transversal y longitudinal de las mismas, también fue utilizado en algunas vigas altas de la escalera y en sitios donde se presumía la existencia de vigas planas.

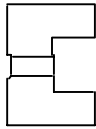
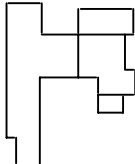
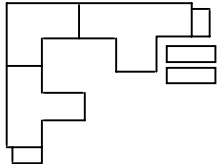
El día *Miércoles, 7 de Febrero de 2007*, se realizó la quinta visita a la U. E. N. Padre Sojo, donde se volvió a llevar el detector de metales, solo para ser usado en algunas losas y en lugares donde se presumía la existencia de vigas planas. El técnico del IMME asistió de nuevo a esta inspección.

La sexta inspección a la U. E. N. Padre Sojo fue llevada a cabo el *Sábado, 14 de Abril de 2007*, donde una vez más se llevó el detector de metales para corroborar algunas imágenes dadas por el detector de metales en las dos visitas anteriores.

El *Viernes, 20 de abril de 2007*, se llevó a cabo una visita a la edificación escolar E. B. N. Fernando Peñalver, la cual se encuentra ubicada en la Urbanización Campo Alegre, 3° avenida, Caracas. En esta inspección se tomaron algunas fotografías, con las cuales se pudiera comparar su similitud con la U. E. N. Padre Sojo (Tabla 4.10.1). También se realizaron algunas mediciones, tal como distancia entre ejes de columnas y altura de la viga alta de la escalera, con el mismo objeto de encontrar semejanzas y diferencias con la U. E. N. Padre Sojo, y determinar si se trata de un Sistema Tipo Módulo Base.

Otra escuela inspeccionada fue la E. B. N. Elías Rodríguez, la cual se encuentra ubicada en Vuelta del Casquillo, San Agustín del Sur, Caracas. Fue visitada el día *Lunes, 21 de Mayo de 2007*, con el objeto de llevar a cabo su comparación con la U. E. N. Padre Sojo (Tabla 4.10.1). En esta visita se observaron los elementos estructurales y no estructurales del plantel, los cuales se fotografiaron y algunos de ellos fueron medidos.

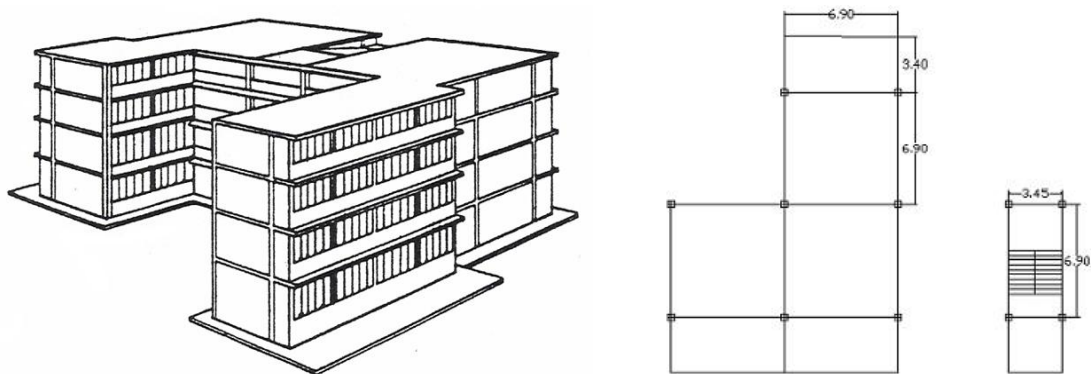
**Tabla 4.10.1.- Comparación entre planteles inspeccionados**

<b>U. E. N. PADRE SOJO</b>	<b>E. B. N. FERNANDO PEÑALVER</b>	<b>E. B. N. ELÍAS RODRÍGUEZ</b>
		
Fue construida en 1.987	Fue construida en 1.958	Fue construida en la década de 1980 a 1990
Rehabilitada por FEDE en el año 2.001	Remodelada en el año 2.006 y 2.007	Remodelada en el año 2.005
Ubicada en Bello Monte	Ubicada en Campo Alegre	Ubicada en San Agustín del Sur
Planta Baja Libre en Edificio Norte	Planta Baja Libre en Edificio Oeste en el centro de la estructura	Planta Baja Libre en Edificio Este en el centro de la estructura
<b>U. E. N. PADRE SOJO</b>	<b>E. B. N. FERNANDO PEÑALVER</b>	<b>E. B. N. ELÍAS RODRÍGUEZ</b>
Columnas de iguales dimensiones en toda la edificación 40x40, a excepción del módulo de la escalera 30x40. Mantienen su dimensión incluso en los niveles superiores	Columnas de 40x40, a excepción de la columna central de la PB libre (50x50) y una esquinera de la PB libre (45x45), ambas reducen su dimensión en los niveles superiores. Las columnas de la escalera tienen dimensiones mayores de 50x50	Columnas de iguales dimensiones en toda la edificación 45x45, a excepción del módulo de la escalera 30x40. Mantienen su dimensión incluso en los niveles superiores.
La escalera es un módulo independiente	La escalera forma parte del edificio oeste	Hay dos módulos independientes de escaleras con geometría idéntica a la U. E. N. Padre Sojo.
Hay 2 juntas, por lo tanto 3 edificios, incluyendo el módulo independiente de la escalera. No presenta estructuras anexas	Hay una sola junta, por lo tanto 2 edificios. Hay 2 estructuras anexas de un solo nivel	Hay 4 juntas, por lo tanto 5 edificios, incluyendo los módulos de las escaleras. Hay 2 estructuras anexas de un solo nivel. Todos los edificios están adosados tal como la U. E. N. Padre Sojo.
Paredes de ventilación solamente en un área del patio central en los niveles superiores, con misma altura de entrepiso en el módulo de la escalera y altura 1,10 m a los lados del mismo. Presencia de columnas cortas	Paredes de ventilación por todo el patio central en los niveles superiores con altura aprox. De 1,10 m. Presencia de columnas cortas	Rejas de ventilación en todo el patio central con misma altura de entrepiso.
Vigas planas en una sola dirección	Vigas planas en ambas direcciones	Posiblemente presencia de vigas planas
Longitudes de 6,90 m x 6,90 m y volados de 3,40 m	Longitudes de 6,70 m x 6,70 m y volados de 3,40 m	Longitudes de 6,80 m x 6,30 m y volados de 2,10 m y 2,50 m.
Presencia de volados en las fachadas Este y Oeste	Presencia de volados en las fachadas Este y Oeste	Presencia de volados en todas las fachadas
Edificios unidos. En el último nivel se observa separación en la junta.	Ambos edificios están separados aproximadamente 7 cm.	Las 2 juntas de los 3 edificios principales se visualizan en la unión de las columnas.
Paredes de bloques de arcilla frisadas	Paredes de ladrillos	Paredes frisadas
El módulo independiente de la escalera no presenta ningún tipo de variación en su geometría	En la escalera se observa del 2° al 3° nivel una variación no lineal, es probable que se haya añadido posteriormente al diseño y construcción el último nivel	Los módulos independientes de las escaleras no presentan ningún tipo de variación en su geometría
No se observan columnas falsas	Columna falsa en la escalera del 2° al 3° nivel	No se observan columnas falsas
Presencia de parasoles de concreto armado en el patio central. En alguno de ellos se observa el acero de refuerzo.		Parasoles metálicos en el patio central
Vigas altas en la escalera con altura de 30 cm.		Vigas altas en las escaleras con altura 50 cm.
Presentan el mismo número de niveles: PB, 1er piso, 2do piso y 3er piso		
Patio Central		
Ventanas y puertas con dimensiones muy similares		
Entrada a la escuela con paredes de ventilación a los lados y una reja, e igual altura de entrepiso.		
Paredes de ventilación en la escalera		

#### 4.10.3.- Descripción de las Edificaciones

##### a) Sistemas Tipo Módulo Base

Las edificaciones escolares Tipo Módulo Base son aquellas estructuras de concreto armado agrupadas entre sí de manera continua, diseñadas con una estructura modular que permite no solo adaptarse a cualquier tipo de terreno, sino realizar futuras expansiones de la edificación, por unidades, en cualquier dirección. En la Figura 4.10.1, tomada de la referencia [1], se muestra la geometría y dimensiones básicas de estas edificaciones. No ha sido posible hasta esta fecha, conseguir planos completos de estas décadas de 1980.



**Figura 4.10.1.- Esquema de un Sistema Tipo Módulo Base. A la derecha, dimensiones típicas de una agrupación L – 1 y del módulo de la escalera [1]**

Generalmente este tipo de sistema está constituido de la siguiente manera:

- Sistema aporricado de 3 ó 4 niveles estructurales, con altura de entrepiso de 3,30 m.
- Módulo Estructural con dimensiones de 6,90 m x 6,90 m
- Pasillos simples o dobles con longitud de circulación de 1,85 m.
- Volados de 3,40 m.
- Escalera con dimensiones de 3,45 m x 6,90 m.
- Fundación directa, losa de fundación o pilotes, dependiendo del tipo de suelo.
- Elementos estructurales:
  - Vigas y columnas de sección variable
  - Losas nervadas para entrepiso y cubiertas de espesor 30 cm.
- Los elementos no estructurales dependen del proyecto.
- Nodo estructural de columnas y vigas.



b) U. E. N. Padre Sojo

Esta edificación escolar es un Sistema Módulo Base constituido por pos edificios denominados L – 1 [1] en forma de “C”, la cual se presume que fue construida en el año 1.987, de acuerdo a unos planos de fundación con fecha 1.986. La escuela fue rehabilitada por FEDE en Mayo del 2.001, pero no se intervino su estructura.

Este plantel presenta 3 módulos independientes, separados entre sí mediante juntas de construcción. Dichas juntas se evidencian mediante grietas verticales, sobretodo en los niveles superiores donde se observa claramente la junta como tal (Figura 4.10.2).

La escalera es un módulo independiente con dimensiones de 3,70 m x 6,00 m. Los dos edificios contiguos al módulo de la escalera son similares entre sí; solo se diferencian en la distribución de la tabiquería, la cual varía de acuerdo al nivel y al espacio al cual fueron destinadas las distintas áreas de la escuela. Ambos edificios presentan, cada uno, tres módulos estructurales de dimensiones 6,90 m x 6,90 m y volados de 3,40 m (Figura 4.10.3). La edificación consta de 4 niveles o losas sobre el terreno (Figura 4.10.3).



**Figura 4.10.2.- Junta de construcción entre el módulo de la escalera y el edificio Sur de la U. E. N. Padre Sojo. La imagen pertenece al último nivel donde puede observarse la separación que presenta dicha junta.**



**Figura 4.10.3.- Fachada Norte de la U. E. N. Padre Sojo. Se aprecia la dimensión 6,90 m y el volado de 3,40 m. Al fondo se encuentra la U. E. N. Julio Bustamante.**

La edificación cuenta con cinco pórticos transversales denominados por las letras “A”, “B”, “C”, “D” y “E”; y ocho pórticos longitudinales denominados mediante números del “1” al “8”. Dicha escuela presenta 20 columnas en total con dimensiones de 40 cm x 40 cm, sus dimensiones se mantienen constantes en todos los niveles, a excepción de las 4 columnas del módulo de la escalera, las cuales poseen dimensiones de 30 cm x 40 cm, y de igual forma se mantienen constantes en todos los niveles. No se observan vigas, a excepción del módulo de la escalera, el cual presenta vigas altas en ambas direcciones con altura de 50 cm en la dirección longitudinal y 30 cm en la dirección transversal.

La escuela tiene su entrada principal en la fachada Sur, la cual consta de una reja y paredes de ventilación a los lados de la misma. Posee un patio interno en la fachada Este, desde el mismo pueden observarse las paredes de ventilación ubicadas en dicha fachada y los parasoles ubicados en todos los niveles (Figura 4.10.4). El módulo de la escalera es el único que presenta paredes de ventilación en la fachada Oeste (Figura 4.10.5).

El edificio “Norte” por presentar planta baja libre, posee nuevamente paredes de ventilación, pero únicamente en ese nivel. Los baños se encuentran ubicados en el edificio “Sur” junto a la escalera, el último nivel es el único que no posee baño, esa área fue destinada como salón de clase. Se observa la presencia de columnas cortas en las fachadas Norte, Sur y Este. No existe ninguna estructura anexa.



**Figura 4.10.4.- Fachada Este de la U. E. N. Padre Sojo. Fotografía tomada desde el patio interno de la escuela. Se observa la presencia de paredes de ventilación, parasoles y planta baja libre del edificio Norte**



**Figura 4.10.5.- Fachada Oeste de la U. E. N. Padre Sojo. Se observan las paredes de ventilación en el módulo de la escalera.**

*c) U. E. N. Julio Bustamante*

Esta institución escolar se encuentra ubicada en la Avenida Caroní, Calle Humboldt, Bello Monte, Caracas, junto a la U. E. N. Padre Sojo, ambas comparten el acceso a la entrada principal (Figura 4.10.6). De acuerdo a unos planos estructurales de este edificio del año 1.986, se presume que fue construido en 1.987; de hecho es posible que haya sido construido simultáneamente con la U. E. N. Padre Sojo.



**Figura 4.10.6.- Fotografía satelital donde se muestra la ubicación relativa de la U. E. N. Padre Sojo y la U. E. N. Julio Bustamante, respecto a los 4 puntos cardinales.**

Esta edificación presenta características muy similares a la U. E. N. Padre Sojo. Se diferencian en que la primera presenta un pórtico longitudinal adicional, pero con iguales

dimensiones (Figura 4.10.7). También se diferencian en que la U. E. N. Julio Bustamante se encuentra reforzada (Figura 4.10.8).



**Figura 4.10.7.-** Fachada Este de la U. E. N. Julio Bustamante. Se observa el pórtico adicional que dicha edificación presenta y el refuerzo colocado en el mismo.



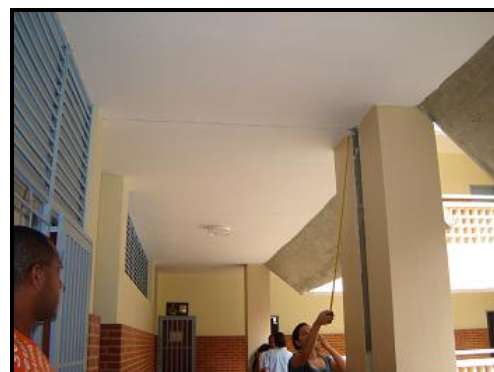
**Figura 4.10.8.-** Fachada Este de la U. E. N. Julio Bustamante. Se observa el módulo de la escalera y los refuerzos de la edificación.

*d) E. B. N. Fernando Peñalver*

Esta Unidad Educativa se encuentra ubicada en la Urbanización Campo Alegre, Municipio Chacao, en la ciudad de Caracas. De acuerdo a la directora del plantel, la escuela fue construida en 1.958, y remodelada a finales de 2.006 y principios de 2.007. La escuela cuenta con 2 edificios independientes, unidos entre sí mediante una junta de construcción (Figura 4.10.9); aparte de este par de edificios de 4 niveles, posee 2 estructuras anexas de un solo nivel en PB. Las escaleras de acceso a los niveles superiores forman parte del edificio “Oeste”. La escalera presenta una columna “falsa” del 2º al 3º piso. Es posible que el último nivel haya sido construido posteriormente al diseño original de la edificación.



**Figura 4.10.9.-** Vista general y junta de construcción entre los dos edificios con una separación de 7 cm. E. B. N. Fernando Peñalver



A diferencia de la U. E. N. Padre Sojo y la U. E. N. Julio Bustamante, estos edificios poseen vanos con diferentes longitudes, algunos son módulos de 6,70 m. x 6,70 m, otras luces miden 3,20 m y otras 7,20 m. (Figura 4.10.10); se observa la presencia de volados en las fachadas Este y Oeste con longitud de 3,40 m. Las columnas poseen dimensiones de 40 cm x



40 cm, a excepción de la columna central de la Planta Baja libre que mide 50 cm x 50 cm, una columna esquinera de la misma Planta Baja libre que mide 45 cm x 45 cm, ambas reducen sus dimensiones en los niveles superiores, y las columnas de las escaleras que miden 50 cm x 50 cm. Las escaleras presentan vigas altas con altura de 30 cm (Figura 4.10.11). Se presume la existencia de vigas planas en ambas direcciones a lo largo y ancho de toda la edificación.



**Figura 4.10.10.-** A la izquierda se encuentran las escaleras, se observa claramente las diferentes distancias entre ejes. E. B. N. Fernando Peñalver.



**Figura 4.10.11.-** Escaleras de acceso a los niveles superiores. En la imagen se puede apreciar la presencia de vigas altas en ambas direcciones. E. B. N. Fernando Peñalver.

Como se observa en la Figura 4.10.9, el plantel posee un patio interno, similar al de la U. E. N. Padre Sojo, rodeado de paredes de ventilación en toda la edificación, creando el efecto de columnas “cortas”. También se observa la presencia de parasoles en todos los niveles; es importante señalar que en alguno de ellos se aprecia el acero de refuerzo colocado en el mismo. Cabe destacar algunas similitudes con la U. E. N. Padre Sojo, en las medidas de las ventanas y puertas de acceso a los salones de clase, y a otras áreas del plantel; también es similar la entrada principal, la cual posee las mismas características, una reja de acceso y paredes de ventilación a los lados de la misma. Las paredes del plantel son de ladrillo como puede apreciarse en la Figura 4.10.11.

*e) E. B. N. Elías Rodríguez*

Fue construida en la década de los años 80, y remodelada en el año 2.005, donde no se modificó ningún elemento estructural, según una placa ubicada en la entrada del plantel. Se encuentra ubicada en San Agustín del Sur, Caracas. En base a la visita realizada se puede decir que se trata de un Módulo Base, pues cumple con la mayoría de las características que definen este tipo de edificaciones (Figura 4.10.1); además se observó su gran similitud con la U. E. N. Padre Sojo.

La escuela cuenta con 3 edificios unidos mediante 2 juntas de construcción, localizadas entre 2 columnas de 45 cm. x 45 cm. (Figura 4.10.12). Posee también 2 módulos independientes de escaleras con iguales medidas que el módulo de la escalera de la U. E. N. Padre Sojo, presentando columnas de 30 cm. x 40 cm. y vigas altas en ambas direcciones (Figura 4.10.13). Los 3 edificios que forman el conjunto del plantel poseen columnas de dimensiones 45 cm. x 45 cm., dichas dimensiones se mantienen en los niveles superiores. No

se observan vigas, por lo que puede intuirse la existencia de vigas planas. Dicha escuela posee 4 niveles, al igual que la U. E. N. Padre Sojo.



**Figura 4.10.12.- Imagen tomada desde el patio central. Se observa la junta de entre las columnas de 45 cm. x 45 cm. y las rejas de ventilación con parasoles metálicos.**



**Figura 4.10.13.- A la izquierda se observa uno de los módulos independientes de la escalera, a la derecha se observa el otro; ambos con paredes de ventilación. También se observan las estructuras anexas en la imagen derecha. E. B. N. Elías Rodríguez.**

En cuanto a las medidas entre ejes de columnas, se observó que tanto el edificio Este, como el edificio Sur, presentan cada uno de ellos 4 módulos estructurales de 6,80 m. x 6,30 m. y volados de 2,10 m. y 2,50 m. (Figura 4.10.14). En cuanto al edificio Central, posee 3 módulos estructurales y volados de iguales dimensiones. Es importante destacar que este plantel, a diferencia de la U. E. N. Padre Sojo, posee 2 estructuras anexas de un solo nivel, cada una independiente del resto de la edificación (Figura 4.10.13).

Las características generales del plantel son muy similares a la U. E. N. Padre Sojo: planta baja libre en el edificio Este (Figura 4.10.14); patio central con presencia de parasoles metálicos. Una diferencia es que en lugar de paredes de ventilación, hay rejas a lo largo y ancho de dicho patio (Figura 4.10.12).

Las paredes del resto de la edificación son frisadas; la entrada principal de la escuela presenta una reja central y paredes de ventilación a los lados de la misma; las ventanas y puertas poseen dimensiones similares a la U. E. N. Padre Sojo; los 2 módulos independientes de las escaleras cuentan con paredes de ventilación (Figura 4.10.13); a nivel de las juntas no se aprecia evidencia de movimiento entre los cuerpos.





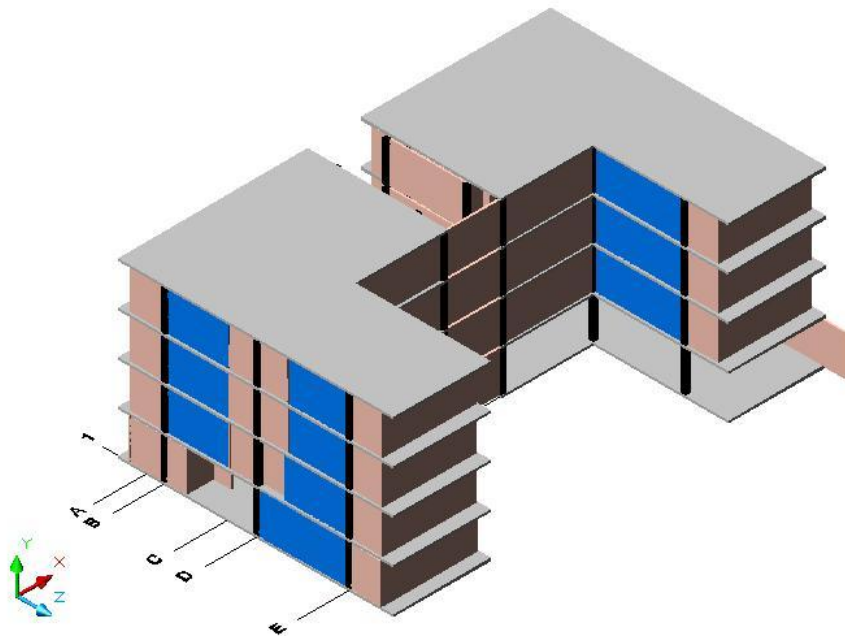
**Figura 4.10.14.- Imagen tomada desde el patio central hacia el edificio Este del E. B. N. Elías Rodríguez**

#### 4.10.4.- Evaluación Sismorresistente de la U. E. N. Padre Sojo

##### *a) Información recopilada*

Se encontraron cuatro planos arquitectónicos de cada uno de los 4 niveles del plantel, los cuales fueron proporcionados por la directora de la unidad educativa; los planos contienen las plantas de la U. E. N. Padre Sojo y de la U. E. N. Julio Bustamante. Dichos planos fueron comparados con los planos elaborados en esta investigación de acuerdo a las mediciones realizadas de la edificación. Dichas mediciones fueron tomadas en las visitas realizadas al plantel, donde se tuvo en cuenta la mayor precisión posible en las distancias entre ejes de columnas, dimensiones de columnas, alturas de entrepiso, entre otros. Todas las longitudes coincidieron con los planos proporcionados. Es importante señalar que también se encontró el plano de Fundaciones del plantel (Plano 4.10.44), así como también algunos planos estructurales de la U. E. N. Julio Bustamante.

Con base a estas mediciones también se elaboró el resto de los planos arquitectónicos de la edificación, tal como los planos de fachadas, pórticos, tabiquería y corte transversal de la escalera. También se construyó la imagen en 3D de dicho plantel. (Plano 4.10.15). En general, las edificaciones Tipo Módulo Base son sistemas aporticados de concreto armado de 3 ó 4 niveles estructurales, con altura de entrepiso de 3,30 m. Este tipo de estructuras, agrupadas entre sí de manera continua, están diseñadas con una estructura modular de dimensiones 6,90 m. x 6,90 m. y volados de 3,40 m. (Figura 4.10.1). Por lo general, el módulo de la escalera presenta dimensiones de 3,45 m x 6,90 m. Se puede decir que son edificios independientes, unidos entre sí mediante un sistema de juntas. La U. E. N. Padre Sojo presenta 4 niveles estructurales con altura de entrepiso libre de 2,90 m (Ver planos en Figuras 4.10.29 a 4.10.44). Los módulos estructurales y los volados presentan las típicas dimensiones de un sistema Tipo Módulo Base; sin embargo, las dimensiones del Módulo de la escalera son de 3,70 m. x 6 m, en lugar de 3,45 m. x 6,90 m.



**Figura 4.10.15.- Imagen 3D de la U. E. N. Padre Sojo.**



**Figura 4.10.16.- Imagen de la Fachada Norte, donde se aprecian los 4 niveles estructurales con dimensiones de 6,90 m. y el volado de 3,40 m. U. E. N. Padre Sojo.**

Se puede decir que son 3 edificios independientes, unidos entre sí mediante 2 juntas de construcción: dos de ellos tienen forma de “L”, y son similares, a excepción de la distribución de la tabiquería, la cual varía sobretodo en la planta baja, que en el caso del edificio Norte dicha planta no posee paredes, a diferencia del edificio Sur, el cual sí presenta tabiquería usada para distribuir las oficinas administrativas del plantel; dichos edificios presentan 3 módulos estructurales con volados de 3,40 m. cada uno, ambos son usados como edificios de aulas. El edificio Sur también es usado como oficinas administrativas en la planta baja y en una pequeña área del 1er piso. En cuanto al edificio Central se trata del módulo independiente de la escalera.



**Figura 4.10.17.- Imagen tomada desde el patio central hacia el edificio Norte de la U. E. N. Padre Sojo. Se observa la planta baja libre.**

Los 2 edificios principales, o edificios de aulas, presentan cada uno de ellos 3 pórticos longitudinales (identificados del 1 al 3, y el otro del 6 al 8) y 3 pórticos transversales (identificados de la B a la E), cada pórtico separado a 6,90 m. del siguiente. El edificio de la escalera presenta 2 pórticos longitudinales (identificados como 4 y 5) y 2 pórticos transversales (identificados como A y C) con un “volado” de 2,30 m.

La estructura de los Módulos 1 y 3 no está tipificada en la Norma 1756-01. Está constituida por ocho columnas, sin vigas, y sus pisos están formados por una losa reticular, de nervios rectangulares en ambos sentidos y capiteles planos en cada una de las columnas. La altura de los nervios es de 30 cm y el ancho de los mismos es variable, 10,5, 9,50 y 8,25 cm. En la planta hay tres ejes de resistencia en cada dirección, tres paños entre ejes de dimensión 6,90 m x 6,90 m y tres paños en volado de dimensión 6,90 m x 3,45 m. Las columnas de los Módulos 1 y 3 son todas de sección 40x40 cm<sup>2</sup> a excepción de la columna del nivel 1, del eje C5 cuya sección es 40x50 cm<sup>2</sup>. Se analizará el Módulo 3, que aun cuando tiene igual estructura que el Módulo 1, se diferencia en la disposición de la mampostería. La mampostería está conformada por paredes de bloques de ventilación y paredes de ladrillo macizo de espesor 20 cm. Las primeras no se considerarán en el análisis de rigidez a las cargas laterales mientras que sí se tomarán en cuenta las paredes de ladrillo que se encuentran confinadas entre columnas. La estructura del Módulo 2 se puede considerar como aporticada tipo I. El espesor de los pisos y las losas de escaleras es de 20 cm. Las columnas del Módulo 2 son de sección 30x40 cm<sup>2</sup> y sus vigas son de sección 30x40 cm<sup>2</sup> y 30x50 cm<sup>2</sup>. De acuerdo al plano consultado las fundaciones son profundas, constituidas por pilotes circulares, rotados y vaciados in situ. Los pilotes en su parte superior se empotran a cabezales que son arriostrados por vigas. La losa de piso es maciza de espesor 15 cm, reforzada con cabillas colocadas en ambas direcciones.

En esta parte del proceso de revisión estructural, se consideró lo siguiente: la calidad de los materiales, la regularidad de la estructura, el tipo estructural, la clasificación normativa del sistema resistente a cargas laterales, el sistema de piso y su influencia en la rigidez de la estructura, la disposición de los miembros que no forman parte del sistema resistente, como la mampostería y su influencia en el comportamiento global de la estructura, y las características de las fundaciones. Las características de los materiales son:  $F'c=250 \text{ kgf/cm}^2$  y  $F_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ . El sistema estructural se consideró como un sistema intermedio entre el tipo I (pórtico) y el tipo IV (sistema de losas sin vigas) para efectos de seleccionar el factor de reducción de respuesta (COVENIN 2001). El estado de la edificación es satisfactorio, no presenta deterioro aparente y está prestando servicio normal.

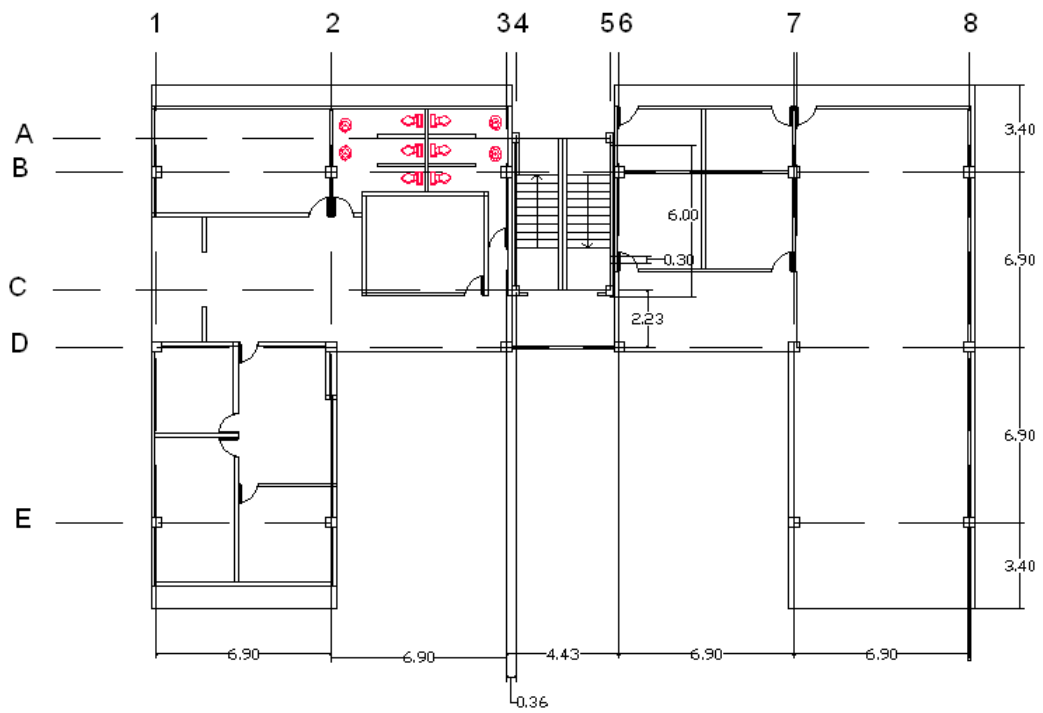


Figura 4.10.18.- Nivel Planta Baja de la U. E. N. Padre Sojo

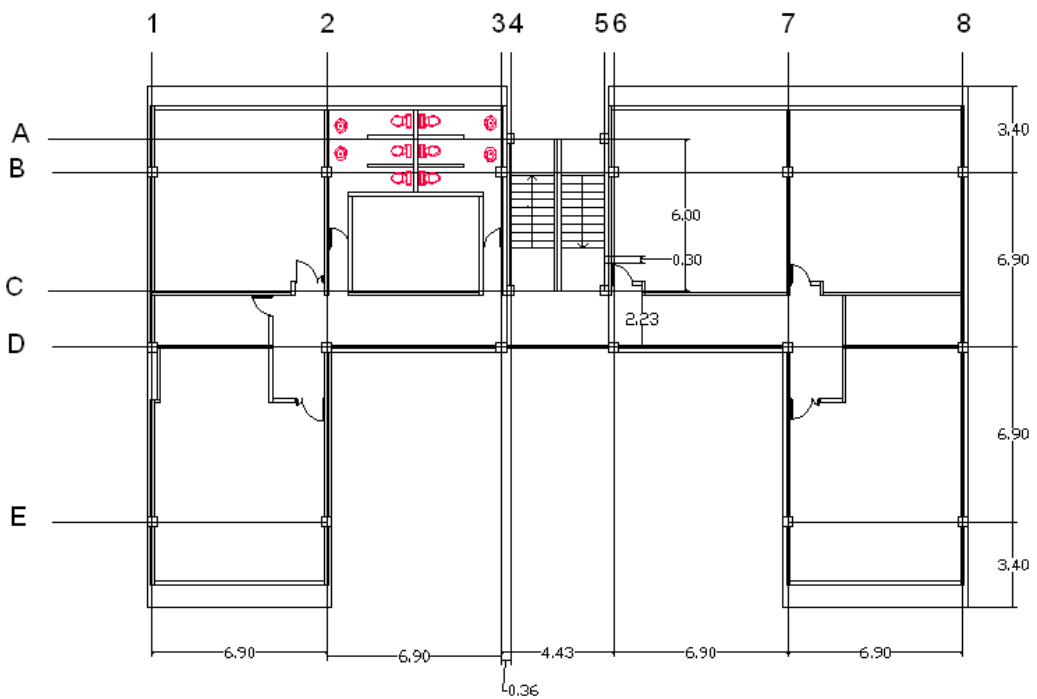


Figura 4.10.19.- Nivel 1 de la U. E. N. Padre Sojo

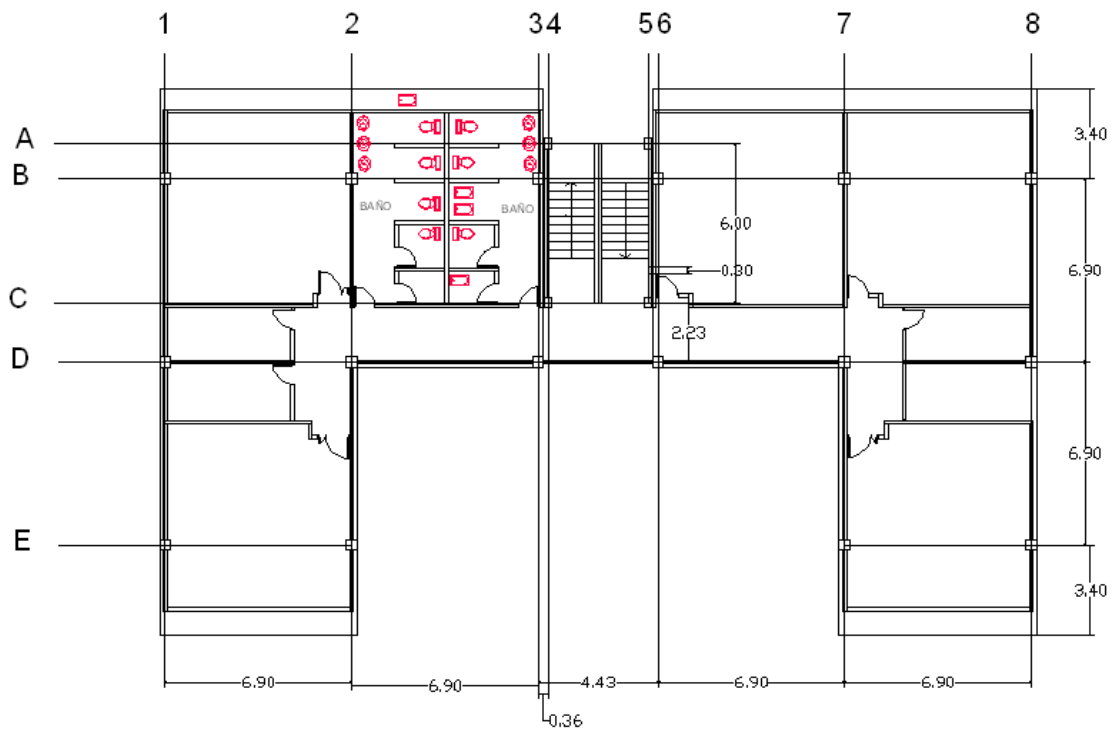


Figura 4.10.20.- Nivel 2 de la U. E. N. Padre Sojo

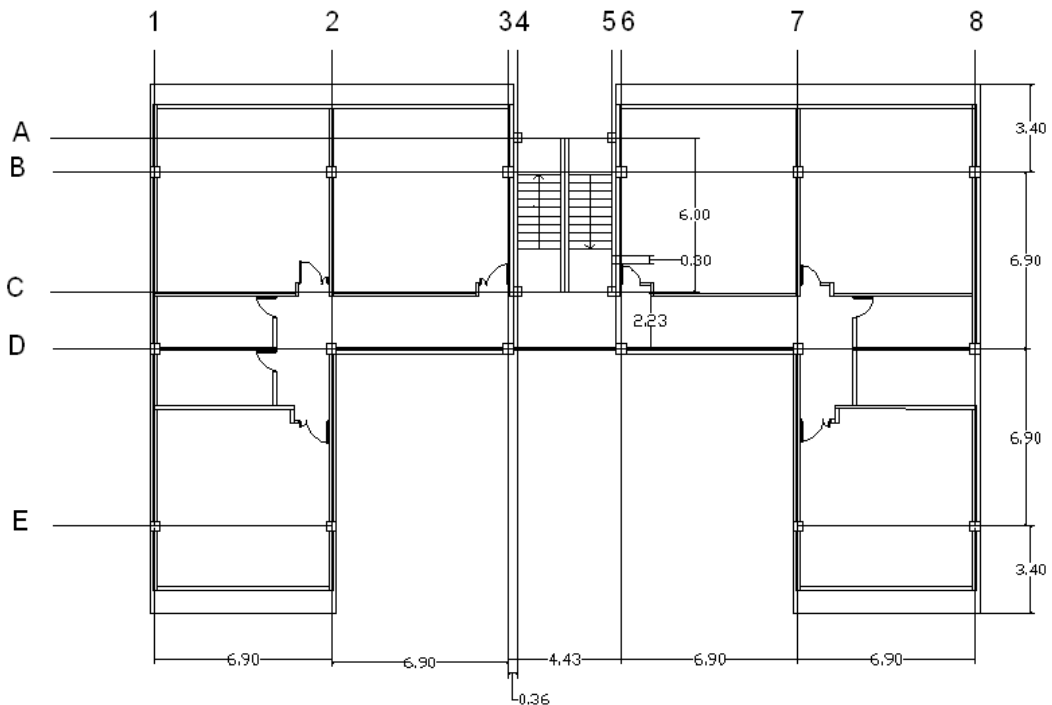


Figura 4.10.21.- Nivel 3 de la U. E. N. Padre Sojo





**Figura 4.10.22.- Edificio Central o módulo independiente de la escalera. A los lados del mismo se ubican las dos juntas de construcción, mediante las cuales se conectan los dos edificios contiguos: edificio Norte y edificio Sur, U. E. N. Padre Sojo.**

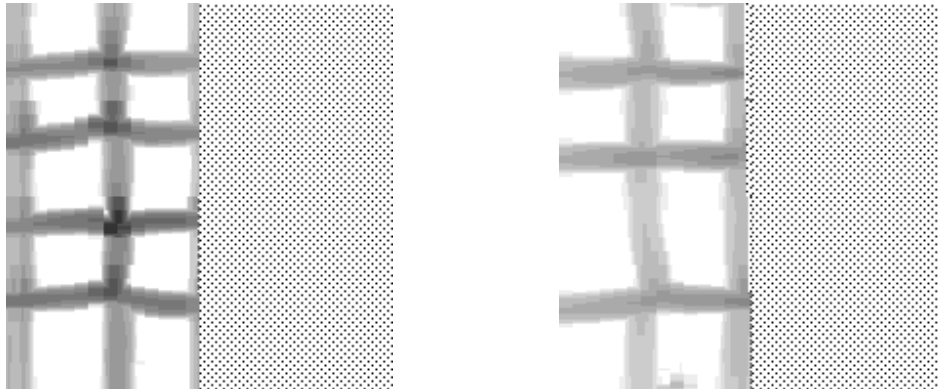


**Figura 4.10.23.- Imagen tomada desde el Módulo de la escalera hacia el edificio Sur, donde se aprecian las vigas altas en ambas direcciones y la columna C4.**

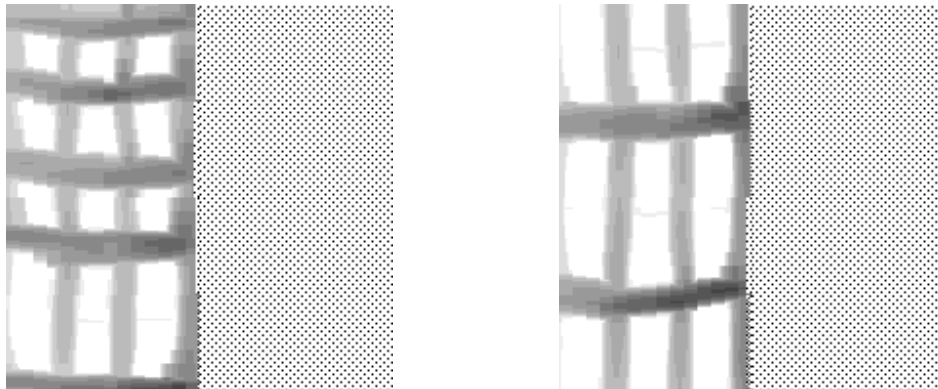
La edificación es de concreto armado, posee 16 columnas de 40 cm. x 40 cm., ubicadas en los edificios de aulas, y 4 columnas en el edificio de la escalera con dimensiones de 30 cm. x 40 cm. Todas las columnas mantienen sus respectivas dimensiones en todos los niveles superiores. El edificio central o edificio de la escalera es el único que presenta vigas altas en ambas direcciones con altura y ancho de 30 cm. en la dirección transversal, y altura de viga de 50 cm. en la dirección longitudinal. (Figura 4.10.18).

En cuanto a los 2 edificios contiguos, se realizó un estudio exhaustivo de su armado, sin embargo los resultados no fueron los más favorables, debido a la poca precisión que posee el detector de metales, por lo que se recurrió al análisis de algunos planos estructurales que se encontraron de la U. E. N. Julio Bustamante, recordando que la misma fue construida de manera similar y en fechas similares, por lo que se asume la similitud que ambas tienen. En dichos planos se observó la dirección del armado de las losas, las cuales corresponden a losas reticulares o armadas en dos direcciones apoyadas directamente sobre las columnas, las cuales poseen un macizado a su alrededor, debido a la ausencia de vigas en la edificación. Los anchos de los nervios son de 75 cm. x 75 cm; y los anchos de los macizados son de 20 cm. x 20 cm. Se presume que dichos planos estructurales coinciden con los de la U. E. N. Padre Sojo.

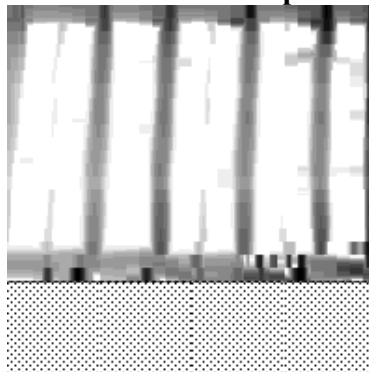
Las columnas, en su mayoría poseen 3 cabillas longitudinales en una de sus caras, con separación de 10 cm. a 15 cm (Figura 4.10.24); a excepción de las 4 columnas unidas al módulo de la escalera, las cuales poseen 4 cabillas longitudinales separadas a 10 cm. (Figura 4.10.20) En cuanto al refuerzo transversal puede decirse, que cerca a los nodos, la separación es de 12 cm. y en el medio de la columna la separación cambia a 25 cm. Las columnas de la escalera presentan 3 barras longitudinales en la dimensión más corta de 30 cm. y 4 barras en la otra dimensión de 40 cm. La separación de las ligaduras es igual para todas las columnas del plantel. En cuanto a las vigas altas de la escalera, puede decirse que poseen 2 barras longitudinales con una separación de 40 cm. y estribos separados a 12 cm.



**Figura 4.10.24.- A la izquierda imagen del detector de metales sobre la columna D1 en la fachada sur, cerca del nodo. A la derecha, la misma columna pero en el medio, donde puede apreciarse el cambio de separación de las ligaduras.**



**Figura 4.10.25.- A la izquierda imagen del detector de metales sobre la columna D3 en la cara Oeste, cerca del nodo. A la derecha, la misma columna pero en el medio, donde puede apreciarse el cambio de separación de las ligaduras.**



**Figura 4.10.26.- Imagen del detector de metales sobre la viga alta del módulo de la escalera 4 (A – C), cerca del nodo en la cara Norte.**

Es importante señalar que el material con el cual fueron construidas las paredes es bloques de arcilla, frisadas por ambas caras. Los bloques de arcilla pudieron observarse en una de las visitas realizadas al plantel, donde se encuentra evidente la presencia de este material en la entrada principal de la edificación, debido a la pérdida de friso en una de las paredes.

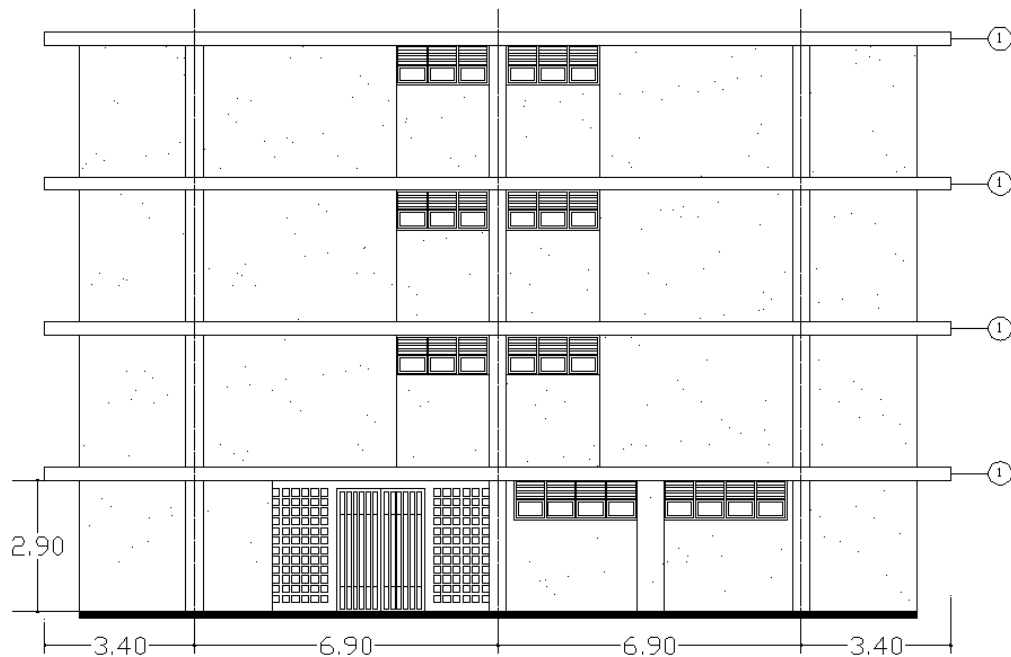
(Figura 4.10.27) También es evidente que la estructura es de concreto armado, debido al refuerzo expuesto en algunas paredes de ventilación y parasoles del patio central. (Figura 4.10.28).



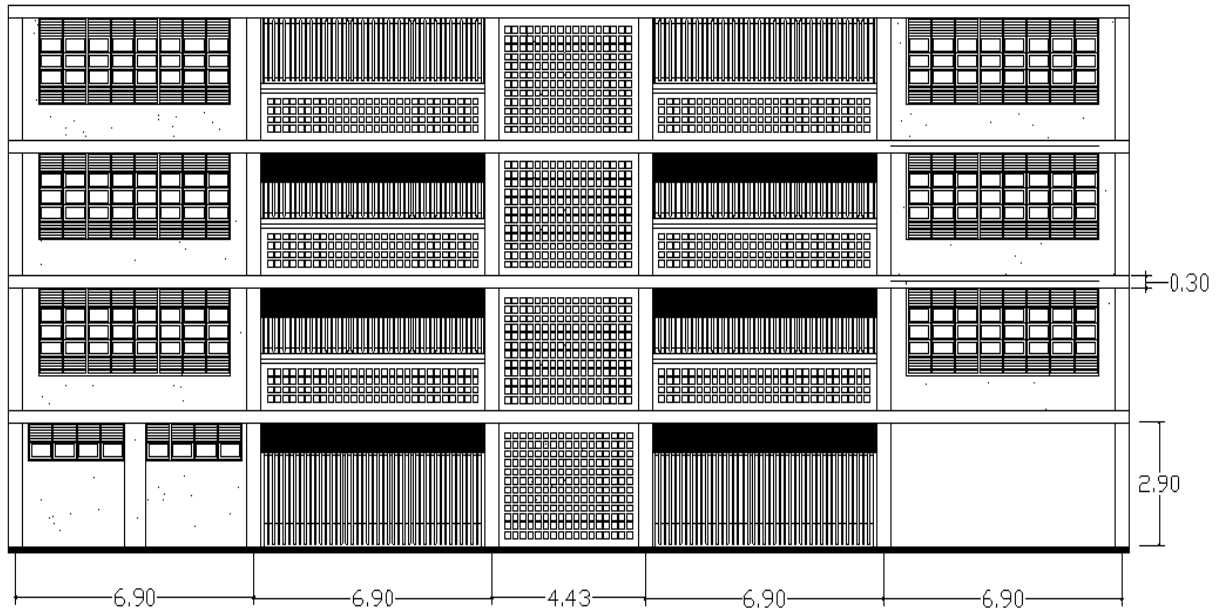
**Figura 4.10.27.-** Tabiquería constituida por bloques de arcilla. Imagen tomada en la fachada Sur, entrada principal de la U. E. N. Padre Sojo.



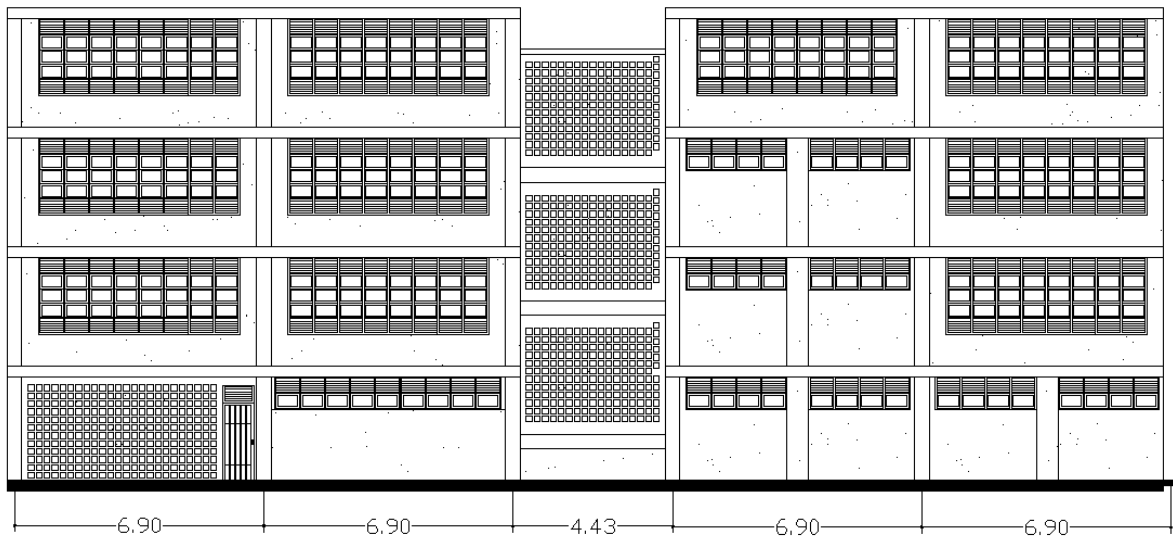
**Figura 4.10.28.-** Pared de ventilación del 3° piso, donde se pone en evidencia el refuerzo.



**Figura 4.10.29.-** Fachada Sur y entrada principal de la U. E. N. Padre Sojo



**Figura 4.10.30.- Fachada Este de la U. E. N. Padre Sojo. Vista desde el patio central del plantel.**



**Figura 4.10.31.- Fachada Oeste de la U. E. N. Padre Sojo. En el medio del plano se observa el módulo de la escalera.**

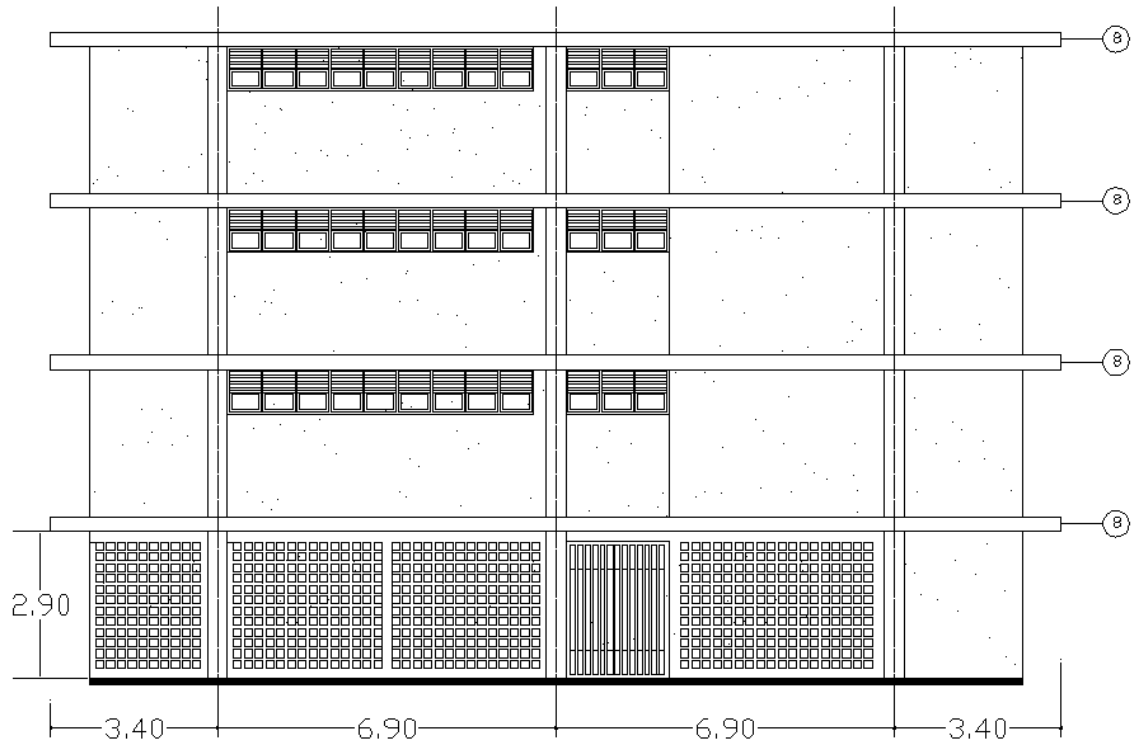


Figura 4.10.32.- Fachada Norte de la U. E. N. Padre Sojo

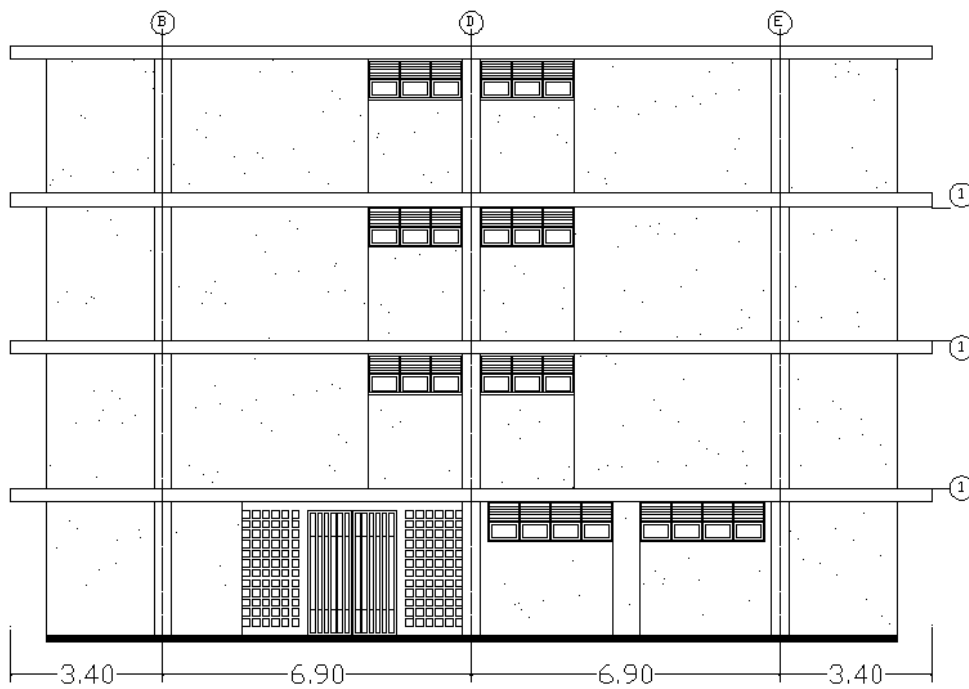
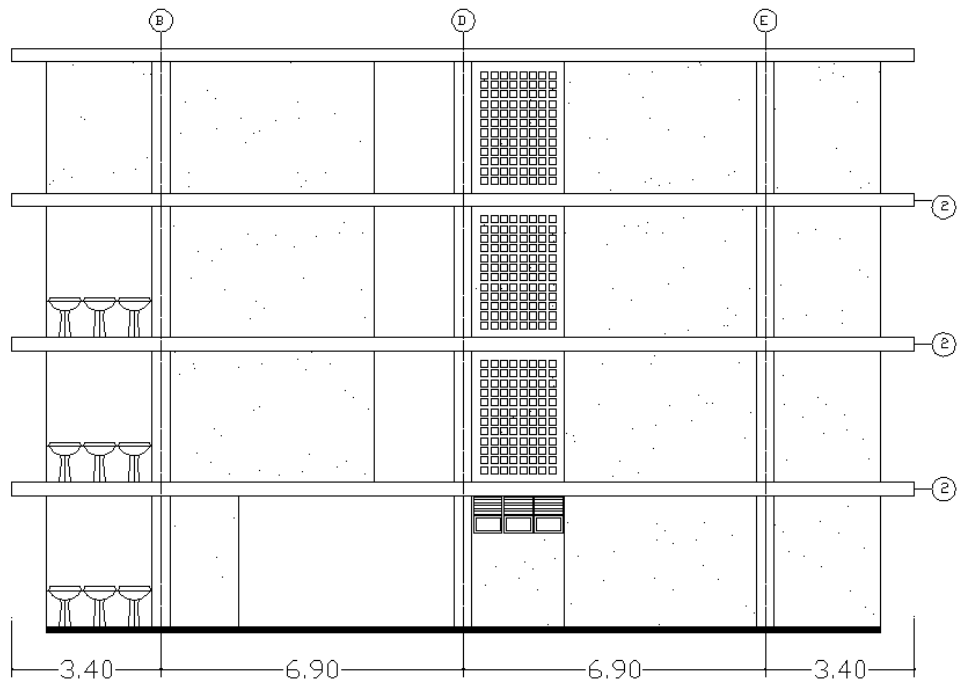
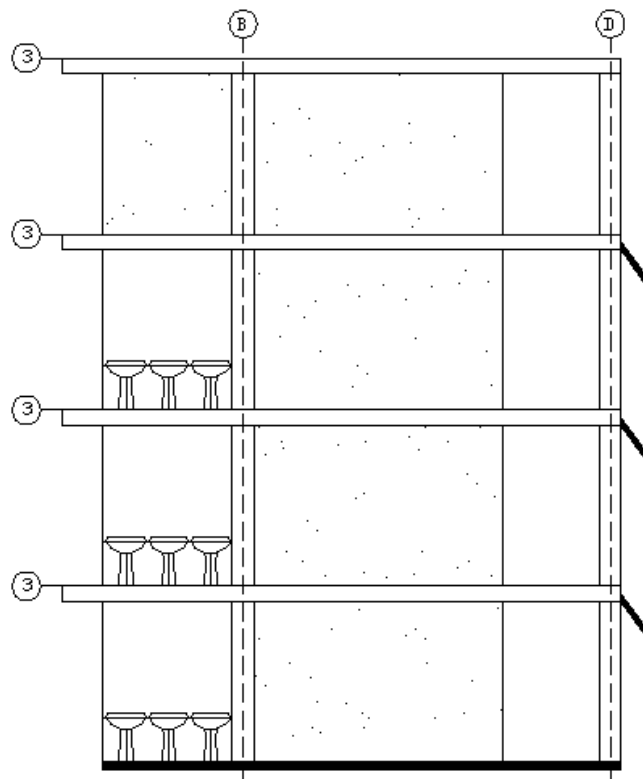


Figura 4.10.33.- Pórtico longitudinal 1 de la U. E. N. Padre Sojo

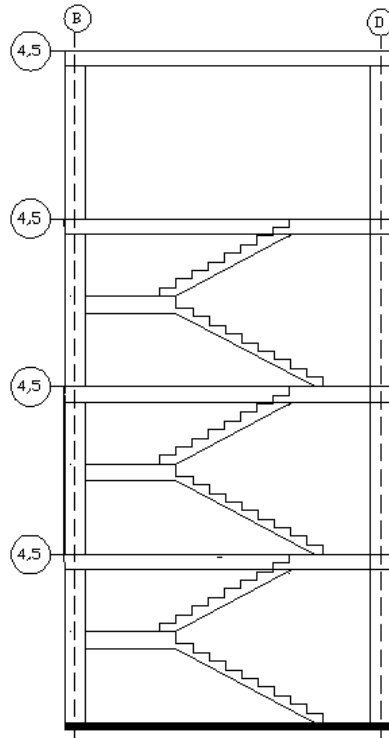




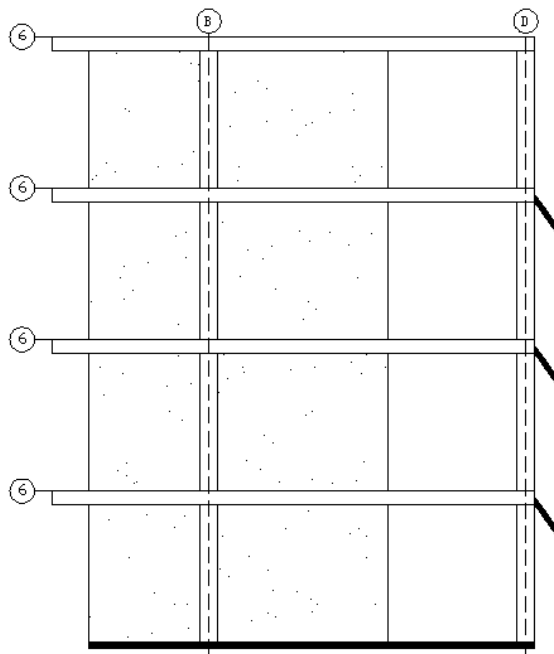
**Figura 4.10.34.- Pórtico longitudinal 2 de la U. E. N. Padre Sojo**



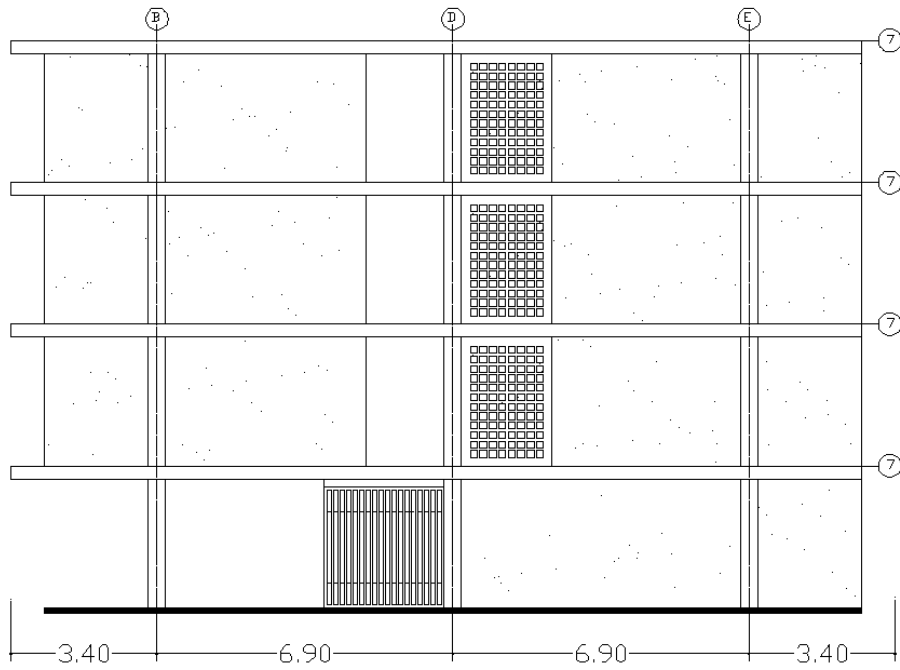
**Figura 4.10.35.- Pórtico longitudinal 3 de la U. E. N. Padre Sojo**



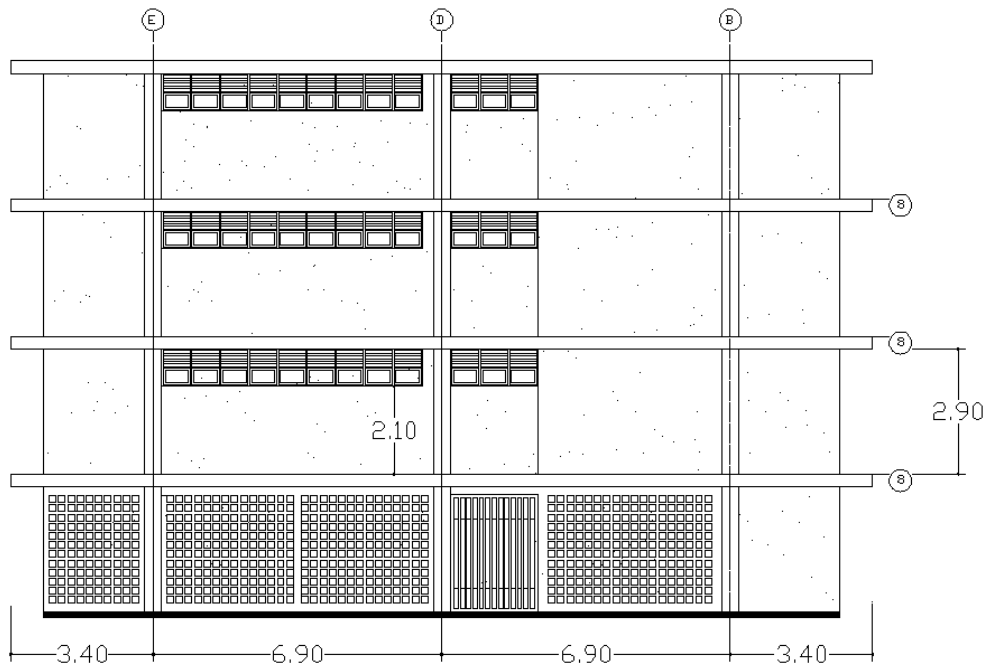
**Figura 4.10.36.- Pórticos longitudinales 4 y 5 de la U. E. N. Padre Sojo**



**Figura 4.10.37.- Pórtico longitudinal 6 de la U. E. N. Padre Sojo**



**Figura 4.10.38.- Pórtico longitudinal 7 de la U. E. N. Padre Sojo**



**Figura 4.10.39.- Pórtico longitudinal 8 de la U. E. N. Padre Sojo**

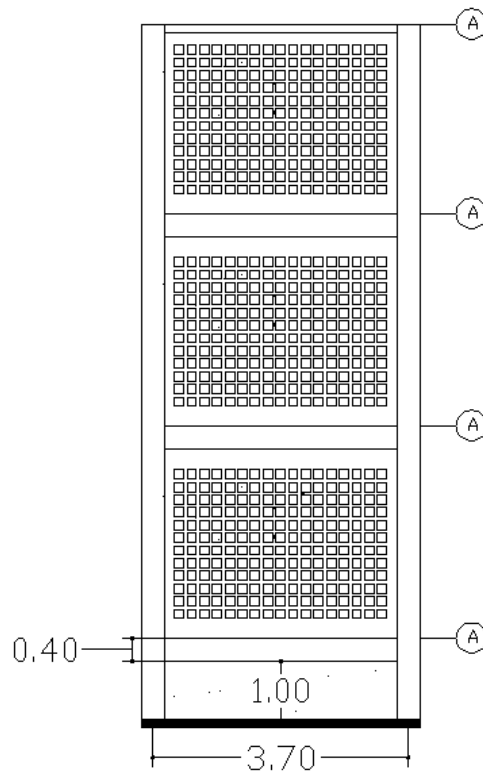


Figura 4.10.40.- Pórtico transversal A y C de la U. E. N. Padre Sojo

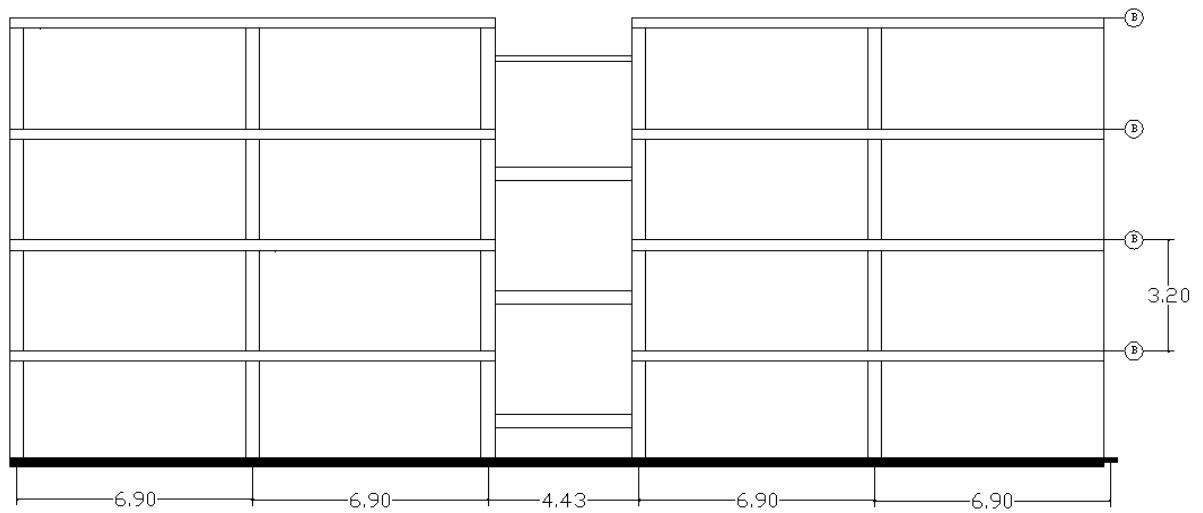
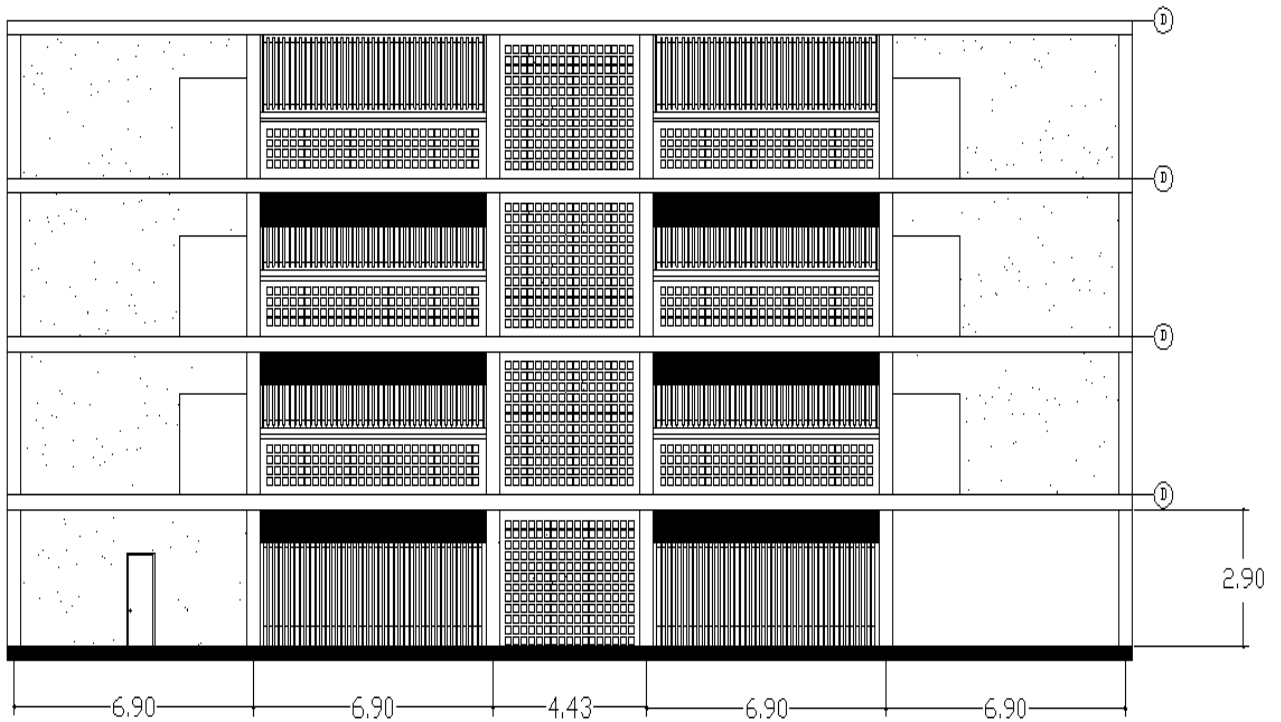
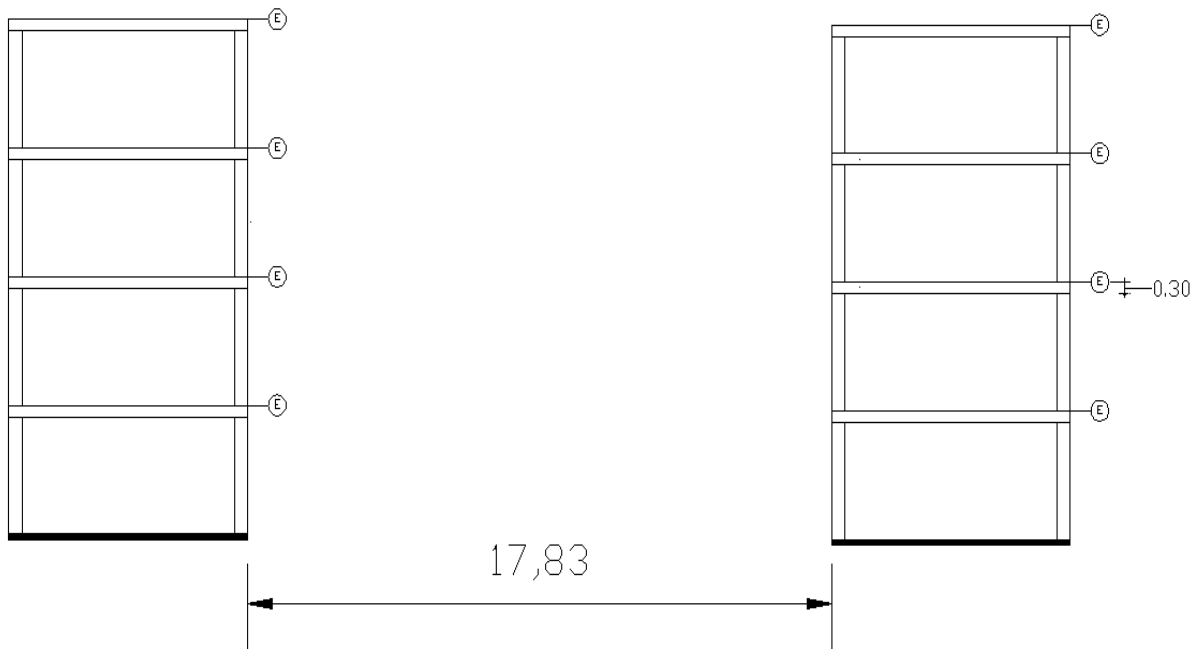


Figura 4.10.41.- Pórtico transversal B de la U. E. N. Padre Sojo



**Figura 4.10.42.- Pórtico transversal D de la U. E. N. Padre Sojo**



**Figura 4.10.43.- Pórtico transversal E de la U. E. N. Padre Sojo**



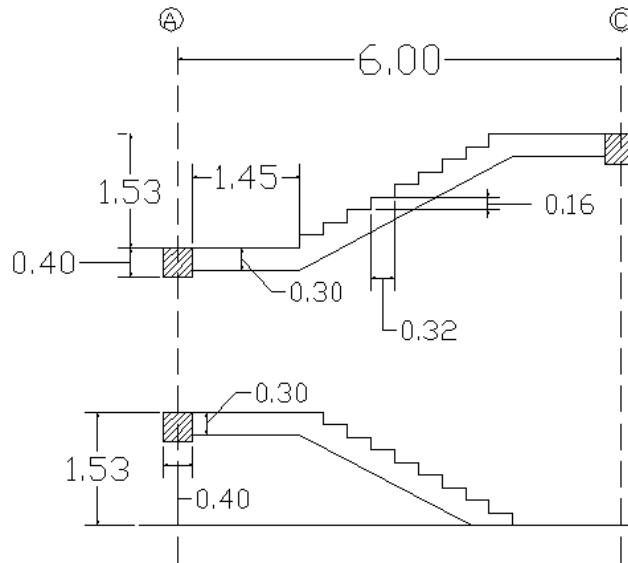


Figura 4.10.44.- Corte transversal del módulo independiente de la escalera

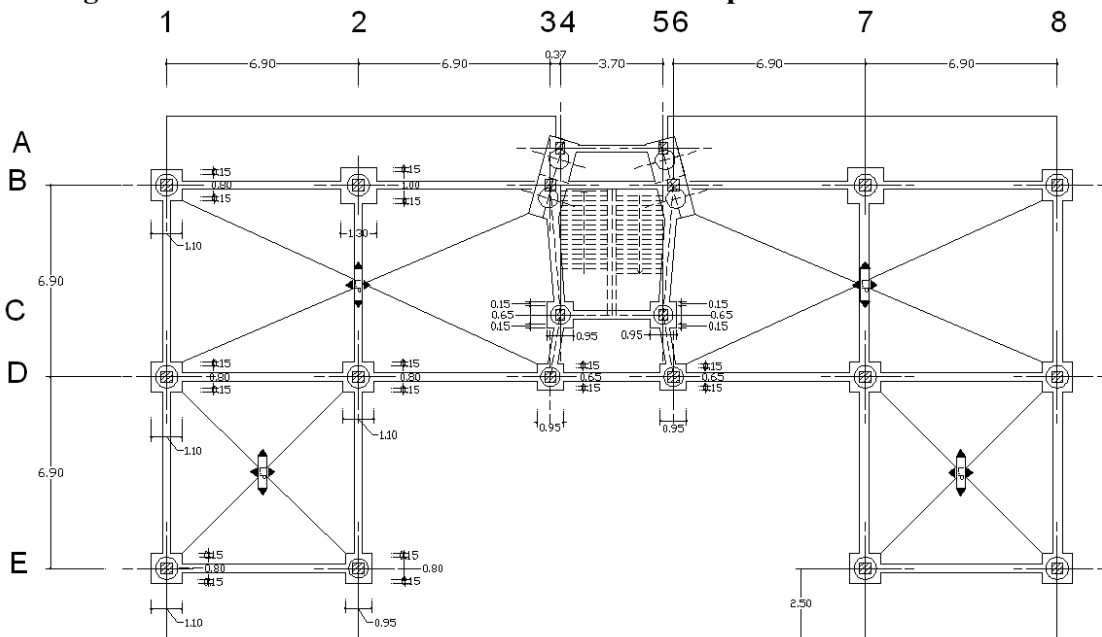


Figura 4.10.45.- Plano estructural de Fundaciones de la U. E. N. Padre Sojo

*b) Estado actual de la edificación*

A continuación se presenta una serie de fotografías que muestran las condiciones en las cuales se encuentra la U. E. N. Padre Sojo. Este informe fotográfico fue elaborado con la intención de poner en evidencia las grietas que presenta el plantel. La mayoría de dichas grietas se localizan a nivel de las juntas, por lo que no sería conveniente denominarlas grietas,

sino separación natural entre edificios debido a la existencia de juntas de construcción, lo que conlleva a la formación de aberturas por su forma constructiva.



**Figura 4.10.46.- Edificio Norte, el cual presenta grietas en el volado del nivel 1 y en la columna que sostiene dicho volado.**



**Figura 4.10.47.- Grieta en el volado del nivel 1 del Edificio Norte.**



**Figura 4.10.48.- Grietas en la columna que sostiene parte del volado del nivel 1 del Edificio Norte.**



**Figura 4.10.49.- Las tres imágenes fueron tomadas desde el patio central hacia el módulo de la escalera. En ellas se aprecian las grietas causadas por la separación natural a nivel de las juntas de construcción, por medio de las cuales se mantienen unidos los 3 edificios.**

Las siguientes fotografías muestran las condiciones actuales de las juntas de construcción en la parte interna del plantel tanto en la parte inferior de las losas como en la parte superior, así como también en la tabiquería afectada por dichas juntas. En las fotos se evidencia el aumento en la separación natural de las juntas a medida que se incrementa el número de niveles de la edificación.



**Figura 4.10.50.- Junta del Edificio Norte en la parte superior de la losa del nivel 1**



**Figura 4.10.51.- Junta del Edificio Sur en la parte superior de la losa del nivel 1**



**Figura 4.10.52.- Junta del Edificio Norte en la parte inferior de la losa del nivel 2**

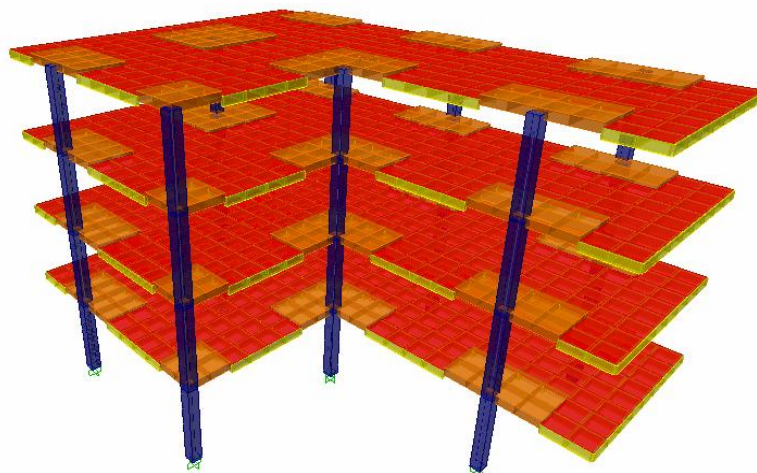


**Figura 4.10.53.- Junta del edificio Sur en el nivel 3. En las imágenes se observa la gran separación localizada en el último piso del plantel.**

#### 4.10.4.1.- Modelo Matemático y Acciones Sísmicas

Se trata de idealizar la estructura real por medio de un modelo teórico factible de ser analizado por procedimientos de cálculos y un programa disponible confiable. En este caso el programa de análisis que se utilizó fue ETABS NonLinear v.9.5.0. (CSI, 2008).

Se definieron tres modelos matemáticos los cuales tienen las siguientes características, i) el Modelo 1 con secciones no agrietadas de los miembros, ii) el Modelo 2 con secciones agrietadas de miembros y iii) el Modelo 3 con secciones agrietadas de los miembros y paredes de mampostería confinada. En el caso del modelo de los miembros con secciones agrietadas se adoptaron los criterios señalados en el código del ACI 318-08, Capítulo 10. Se modelaron todos los componentes estructurales, columnas, nervios, losa y muros de ladrillo, que interactúan en la estructura de manera tridimensional, considerando las propiedades elásticas e inelásticas de los materiales.



**Figura 4.10.54.- Modelo 3D de los Módulos 1 y 3**

Se tomaron en cuenta las acciones gravitacionales, cargas permanentes y variables, considerando como referencia fundamental la Norma COVENIN 2002-88 (COVENIN 1988). Para las acciones sísmicas, la norma vigente COVENIN 1756:2001 (COVENIN 2001). Las cargas variables actuantes se tomaron de acuerdo a su uso, balcones, escaleras y techo sin acceso. Para el cálculo de las acciones sísmicas, se consideró la Zona 5 y un valor de  $\alpha=1,3$ . De acuerdo al estudio geotécnico en sitio se adoptó una forma espectral S1 y un factor  $\varphi=1$ . Con relación a la selección del Factor de Reducción de Respuesta (R), se consideraron las características del sistema estructural de la edificación y el detallado del acero de refuerzo presentado en los planos estructurales de la edificación similar (U.E.N Julio Bustamante) de fecha 1986, adoptándose un valor de 2 para los Módulos 1 y 3 y 3,5 para el Módulo 2 cuya estructura se puede tipificar como del tipo I (pórticos). Para el análisis se consideró un 5% amortiguamiento en todos los modos y se utilizó el criterio de la combinación cuadrática completa (CQC) como combinación modal. Se utilizó el criterio de la raíz cuadrada de los cuadrados de las respuestas individuales (SRSS) para efectos de determinar la respuesta ante las dos componentes sísmicas horizontales de igual intensidad.

#### 4.10.4.2.- Períodos y Modos de vibración

En las Tablas 4.10.2. y 4.10.3. se presentan los primeros tres períodos de cada uno de los modelos de los Módulos. En la Tabla 4.10.2., referente a los Módulos 1 y 3, el valor del período del primer modo de vibración de los modelos de sección no agrietada y sección agrietada es muy superior al valor estimado dado en las normas sismorresistentes para una estructura de altura similar, debido a la carencia de vigas. Este valor indica que estas estructuras son muy flexibles. En la Tabla 4.10.3., referente al Módulo 2, los valores de los períodos de los primeros modos de vibración están en el orden de los valores estimados por las normas.

**Tabla 4.10.2.- Períodos, seg. Módulos 1 y 3**

<b>MODOS</b>	<b>SECCIÓN NO AGRIETADA</b>	<b>SECCIÓN AGRIETADA</b>	<b>SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES</b>
<b>1</b>	1,11	1,31	0,66
<b>2</b>	1,04	1,21	0,55
<b>3</b>	1,00	1,17	0,31

**Tabla 4.10.3.- Períodos, seg. Módulo 2.**

<b>MODOS</b>	<b>SECCIÓN NO AGRIETADA</b>	<b>SECCIÓN AGRIETADA</b>	<b>SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES</b>
<b>1</b>	0,28	0,37	0,24
<b>2</b>	0,18	0,23	0,17
<b>3</b>	0,13	0,18	0,10



#### 4.10.4.3.- Derivas

En las Tablas 4.10.4. y 4.10.5. se muestran los valores de las derivas, expresadas en valores por mil, para cada uno de los modelos estudiados. En la Tabla 4.10.4. (Módulos 1 y 3), se observan valores en algunos entrepisos que exceden el 12%, valor considerado en la Norma 1756 como límite para estructuras esenciales. Estos valores resultantes pueden considerarse grandes debido a que se está analizando una estructura no dúctil. Estudios recientes señalan que valores de derivas mayores de 7% en estructuras no dúctiles pueden conducir al colapso ante una acción sísmica severa. (Ghobarah, 2004).

**Tabla 4.10.4.- Demandas de Derivas, Módulos 1 y 3**

ENTREPISO	SECCIÓN NO AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES	
	UX ‰	UY ‰	UX ‰	UY ‰	UX ‰	UY ‰
1	7,70	7,92	8,94	9,22	12,50	2,29
2	11,68	12,08	13,65	14,41	12,74	2,80
3	9,63	10,32	11,39	12,51	4,55	2,82
4	6,18	6,92	7,56	8,71	3,44	9,80

**Tabla 4.10.5.- Demandas de Derivas, Módulo 2**

ENTREPISO	SECCIÓN NO AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES	
	UX ‰	UY ‰	UX ‰	UY ‰	UX ‰	UY ‰
1	1,00	0,70	1,78	1,09	0,62	0,35
2	1,47	0,67	2,74	1,17	0,88	0,39
3	2,09	1,08	4,24	2,03	1,57	0,69
4	4,17	2,13	6,61	3,65	4,24	0,90

Por el contrario, en la Tabla 4.10.5. (Módulo 2) se aprecia que en ninguno de los modelos estudiados, los valores de las derivas superan el valor de 7%. El mayor valor es de 6,61% ubicado en el último entrepiso del modelo de sección agrietada. Estos resultados indican que la estructura del Módulo 2 es adecuadamente rígida. Según (Ghobarah, 2008) el mayor resultado de deriva está dentro de un límite asociado a daños moderados. Se concluye por tanto que los Módulos 1 y 3 ameritan una adecuación que contemple un aumento de la rigidez global de su estructura.

#### 4.10.4.4.- Fuerza Cortante

En las Tablas 4.10.6. y 4.10.7. se muestra la demanda de fuerza cortante por entrepiso, en cada dirección (VX, VY), para cada uno de los tres modelos estudiados. Estos valores serán comparados posteriormente con la capacidad a fin de tomar la decisión de si se debe adecuar o no la estructura.

**Tabla 4.10.6.- Demanda de fuerza cortante, tonf, Módulos 1 y 3**

ENTREPISO	SECCIÓN NO AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES	
	VX	VY	VX	VY	VX	VY
4	49	49	45	45	51	65
3	82	78	67	67	140	140
2	105	98	84	84	167	197
1	123	117	107	102	208	234

**Tabla 4.10.7.- Demanda por Fuerza cortante, tonf, Módulo 2**

ENTREPISO	SECCIÓN NO AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES	
	VX	VY	VX	VY	VX	VY
4	8,0	12,1	7,8	10,8	9,3	11,6
3	15,5	22,5	14,0	19,1	18,2	27,4
2	23,8	30,4	20,4	25,4	28,2	37,4
1	29,2	35,6	24,6	30,0	34,3	43,5

#### 4.10.4.5.- Capacidad

Como no se tiene información precisa de los aceros de refuerzo debido a que a no se dispone de documentos confiables, para conocer la capacidad resistente de la estructura se procedió a calcular las áreas de acero de acuerdo a los requerimientos de las normas vigentes en la época de la construcción de los edificios. Para ello se utilizó la norma venezolana 1756-82 “Edificaciones Antisísmicas” (COVENIN 1982), debido a que está edificación fue proyectada a mediados del año 1985. Se utilizó un Factor de Importancia de 1,25, una forma espectral S1 y un Factor de Ductilidad igual a 6, suponiendo la práctica de diseño de esa época. Se combinaron las respuestas sísmicas en ambas direcciones X e Y. (Rodríguez et al. 2000). La disposición de las cabillas se basó en el resultado de la exploración con detector de metales realizada en sitio (Olivo et al. 2007)). La capacidad resistente de los Módulos 1 y 3 se determinó del análisis estático no lineal que se describe más adelante. El corte resistente de cada entrepiso del Módulo 2 se estimó como el menor valor asociado a una falla dúctil o a una falla frágil, de acuerdo a los criterios del Capítulo 11 de la Norma 1753 de Concreto.

#### 4.10.4.6.- Relación Demanda/Capacidad

Las Tablas 4.10.8. y 4.10.9. muestran los resultados de la relación demanda/capacidad para los modelos de sección agrietada y de sección agrietada con paredes. En el caso de los Módulos 1 y 3 (Tabla 4.10.8.) se puede observar que la demanda es superior a la capacidad entre 2,0 y 3, 7 veces, lo cual destaca que la estructura no tiene la capacidad suficiente para soportar las acciones sísmicas previstas en las normas. En la Tabla 4.10.9. se suministran las relaciones demanda/capacidad del Módulo 2 en cada uno de los dos modelos; se observa que en todos los caso la demanda es inferior a la capacidad.

**Tabla 4.10.8.- Relación demanda / Capacidad, Módulos 1 y3**

	SECCIÓN AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES	
	V <sub>x</sub> (tonf)	V <sub>y</sub> (tonf)	V <sub>x</sub> (tonf)	V <sub>y</sub> (tonf)
<b>Demanda (D)</b>	<b>107</b>	<b>102</b>	<b>208</b>	<b>234</b>
<b>Capacidad (C)</b>	<b>52,7</b>	<b>33,0</b>	<b>60,2</b>	<b>63,8</b>
<b>Relación D/C</b>	<b>2,03</b>	<b>3,09</b>	<b>3,45</b>	<b>3,67</b>

**Tabla 4.10.9.- Relación demanda / Capacidad, Módulo 2**

	SECCIÓN AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES	
	V <sub>x</sub> (tonf)	V <sub>y</sub> (tonf)	V <sub>x</sub> (tonf)	V <sub>y</sub> (tonf)
<b>Demanda (D)</b>	25	31	34,3	43,5
<b>Capacidad (C)</b>	40	56,7	40	56,7
<b>Relación D/C</b>	0,63	0,53	0,86	0,77

Los resultados de las Tablas 4.10.8. y 4.10.9. (Derivas y Relación Demanda/Capacidad) ponen de manifiesto lo siguiente: a) El Módulo 2 tiene rigidez y resistencia adecuada tal que no necesita de ningún reforzamiento de su estructura, y b) Los Módulos 1 y 3 muestran deficiencias en rigidez y resistencia y por lo tanto la estructura debe ser objeto de un reforzamiento.

#### 4.10.4.7.- Análisis Estático No-Lineal

Adicionalmente al análisis dinámico lineal presentado previamente, se procedió a realizar un análisis estático no lineal, AENL (*pushover*), de los Módulos 1 y 3, utilizando los criterios expresados en las referencias FEMA 356, FEMA 400 y el AICE/SEI 41. Las vigas equivalentes son modeladas con comportamiento frágil, y el comportamiento inelástico de las columnas está controlado por una inadecuada longitud de transferencia de tensiones y de empalmes por solapes a lo largo de su luz libre. Para el análisis AENL se empleó el programa de análisis ETABS NonLinear v9.50. Los resultados del AENL se presentan en las Figuras 4.10.5 y 4.10.6, en las curvas denominadas Estructura Existente. De ellas se pueden hacer las siguientes observaciones: a) El modelo de sección agrietada (Figura 4.10.5) en la dirección X tiene una fuerza cortante resistente en la base de 52,7 tonf para una deformación en el techo de 6,1 cm. En la dirección Y el corte máximo es 33,0 tonf con una deformación en el techo de 6,0 cm; b) El modelo de sección agrietada con paredes (Figura 4.10.6) tiene una fuerza cortante resistente en la base de 60,2 tonf en la dirección X con una deformación máxima en el techo de 5,65 cm, y de 63,8 tonf en la dirección Y con una deformación máxima de 6,22 cm. Las fallas en ambos modelos se inician en las vigas equivalentes.

Adicionalmente, se aplicó el criterio de FEMA 356 y FEMA 440 para el cálculo del desplazamiento máximo en el techo para varios eventos sísmicos con períodos de retornos de 1000, 500, 50 y 10 años, con coeficiente de aceleración horizontal  $A_0$  igual a 0,39, 0,30, 0,14 y 0,084, respectivamente, considerando los modelos de sección agrietada y sección agrietada con paredes. Los resultados muestran en la Tabla 4.10.10.

**Tabla 4.10.10.- Desplazamientos Máximos para los Modelos Analizados**

PERÍODOS DE RETORNO EN AÑOS	SECCIÓN AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES	
	Desp. en X (cm)	Desp. En Y (cm)	Desp. en X (cm)	Desp. En Y (cm)
1000	15,20	14,19	8,38	7,68
500	11,71	10,38	6,23	5,56
50	5,43	5,03	2,79	2,35
10	3,19	2,85	1,57	1,18

En la Tabla 4.10.10. se puede observar el resultado para sismo de períodos de retorno de 1000 años en el modelo de sección agrietada, que da una demanda de desplazamiento máximo en el techo de 15,20 cm, superior al valor máximo de 6,02 cm observado en el AENL; esta demanda de desplazamiento se corresponde con una deriva de 11,9%. Aun con un período de retorno de 500 años la demanda de desplazamiento de 11,71 cm excede el máximo valor resultante del AENL tal como se ilustra en la Figura 4.10.56.

#### 4.10.5.- Refuerzo Estructural

El diseño conceptual del refuerzo se basó en las premisas siguientes: i) la estructura debe tener una capacidad global racionalmente mayor que la demanda impuestas por las acciones que actúen sobre ella; ii) evitar un mal funcionamiento de la edificación; iii) la solución adoptada debe ser poca invasiva, es decir que se intervenga lo menos posible la estructura original; iv) debe ser fácil de construir (mano de obra, empleo de materiales constructivos y equipos); v) tiempo de construcción relativamente corto, y vi) costo racional.

Con base en estas premisas se realizó un proceso iterativo que permitió seleccionar una solución que cumplía con estas condiciones. Esta solución contempla agregar dos líneas resistentes adicionales A” y C”, conformadas por muros estructurales en forma de “L” de segmentos de secciones ( $40 \times 175 \text{ cm}^2$  y  $50 \times 125 \text{ cm}^2$ ) en todos los entrepisos, conectados por vigas rectangulares igualmente en todos los entrepisos. Adicionalmente, en el eje B, en la mitad de los ejes 4 y 5, y en el eje 5, en la mitad de los ejes A y B, se ubicó un muro rectangular de sección  $40 \times 175 \text{ cm}^2$ , en todos los entrepisos (Figura 4.10.54 y 4.10.55). Se definieron tres modelos similares a los presentados previamente en el análisis de la estructura existente. Dada la adición de elementos dúctiles se adoptó un factor de reducción igual a 3 para la estructura reforzada.

#### 4.10.5.1.- Períodos y Modos de Vibración

Los períodos de la estructura reforzada se muestran en la Tabla 4.10.11, notándose una reducción significativa en relación a los valores de la estructura existente. Los valores son similares a los dados en la Norma 1756 para estructuras del Tipo III.

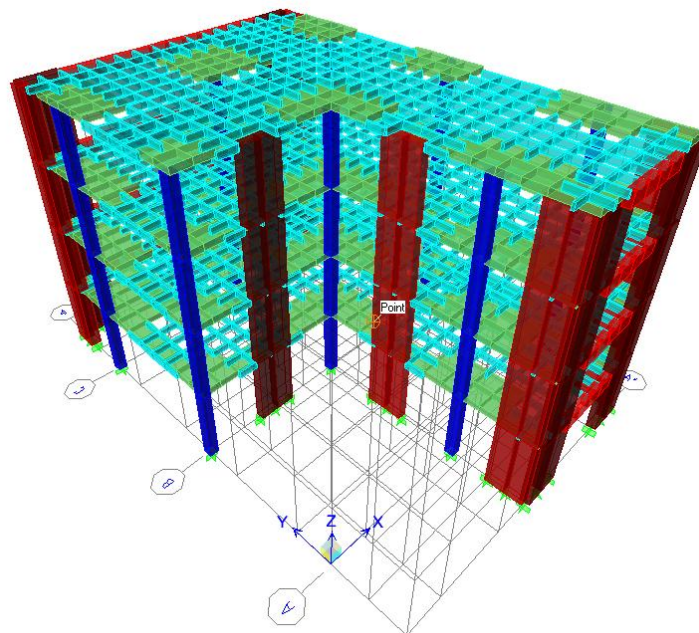
**Tabla 4.10.11.- Períodos, seg, Módulos 1 y 3 Reforzados**

MODOS	SECCIÓN NO AGRIETADA	SECCIÓN AGRIETADA	SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES
1	0,33	0,38	0,29
2	0,31	0,37	0,20
3	0,19	0,24	0,18

El análisis de la estructura reforzada incluyó la acción simultánea de las dos componentes horizontales y la vertical del sismo ( $S_v = (0,2\alpha\beta A_0)CP$ ), y los efectos de un 6% de excentricidad adicional, de acuerdo a lo estipulado en COVENIN 1756.

#### 4.10.5.2.- Derivas

La demanda de deriva dada por la acción sísmica especificada en la Norma 1756 se muestra en la Tabla 4.10.12. Apreciándose que sus valores, en los tres modelos analizados y en cada entrepiso, están considerablemente por debajo del valor de 12% estipulado en la norma, lo cual indica que la solución propuesta de adecuación suministra suficiente rigidez.



**Figura 4.10.55.- Modelo 3D de la estructura reforzada**



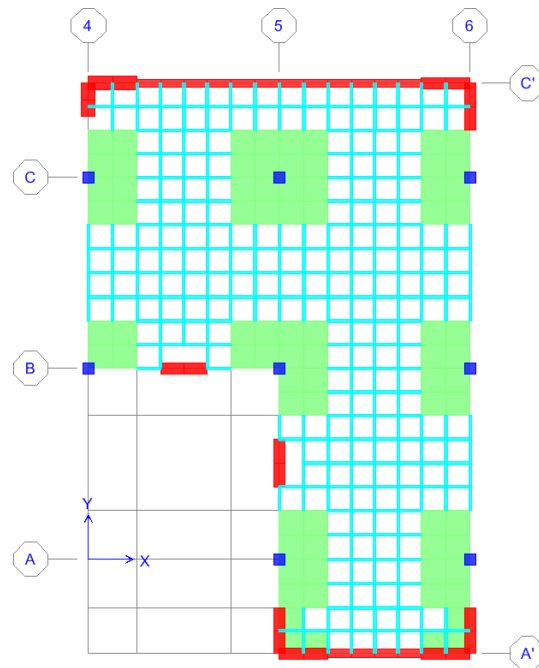


Figura 4.10.56.- Planta de la estructura reforzada

Tabla 4.10.12.- Derivas, Módulos 1 y 3 Reforzados

ENTREPISO	SECCIÓN NO AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES	
	Ux %	Uy %	Ux %	Uy %	Ux %	Uy %
4	3,27	3,13	4,78	3,98	2,62	1,22
3	3,11	3,17	4,68	4,10	2,70	1,36
2	2,58	2,67	3,78	3,52	2,40	1,34
1	1,14	1,21	1,64	1,62	1,20	0,85

#### 4.10.5.3.- Fuerza Cortante

En la Tabla 4.10.13. se muestra la demanda de fuerza cortante en cada entrepiso y en cada modelo de los Módulos 1 y 3 reforzados.

Tabla 4.10.13.- Demanda de fuerza cortante, tonf, Módulos 1 y 3 Reforzados

ENTREPISO	SECCIÓN NO AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES	
	VX	VY	VX	VY	VX	VY
4	91	94	93	93	90	89
3	172	172	168	172	170	176
2	210	220	215	222	220	239
1	233	243	238	245	244	261

El diseño de los nuevos miembros estructurales se realizó empleando los requisitos de la norma de concreto 1753 vigente. Una vez realizado el diseño de la estructura reforzada, se verificó la relación demanda/capacidad de las columnas existentes y de los nuevos muros. En la Tabla 4.10.14 correspondiente al modelo de sección agrietada se puede observar que en solo tres columnas sus valores están cercanas al valor de 1; todos los valores demanda/capacidad son menores que 1 en el modelo con paredes (Tabla 4.10.15). Se puede concluir que aplicando los criterios de las normas vigentes, las columnas del edificio existente, aun sin ser reforzadas, muestran una relación demanda/capacidad aceptable.

Con respecto a los muros, para efectos de análisis se detallaron con una cuantía de acero longitudinal de 2,83% en los muros en L, 5A', 6A' y 6C', 2,40% para el muro en L 4C' y 3,15% para los muros rectangulares. Esta cuantía de acero se colocó en todos los entresijos.

#### 4.10.5.4.- Relación Demanda/Capacidad de Muros

La relación demanda/capacidad de los muros se muestran en la Tabla 4.10.16., observándose un valor máximo en el entresijo inferior de 0,86 para los muros en L y de 0,38 para los muros rectangulares.

**Tabla 4.10.14.- Relación demanda/capacidad de columnas, Estructura Reforzada. Modelo sección agrietada**

ENTREPISO	EJE 4		EJE 5			EJE 6		
	B	C	A	B	C	A	B	C
4	0,69	1,00	0,66	1,04	0,84	0,93	0,90	1,03
3	0,48	0,85	0,53	0,88	0,65	0,77	0,65	0,76
2	0,54	0,86	0,47	1,02	0,64	0,82	0,83	0,86
1	0,43	0,62	0,34	0,80	0,66	0,64	0,73	0,64

**Tabla 4.10.15.- Relación demanda/capacidad de columnas, Estructura Reforzada. Modelo sección agrietada con paredes**

ENTREPISO	EJE 4		EJE 5			EJE 6		
	B	C	A	B	C	A	B	C
4	0,26	0,46	0,30	0,81	0,39	0,61	0,44	0,48
3	0,53	0,39	0,25	0,55	0,43	0,49	0,37	0,35
2	0,87	0,49	0,28	0,69	0,55	0,49	0,57	0,46
1	0,93	0,43	0,22	0,54	0,62	0,38	0,54	0,36

**Tabla 4.10.16.- Relación demanda/capacidad de muros, Estructura Reforzada. Modelo sección agrietada**

ENTREPISO	EJE 4	EJE 5		EJE 6		EJE B
	C'	A'	A-B	A'	C'	4-5
1	0,86	0,35	0,38	0,85	0,85	0,30

En el eje 6, debido a la presencia de la mampostería hay dos columnas A6 y B6 en las que pueden presentarse casos de columna corta. Aunque el análisis no evidencia que los valores de corte sean tales que ameriten un reforzamiento de esas columnas, se ha previsto implementar una solución que evite una posible falla frágil, tal como separar la mampostería de las columnas, mejorar su confinamiento añadiendo refuerzo transversal o empresillarlas. Los resultados presentados en las Tablas 4.10.14. a 4.10.16 ponen de manifiesto que el refuerzo proyectado para la estructura de los Módulos 1 y 3 es adecuado y satisface los requerimientos de las normas venezolanas vigentes.

#### 4.10.5.5.- Análisis Estático No-Lineal.

Los muros fueron modelados como columnas de sección rectangular de  $(40 \times 175 \text{ cm}^2)$  y  $(50 \times 120 \text{ cm}^2)$  y con propiedades del Tipo i para definir sus propiedades no-lineales (Tabla 6-18 del ASCE/SEI 45), correspondiente a muros controlados por flexión. Para las vigas se adoptaron las propiedades de rótulas no-lineales del tipo (i) de la Tabla 6-7 (ASCE 2007). Las curvas denominadas Estructura Reforzada de las Figuras 5 y 6 muestran los resultados del AENL, poniendo de manifiesto el aumento en rigidez y resistencia en relación a la estructura existente. En la Tablas 4.10.17. y 4.10.18. se muestran algunos valores característicos obtenidos de las Figuras 4.10.56 y 4.10.57.

**Tabla 4.10.17.- Edificio Reforzado. modelo sección agrietada**

DESPLAZAMIENTO X		DESPLAZAMIENTO Y		CORTE X		CORTE Y	
CEDENTE	ÚLTIMO	CEDENTE	ÚLTIMO	CEDENTE	ÚLTIMO	CEDENTE	ÚLTIMO
3,10 CM	6,12 CM	2,90 CM	5,32 CM	350 TON	492 TON	400 TON	492 TON

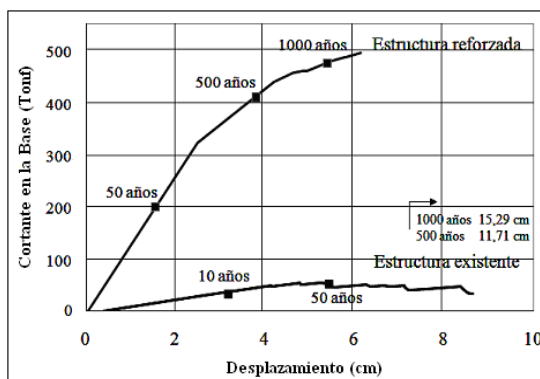
**Tabla 4.10.18.- Edificio Reforzado. modelo sección agrietada con paredes**

DESPLAZAMIENTO X		DESPLAZAMIENTO Y		CORTE X		CORTE Y	
CEDENTE	ÚLTIMO	CEDENTE	ÚLTIMO	CEDENTE	ÚLTIMO	CEDENTE	ÚLTIMO
3,12 CM	6,30 CM	2,90 CM	3,20 CM	400 TON	508 TON	400 TON	412 TON

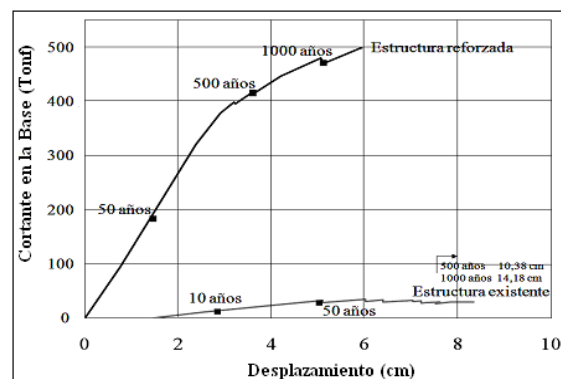
Tal como se aplicó anteriormente para la estructura original, se realizó el cálculo del desplazamiento máximo en el techo para varios eventos sísmicos con períodos de retorno de 1000, 500, 50 y 10 años, siguiendo lo recomendado en FEMA 356 y FEMA 440, para los modelos de la estructura reforzada. Los resultados se muestran en la Tabla 4.10.19. Para el período de retorno de 1000 años se puede observar un máximo desplazamiento de 5,40 cm, en el modelo de sección agrietada, el cual se corresponde con una deriva en el techo de 4,21% la cual es aproximadamente igual a la deriva obtenida por el análisis dinámico lineal. En el modelo de sección agrietada con paredes, con mayor rigidez, los desplazamientos son menores. En las Figuras 4.10.56 y 4.10.57 se pone en evidencia que las demandas impuestas por los eventos sísmicos de 1000 años de retorno son tolerados por la estructura reforzada.

Tabla 4.10.19.- Demanda de Desplazamiento. Estructura Reforzada.

PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS	SECCIÓN AGRIETADA		SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES	
	Desp. en X (cm)	Desp. En Y (cm)	Desp. en X (cm)	Desp. En Y (cm)
1000	5,40	5,12	3,63	2,28
500	3,80	3,60	2,43	1,40
50	1,55	1,46	0,91	0,44
10	0,85	0,80	0,48	0,22

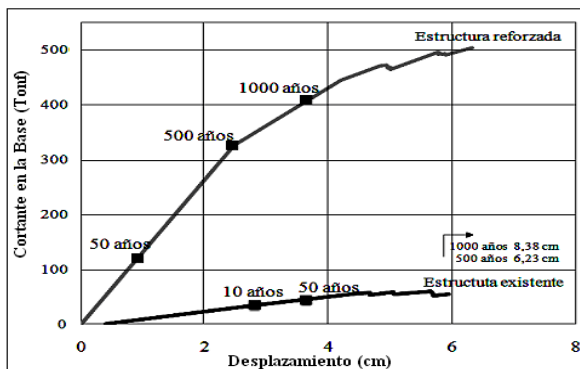


(a)

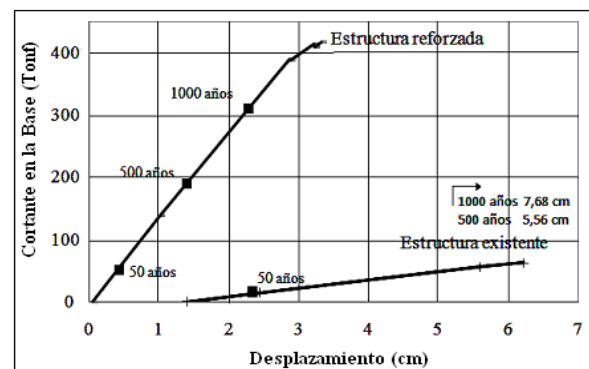


(b)

Figura 4. 10.57.- Relación Cortante Basal-desplazamiento. Modelo Sección Agrietada (a) Dirección X; (b) Dirección Y



(a)



(b)

Figura 4.10.58.- Relación Cortante Basal-desplazamiento. Modelo Sección Agrietada con Paredes, (a) Dirección X (b) Dirección Y

#### 4.10.6.- Conclusiones y Recomendaciones

La edificación educativa del Tipo Módulo Base está constituida por tres módulos estructurales. Dos de estos módulos poseen una estructura de losas reticulares apoyadas sobre columnas, sin vigas. El edificio fue objeto de una evaluación para determinar su confiabilidad a las acciones estipuladas en las normas nacionales vigentes. Las conclusiones que se derivan de este estudio son:

a) El Módulo 2 ubicado en el centro de la edificación y cuyo uso es de circulación vertical, posee rigidez y resistencia adecuadas y no amerita reforzamiento.

b) Los Módulos 1 y 3 son similares en su estructura pero diferentes en la disposición de la mampostería. El Módulo 3 se evaluó aplicando los métodos de las normas venezolanas vigentes así como métodos de análisis estático no lineal, resultando en la necesidad de reforzarlo para incrementar su rigidez y resistencia.

c) Se evaluaron opciones de refuerzo para cumplir con las exigencias normativas, además de contemplar otros aspectos importantes en la ejecución del trabajo, tales como que fuera poco invasivo y realizable en tiempo y costo razonable.

d) El reforzamiento del edificio consistió en anexar muros estructurales en el perímetro de la estructura, en toda su altura. Se analizó el Módulo 3 con su estructura reforzada y los resultados cumplen con las exigencias de las normas venezolanas vigentes.

#### 4.10.7.- Referencias

- ASCE/SEI 41, (2007) 2008. “Seismic Rehabilitation of Existing Buildings”. American Society of Civil Engineers. Reston. VA.
- ACI 318-08, (2008). Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, 2008.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales, (1982). “Edificaciones Antisísmicas”, Norma COVENIN 1756:1982, Caracas, 1982.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales, (2001). “Edificaciones Sismorresistente”, Norma COVENIN 1756:2001, Caracas, 2001.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales, (1988). “Criterios y Acciones mínimas para el Proyecto de Edificaciones”. Norma COVENIN – MINDUR 2002:88. Caracas.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales, (2006). “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”, FONDONORMA./Documento que sustituye la versión del año 1987 de la misma Norma, titulada: Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño/.
- Computers and Structures,(2008) Inc., “ETABSNonLINEAR v9.5.0 Structural Analysis Program”.
- FEMA (2000). “Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Building”. FEMA 356. Federal emergency Management Agency, Washington. D.C.
- FEMA (2005). “Improvement of Nonlinear Static Seismic. Analysis Procedures, FEMA 440, ATC-55 Project, Federal emergency Management Agency, Washington. D.C.
- FEDE. Una Estrategia para la Eficiencia de Planta Física Educativa. Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas. Caracas, 1997.



- Ghobarah, A.(2008). “On Drift Limits Associated with Different Damage Levels”. International Workshop on Performance-Based Seismic Design. Bled. Slovenia. June 28-July1, 2004.
- López, O.A., Hernández J.J., Del Re, G., Puig, J., Espinosa L., (2007). “Reducing Seismic Risk of School Buildings in Venezuela”. Earthquake Spectra, Volume 23, No. 4, pages 771-790.
- Rodríguez, D; Figuera, F. y Bolívar, J. (2000). “Adecuación Sísmica de Edificación Educativa en el área Metropolitana de Caracas”. Artículo presentado en el II Seminario Internacional de Ingeniería Sísmica. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela.13. Olivo, M; Sucre, M, (2007). “Evaluación Sismorresistente de Edificaciones Escolares Tipo Módulo Base”. Tesis de Grado, Tutor Oscar A. López. Caracas. Universidad Central de Venezuela.

#### 4.11.- Evaluación Sismorresistente del Liceo Domingo Faustino Sarmiento

La Unidad Básica Nacional Domingo Faustino Sarmiento está ubicada en Maripérez, Caracas, es una edificación de concreto armado conformada por pórticos de cuatro niveles con un patio central sin junta, y forma el esquema estructural conocido como CAJETÓN CERRADO.



Escuela UBN Domingo Faustino Sarmiento, Urbanización Maripérez. Caracas.  
(Google Earth)

Domingo Faustino Sarmiento (San Juan, Argentina, 15 de febrero de 1811 – Asunción del Paraguay, 11 de septiembre de 1888) fue un político, pedagogo, escritor, docente, periodista, estadista y militar argentino; gobernador de la Provincia de San Juan entre 1862 y 1864 y presidente de la República Argentina entre 1868 y 1874. También se destacó por su laboriosa lucha en la educación pública.



D. F. Sarmiento

##### 4.11.1.- Participantes

El equipo involucrado en la realización de este trabajo está conformado por:

- Esteban Tenreiro (Tesista de Postgrado). Profesor contratado. Facultad de Ingeniería, UCV.
- Adrian Taboada. Ingeniero Civil.
- Cesar Becerra. Ingeniero Civil.
- Cristian Jraige. Ingeniero Civil.
- Oscar A. López (Tutor).

#### 4.11.2.- Inspecciones efectuadas a escuelas del Tipo Cajetón

Las inspecciones efectuadas se ejecutaron en varias edificaciones escolares tipo cajetón cerrado, los cuales están constituidos por estructuras de pórticos de concreto armado, construidos por el Ministerio de Obras Públicas en las décadas de 1960, 1970 y 1980. Se caracterizan por tener un patio interior descubierto, similares al Liceo Raimundo Martínez Centeno que se derrumbó en Cariaco en 1997, pero a diferencia de éste poseen un solo módulo sin junta de construcción.

El 28 de Junio de 2006, se realizaron unas inspecciones a las U.E. Domingo Faustino Sarmiento (Mariperez), J.M. Nuñez Ponte (Mariperez), Padre Sojo (Bello Monte) y Santiago Key Alcalá (El Valle), con la finalidad de verificar si cumplían con las características básicas que conforman las edificaciones escolares tipo cajetón cerrado. De ésta actividad se pudo tomar la decisión de estudiar detalladamente la U.B.N. Domingo Faustino Sarmiento, ya que ésta presenta características bastantes similares al Liceo Raimundo Martínez Centeno en Cariaco, con la excepción de no presenta junta de dilatación.

El 4 de Agosto de 2006, se realizó la primera inspección al D.F.S. de manera más detallada, donde se tomaron las fotografías de fachadas, elementos estructurales y de mampostería, también se realizaron medidas de columnas, luces, alturas de entepiso y espesor de paredes. Tanto el 20 de Octubre como el 3 de noviembre de 2006 se continuaron con las mediciones necesarias para realizar el levantamiento geométrico de toda la estructura e identificar los elementos de mampostería para poder así realizar los planos de arquitectura y de estructura de la edificación, debido a que los planos que posee la dirección de la escuela no presentan suficiente información a nivel estructural, sólo se hallaron un plano de detallado de vigas y dos planos de arquitectura en pórticos, los cuales no coinciden con la realidad ya que representan a una estructura de 2 niveles en vez de los 4 existentes en la edificación.

El 24 de Noviembre de 2006 se efectuó una inspección en el Liceo Manuel Felipe Tovar en la ciudad de Valencia, donde se realizaron mediciones de los elementos estructurales, y separación entre pórticos. También se tuvo la oportunidad de detectar el acero de refuerzo a través del uso del detector de metales (*ferroscan*), con las cuales se obtuvo información de gran importancia ya que se verificaron las distribuciones de refuerzos en los elementos estructurales y se compararon con los planos de dicha edificación, que fueron localizados en las oficinas del MINFRA del estado Carabobo.

El 13 de diciembre de 2006, se realizaron mediciones con el detector de metales para determinar la distribución del refuerzo (Domingo Faustino Sarmiento) de los elementos estructurales, columnas, vigas altas (40x60) y planas (50x30) y dirección de armado de losa, con lo cual se comprobó que sólo las vigas altas actúan como vigas de carga. Además se continuó con las mediciones para el levantamiento geométrico dado que en visitas anteriores no se tuvo acceso a todas las áreas de la edificación. El 15 y el 17 de marzo de 2007, se culminaron las mediciones del acero de refuerzo estructural, las cuales se compararon con el encontrado en los planos del Manuel Felipe Tovar (Valencia), y todo el levantamiento geométrico de la edificación. Además se realizaron medidas del periodo natural de la estructura por medio de instrumentación que fue llevada a cabo por FUNVISIS.

El 19 de mayo de 2007 se realizó una inspección en la Escuela Técnica Licenciado Aranda en el Estado Vargas, donde se realizaron mediciones para obtener el levantamiento geométrico de la estructura, dimensiones de los elementos estructurales, separación de pórticos, espesor de losa e identificación de los elementos de mampostería. Con ésta visita se logró comprobar el carácter repetitivo de dichas edificaciones, ya que las dimensiones coinciden exactamente con las del liceo Manuel Felipe Tovar ubicado en Valencia.

Posteriormente, cuando se decidió desarrollar el proyecto de refuerzo de la U. B. N. Domingo Faustino Sarmiento se efectuaron otra serie de visitas. La primera visita realizada el día 04/12/2007 donde asistieron los ingenieros Esteban Tenreiro y Adrián Taboada, encargados del proyecto de refuerzo, se identificó la estructura y se verificaron las dimensiones de los elementos estructurales, luces y entrepisos. La segunda visita de inspección realizada el día 11/12/2007 asistieron los ingenieros Esteban Tenreiro y Cesar Becerra para la verificación y confirmación de algunos datos adicionales. Luego se realizaron una serie de visitas continuas donde asistió únicamente el ingeniero Adrián Taboada entre los días 11/12/2008 al 22/12/2008 durante los cuales se supervisó la realización del estudio de suelos contratado a la empresa PERFOCA y finalmente otra serie de visitas donde asistió el ingeniero Adrian Taboada quién contrató y coordinó unas exploraciones para determinar cuál es el sistema de fundaciones que utiliza la edificación y cuáles son sus dimensiones, estas visitas se realizaron durante los días 17 al 19 de febrero del año 2.009.

A continuación se resume información básica de cada escuela:

a) *U.B.N. Domingo Faustino Sarmiento*: La escuela está constituida por una edificación aporricada con losas nervadas de 30 cm. de espesor, conformada por cuatro (4) niveles incluyendo un apéndice en el nivel superior, el cual ocupa una porción menor (1/3 del área de la planta baja aproximadamente), con altura de entrepiso de 3,05 metros. En la dirección longitudinal hay seis (6) pórticos formados por vigas de 40x60 cm. y en la transversal hay siete (7) pórticos formados por vigas planas de 50x30 cm., todas las columnas tienen sección transversal de 40x40 cm en todos los niveles. La mampostería está conformada por bloques de arcilla. Ver Figura 4.11.1.

Fachada Este



Fachada Norte



Figura 4.11.1.- Fotografías de las fachadas principales de la U.B.N. Domingo Faustino Sarmiento. Caracas.



b) *U.E. Manuel Felipe Tovar*: La unidad educativa está constituida por una edificación aporricada con losas nervadas de 25 cm. de espesor, conformada por tres (3) niveles con altura de entrepiso de 3,00 metros. En la dirección longitudinal hay seis (6) pórticos formados por vigas de 40x70 cm. y en la transversal hay ocho (8) pórticos formados por vigas planas de 50x25 cm., todas las columnas tienen sección transversal de 40x40 cm en todos los niveles. La mampostería está conformada por bloques de concreto. Esta edificación es muy similar a la U.B.N. Domingo Faustino Sarmiento; las diferencias son: un pórtico transversal adicional, la altura de las vigas (70 cm en lugar de 60 cm) y de las losas (25 cm en lugar de 30 cm). Ver Figura 4.11.2.



**Figura 4.11.2.- Fotografías de las fachadas principales de la U.E. Manuel Felipe Tovar**

c) *Escuela Técnica Licenciado Aranda*: El instituto está constituido por una edificación aporricada con losas nervadas de 25 cm. de espesor, conformada por tres (3) niveles con altura de entrepiso de 3.00 metros. En la dirección longitudinal hay seis (6) pórticos formados por vigas de 40x70 cm. y en la transversal hay ocho (8) pórticos formados por vigas planas de 50x25 cm., todas las columnas tienen sección transversal de 40x40 cm en todos los niveles. La mampostería está conformada por bloques de concreto. Este edificio es prácticamente idéntico a la U.E. Manuel Felipe Tovar. Ver Figura 4.11.3.



**Figura 4.11.3.- Fachadas principales del Escuela Técnica Licenciado Aranda.**

A continuación se presenta un cuadro comparativo (Tabla 4.11.1) del acero de refuerzo en elementos estructurales entre las edificaciones de los centros educativos Domingo



Faustino Sarmiento y Manuel Felipe Tovar, con información recopilada en campo por medio del *ferroscan* y de planos estructurales respectivamente. A partir de esta comparación se estimó el diámetro de las barras en el D.F.S., dado que los datos arrojados por el detector de metales no son precisos con respecto al diámetro.

**Tabla 4.11.1.- Comparación entre acero de refuerzo en elementos estructurales del Manuel Felipe Tovar y el Domingo Faustino Sarmiento**

Elemento	U.E. Manuel Felipe Tovar (de planos)	U.B.N Domingo Faustino Sarmiento (de mediciones)	Decisión sobre el armado en el D.F.S.	
Entrepiso 1	Columna A-1	2 barras de acero longitudinal de 7/8" de diámetro, con ligaduras c/25 cm en parte media y c/12.5 cm cerca al nodo de 3/8"	3 barras de acero longitudinal por cara con ligaduras c/20 cm en parte media y c/12 cm cerca al nodo	3 barras de 7/8" por cara con ligaduras de 3/8"
	Columna A-7	2 barras de acero longitudinal de 7/8" de diámetro, con ligaduras c/25 cm en parte media y c/12.5 cm cerca al nodo de 3/8"	2 barras de acero longitudinal por cara, con ligaduras c/12 cm en parte media y c/20 cm cerca al nodo	2 barras de 7/8" por cara con ligaduras de 3/8"
	Columna A-4 y F-4	3 barras de acero longitudinal de 7/8" de diámetro, con ligaduras c/25 cm en parte media y c/12.5 cm cerca al nodo de 3/8"	3 barras de acero longitudinal por cara, con ligaduras c/12 cm en parte media y c/20 cm cerca al nodo	3 barras de 7/8" por cara con ligaduras de 3/8"
	Columna B-2	4 barras de acero longitudinal de 7/8" de diámetro, con ligaduras c/25 cm en parte media y c/12.5 cm cerca al nodo de 3/8"	6 barras de acero longitudinal por cara, con ligaduras c/12 cm en parte media y c/20 cm cerca al nodo	6 barras de 7/8" por cara con ligaduras de 3/8"
	Columna B-4	5 barras de acero longitudinal de 7/8" de diámetro, con ligaduras c/25 cm en parte media y c/12.5 cm cerca al nodo de 3/8"	5 barras de acero longitudinal por cara, con ligaduras c/12 cm en parte media y c/20 cm cerca al nodo	5 barras de 7/8" por cara con ligaduras de 3/8"
	Columna C-7 y D-7	2 barras de acero longitudinal de 7/8" de diámetro, con ligaduras c/25 cm en parte media y c/12.5 cm cerca al nodo de 3/8"	4 barras de acero longitudinal por cara, con ligaduras c/12 cm en parte media y c/20 cm cerca al nodo	4 barras de 5/8" por cara (equivale a la misma area) con ligaduras de 3/8"
Entrepiso 2	Columna D-2 y D-3	3 barras de acero longitudinal de 7/8" de diámetro, con ligaduras c/25 cm en parte media y c/12.5 cm cerca al nodo de 3/8"	4 barras de acero longitudinal por cara, con ligaduras c/12 cm en parte media y c/20 cm cerca al nodo	4 barras de 7/8" por cara con ligaduras de 3/8"
	Viga plana D-E-2	3 barras de acero longitudinal de 5/8" de diámetro, con estribos c/25 cm en parte media y c/12.5 cm cerca al nodo de 3/8"	5 barras de acero longitudinal (cara inferior), con estribos c/20 cm	5 barras de 5/8" con estribos de 3/8"
	Viga alta D-2-3	3 barras de acero longitudinal de 7/8" de diámetro, con estribos c/25 cm en parte media y c/12.5 cm cerca al nodo de 3/8"	4 barras de acero longitudinal (cara inferior), con estribos c/20 cm	4 barras de 7/8" con estribos de 3/8"
Ent. 1	Nodo F-7	No hay refuerzo transversal	No hay refuerzo transversal	No hay refuerzo transversal

Observaciones adicionales a la información presentada en la Tabla 4.11.1:

- Las dimensiones de las columnas son iguales en ambas edificaciones.
- Las dimensiones de las vigas difieren en altura, en Valencia son 10 cm más altas.
- Los estribos en el D.F.S. no disminuyen su separación cerca al nodo.
- El número de barras cambia del M.F.T. al D.F.S. sólo en las columnas donde está el apéndice, con excepción de las columnas C-7 y D-7. El resto tiene el mismo número de barras.

#### 4.11.3.- Descripción detallada de la U. B.N. Domingo Faustino Sarmiento

La Unidad Básica Nacional Domingo Faustino Sarmiento es una edificación de concreto armado conformada por pórticos y líneas resistentes bien definidas, de cuatro niveles y un patio central sin junta, formando el **cajetón cerrado**. Está compuesta por siete pórticos en el sentido norte sur (pórticos del 1 al 7) separados entre sí 7.20 mts. En dirección corta; perpendicular a éstos se aprecian seis pórticos en el sentido este oeste (pórticos de la A a la F) con luces de 7.20 mts. y 3.60 mts. o dirección larga. Ver Figura 4.11.4 a 4.11.10.



**Figura 4.11.4.- Superior: Fachadas Este y Oeste. Inferior: Entrada principal y vacío central**

Los pórticos identificados con letras tienen vigas altas de 40 x 60 cm. y los pórticos perpendiculares identificados con números tienen vigas planas de 40 x 30 cm. embutidas en la losa. El sistema horizontal resistente es una losa nervada en una dirección de espesor 30 cm.

con bloques de arcilla frisada por su parte inferior y con un sobre piso de 10 cm. aproximadamente de cemento requemado como acabado final.



Figura 4.11.5.- Pasillo interno / tercer nivel vista interior.



Figura 4.11.6.- Sección transversal del muro de concreto y fotografía del mismo haciendo referencia a la poca separación de la columna.

Todas las columnas son cuadradas de 40 cm. de lado desde planta baja a techo. La mampostería interna y las fachadas están ejecutadas con bloque a la vista tipo trincote. La altura de entrespiso de planta baja al primer piso es de 3.10 mts. Igual los dos entrespisos superiores, cambiando éste entre la planta del tercer piso y techo que es de 3.00 mts. Todos estos datos han sido comparados con levantamientos previos y con planos de edificaciones escolares del mismo tipo, como el Liceo Manuel Felipe Tovar ubicado en estado Carabobo.

La estructura del liceo es casi totalmente simétrica en los dos sentidos a excepción de planta techo, es decir el cuarto nivel no ocupa la totalidad de la planta sino los dos primeros ejes, esto genera una distribución asimétrica de masas en este nivel.



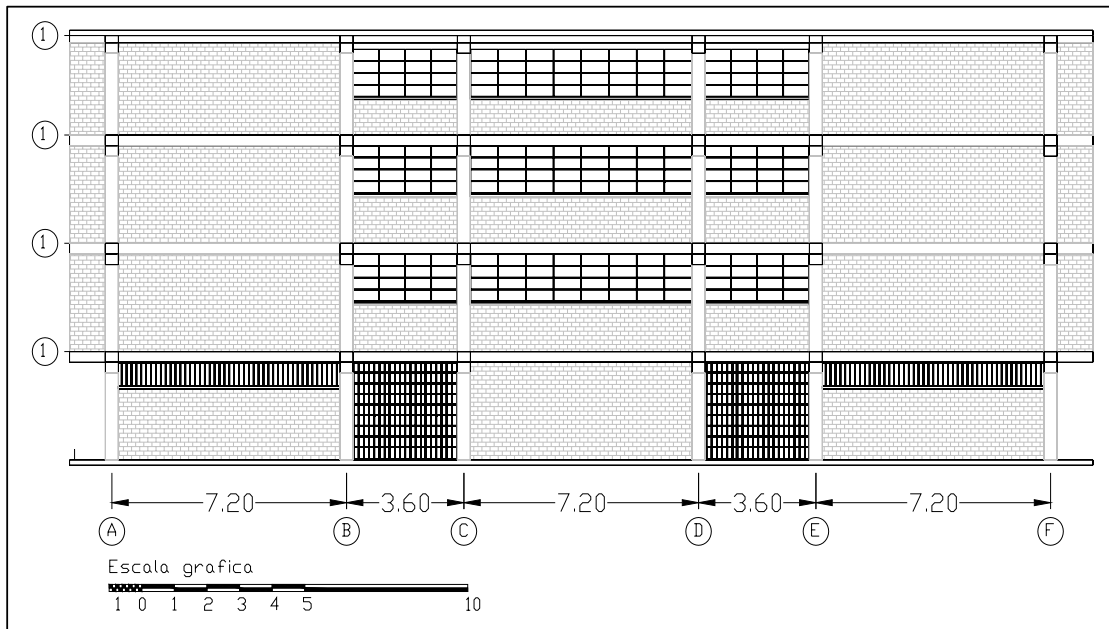
**Figura 4.11.7.- Mampostería de bloque tipo tricote / losa del nivel de techo**



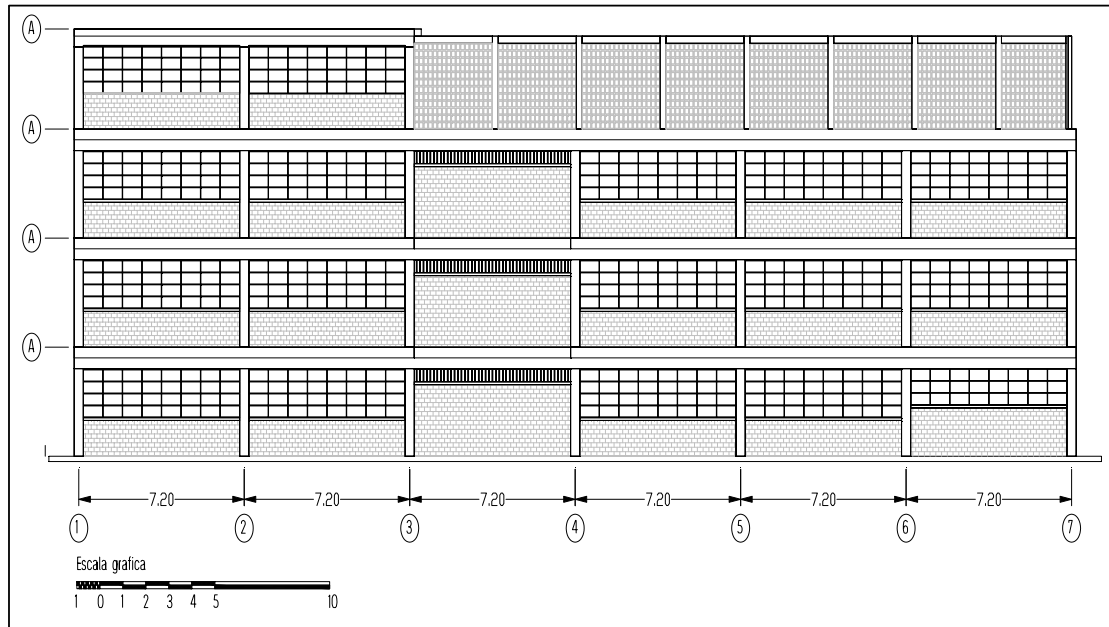
**Figura 4.11.8.- Volado externo con parasoles de mampostería / altura incompleta en paredes internas**

#### 4.11.3.1.- Planos de arquitectura

En cuanto a la arquitectura, durante las inspecciones realizadas se realizó un levantamiento de los vanos ocupados por las paredes con sus alturas respectivas para así introducirlos en los modelos digitales para obtener la participación y contribución de la albañilería en la rigidez de la edificación. Adicionalmente se realizaron planos en CAD de algunas de las fachadas. Ver Figuras 4.11.9 y 4.11.10.



**Figura 4.11.9. Fachada Posterior (Lado Oeste)**

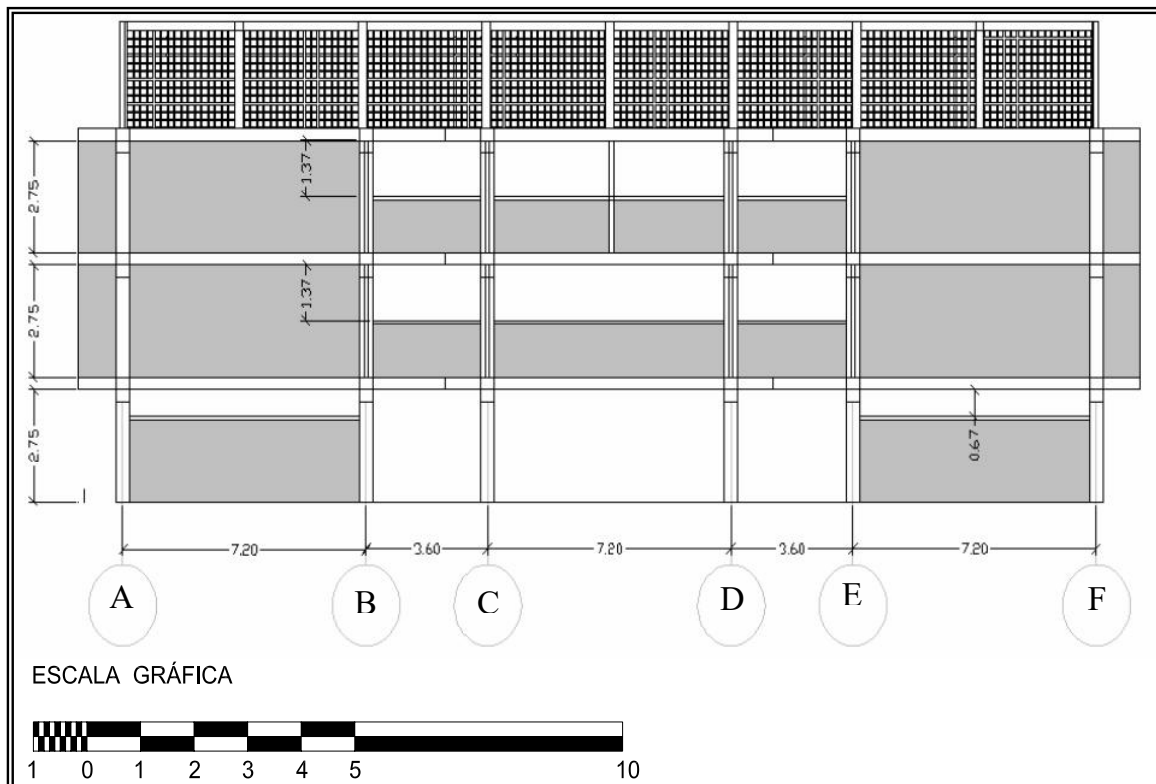


**Figura 4.11.10. Fachada Lateral (Lado Sur)**

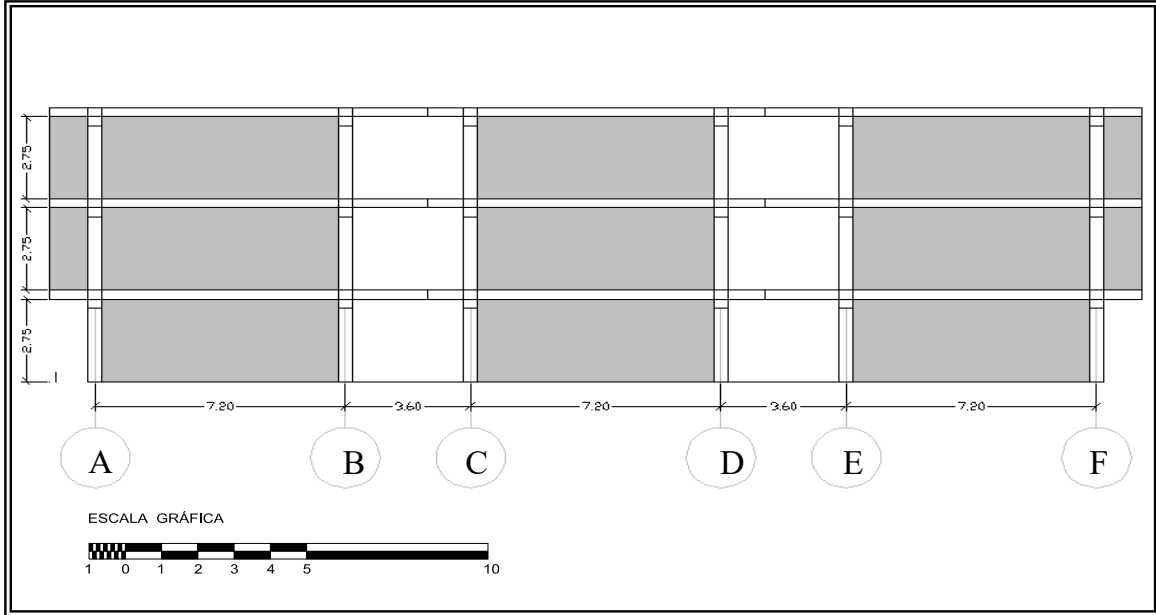


#### 4.11.3.2.3.- Planos de estructura

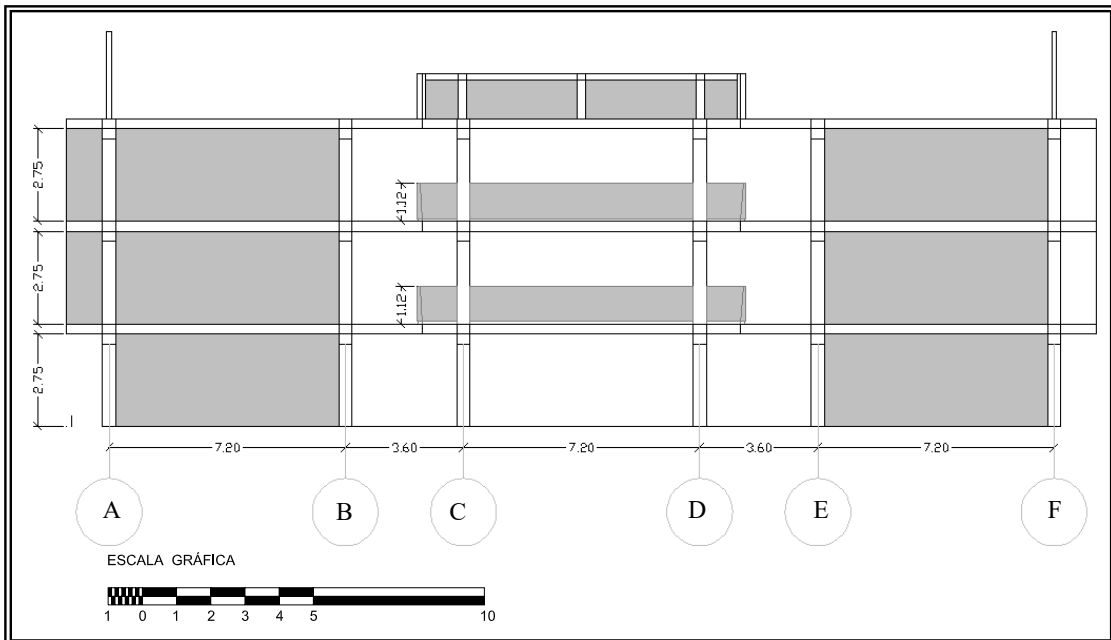
Durante las inspecciones realizadas al liceo Domingo Faustino Sarmiento se levantaron todos los elementos estructurales tipo columnas, vigas y losas e igualmente se digitalizó esta información. Los planos fueron verificados con los que se disponían del Liceo Manuel Felipe Tovar de Valencia, estado Carabobo por tratarse de la misma tipología cajetón cerrado. Ver Figuras 4.11.11 a 4.11.28.



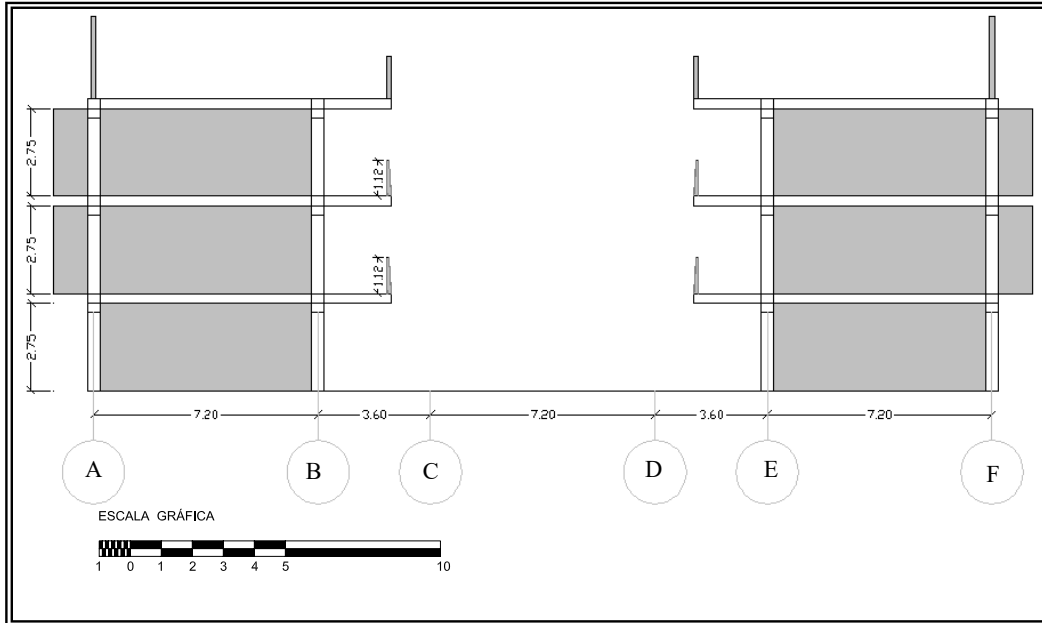
**Figura 4.11.11.- Pórtico 7 (dirección norte-sur) mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de columnas.**



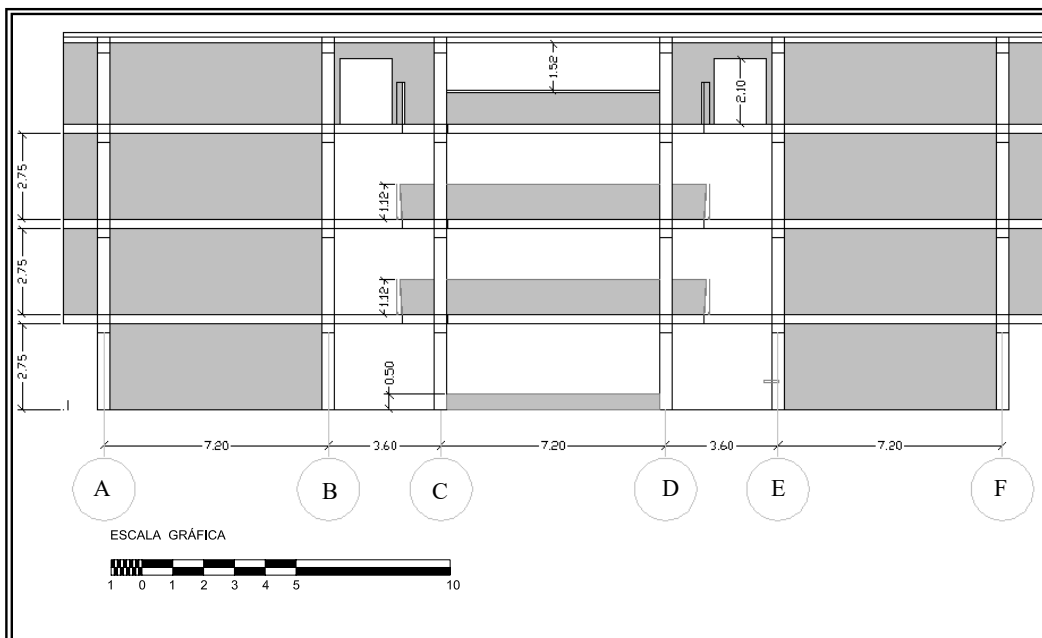
**Figura 4.11.12.- Pórtico 6 (norte-sur) mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de columnas**



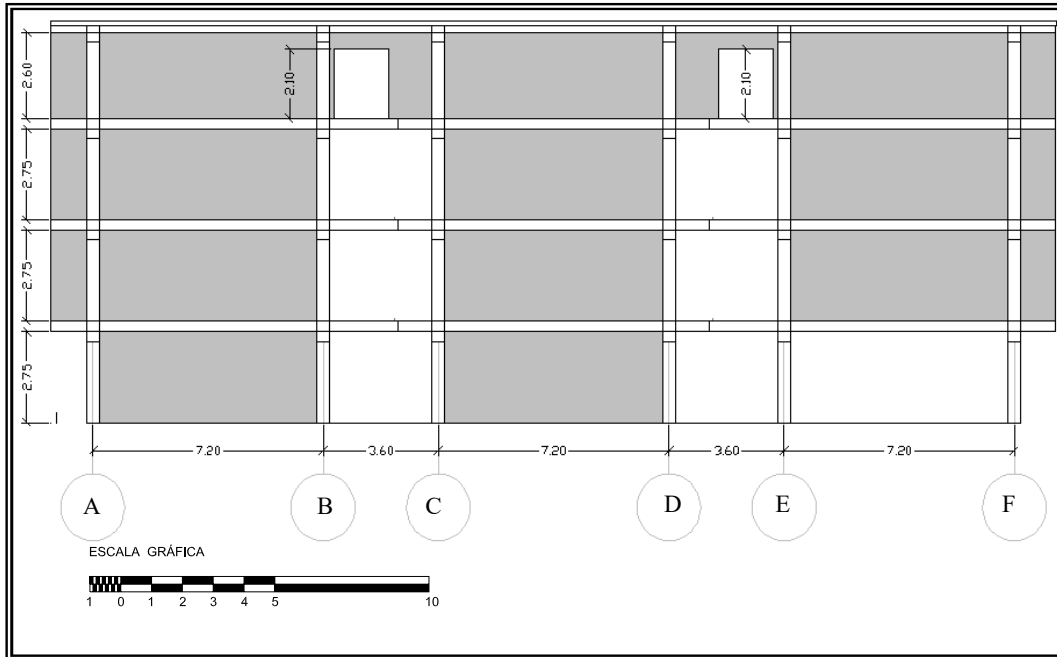
**Figura 4.11.13.-Pórtico 5 (norte-sur) mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de columnas**



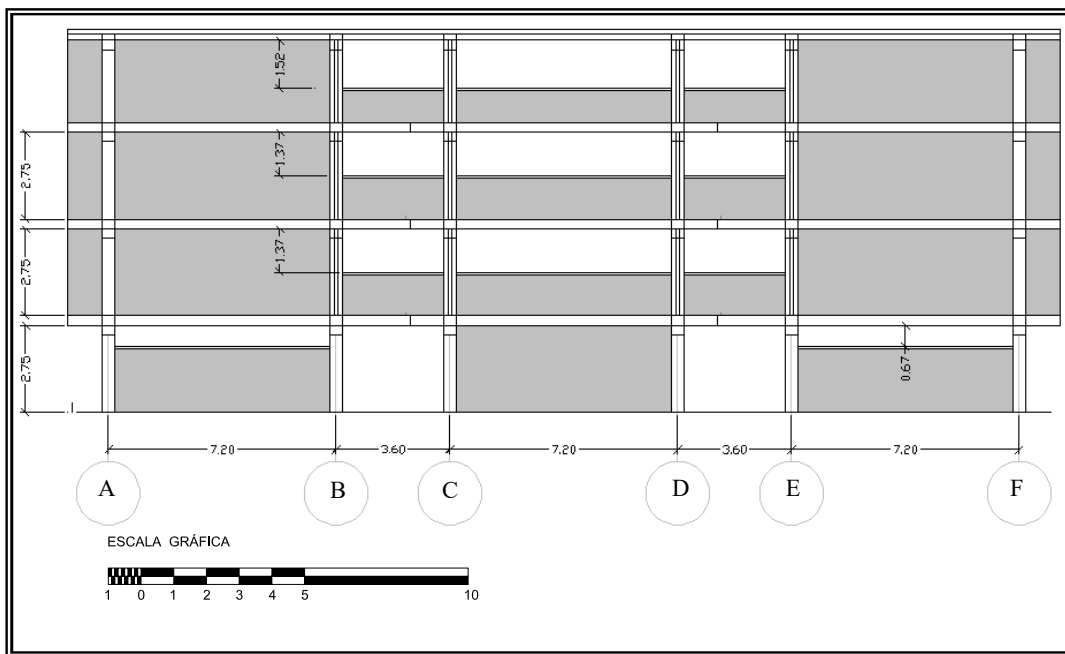
**Figura 4.11.14.- Pórtico 4 (norte-sur) mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de columnas**



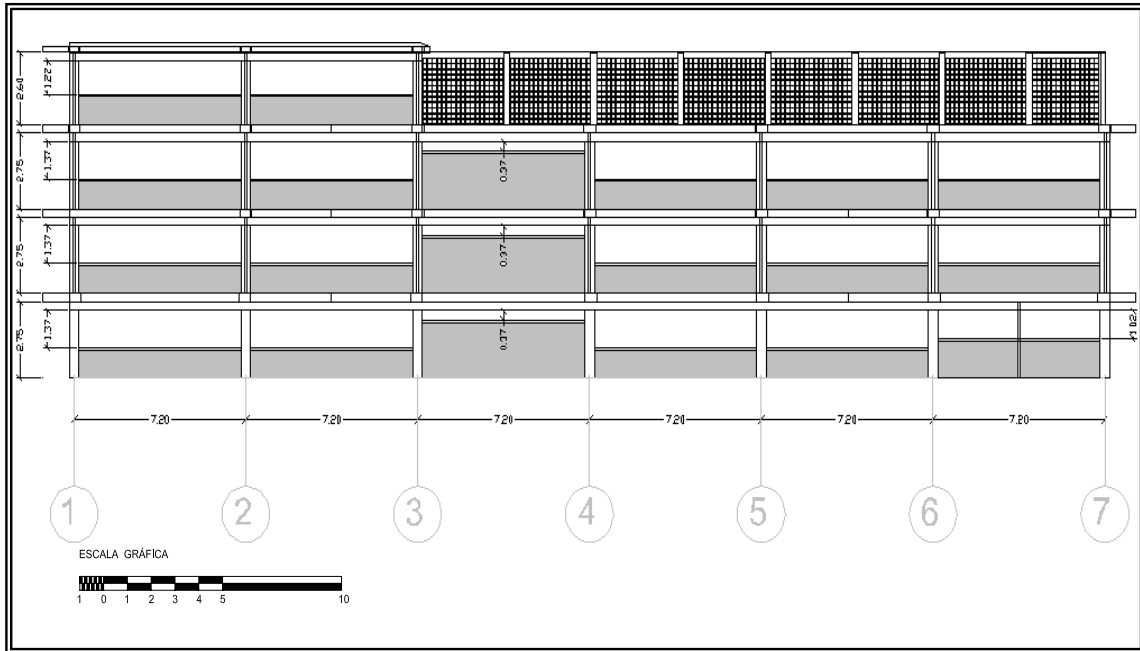
**Figura 4.11.15.- Pórtico 3 (norte-sur) mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de columnas**



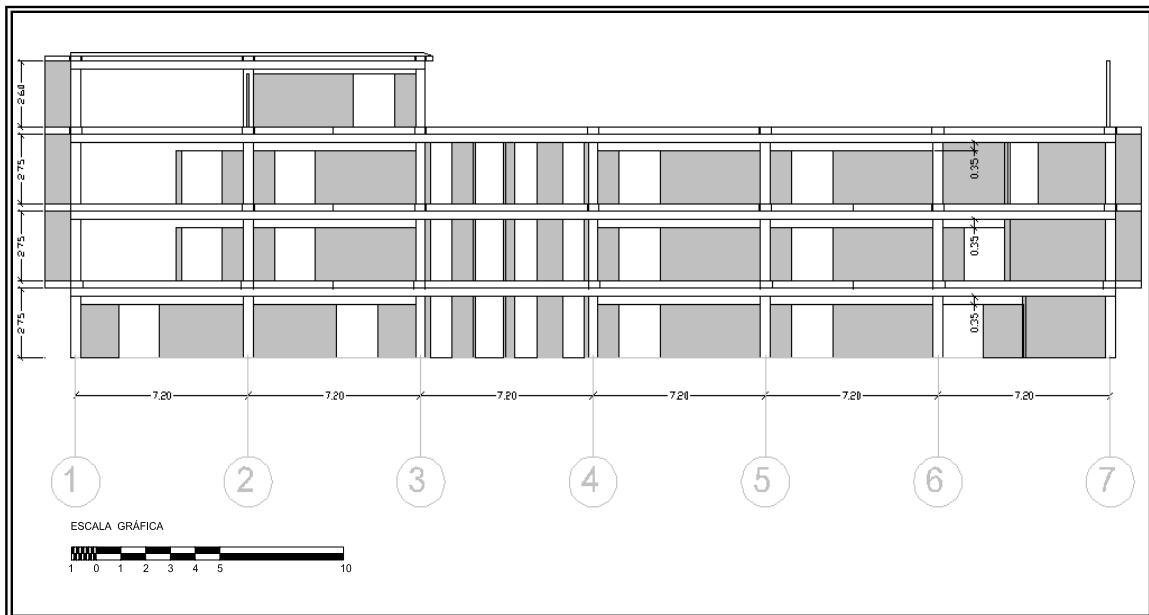
**Figura 4.11.16.- Pórtico 2 (norte-sur) mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de columnas**



**Figura 4.11.17.- Pórtico 1 (norte-sur) mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de columnas**

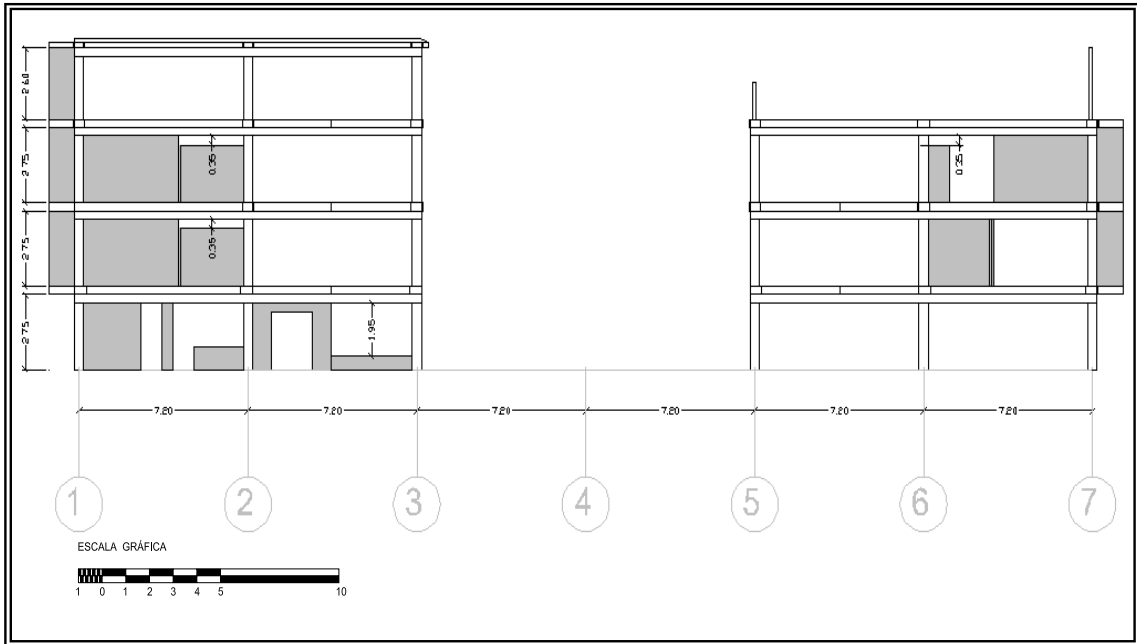


**Figura 4.11.18.- Pórtico A (este-oeste) mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de columnas**

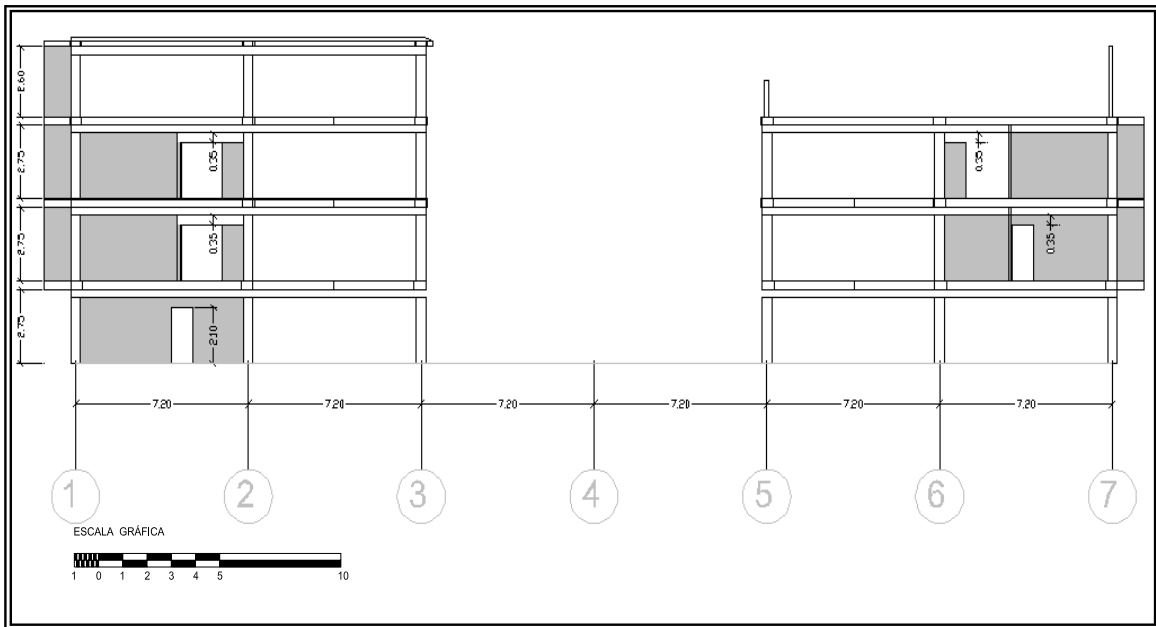


**Figura 4.11.19.- Pórtico B (este-oeste) mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de columnas**

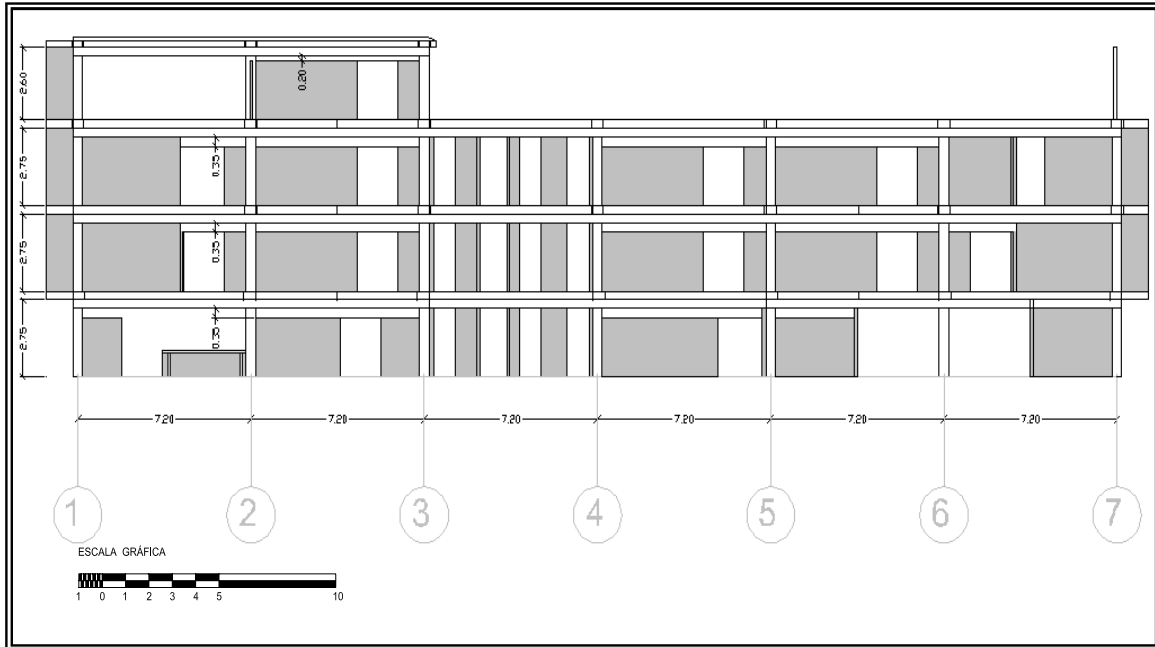




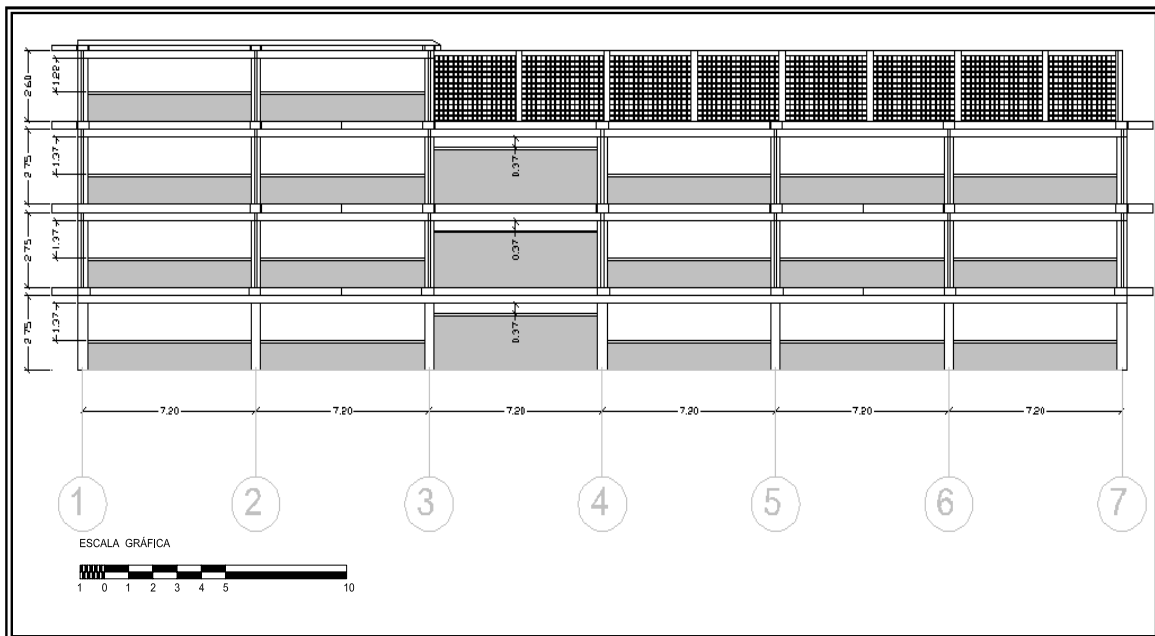
**Figura 4.11.20.- Pórtico C (este-oeste) mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de columnas**



**Figura 4.11.21.- Pórtico D (este-oeste) mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de columnas**



**Figura 4.11.22.- Pórtico E (este-oeste) mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de columnas**



**Figura 4.11.23.- Pórtico F (este-oeste) mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de columnas**

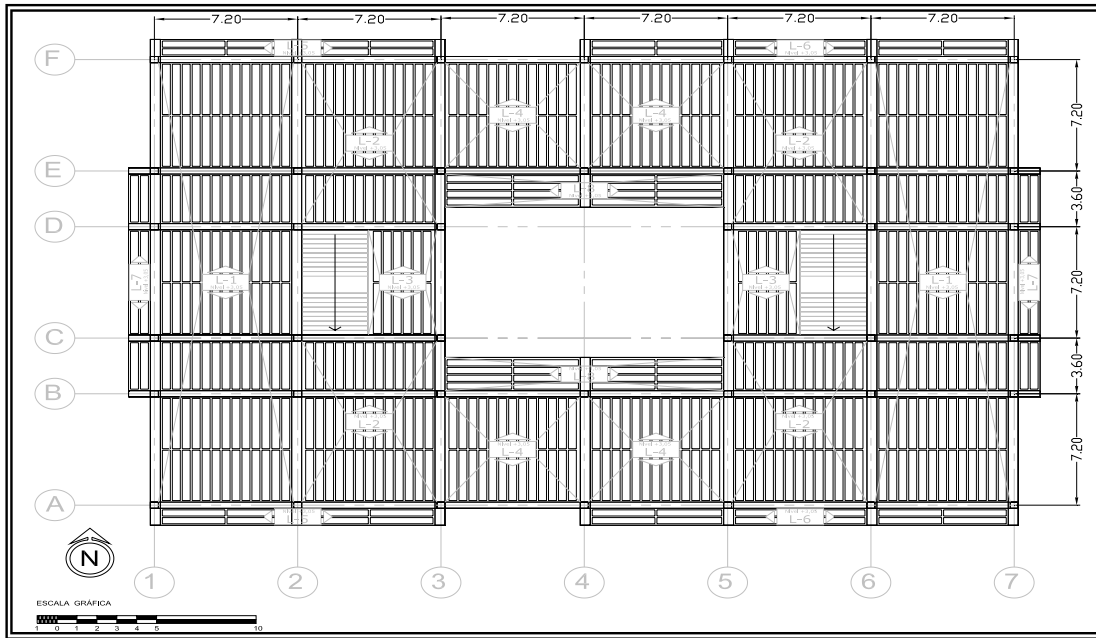


Figura 4.11.24.- Plano de envigado en planta, niveles 1 y 2, mostrando la dirección de armado de losas

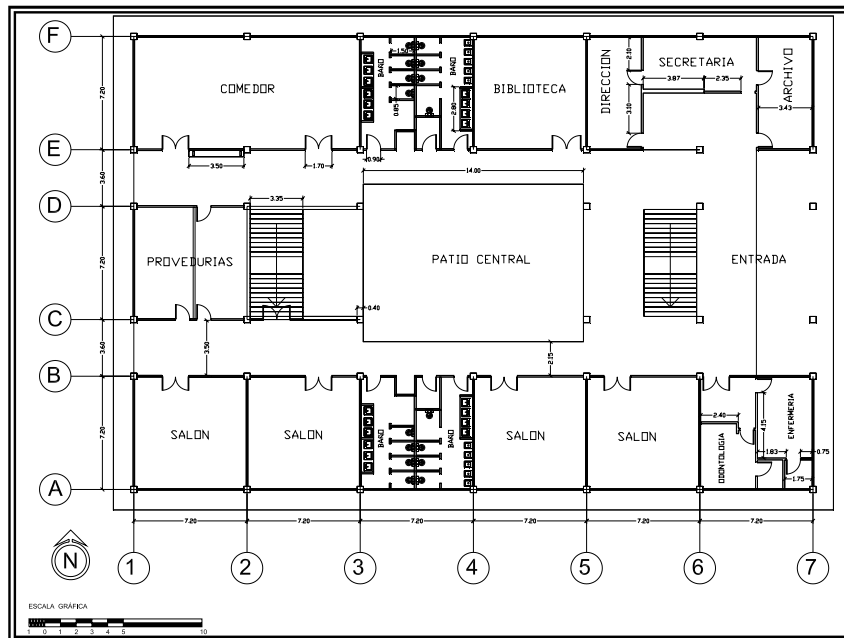
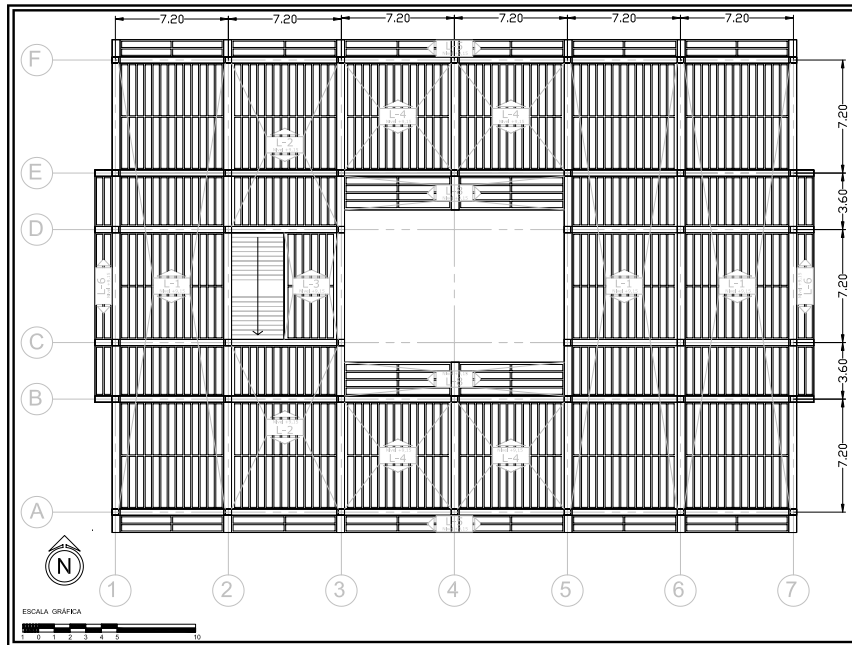
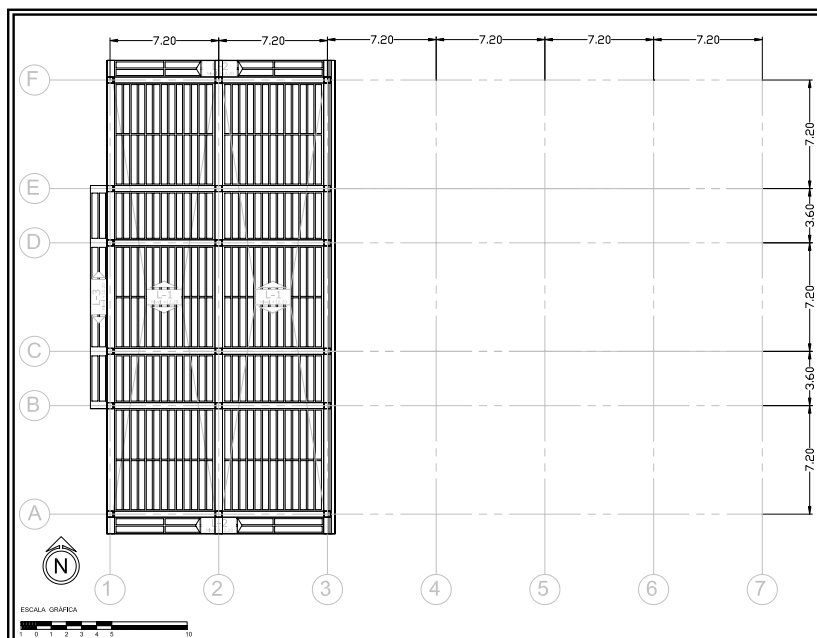


Figura 4.11.25.- Plano de arquitectura de la planta baja, mostrando ubicación de paredes

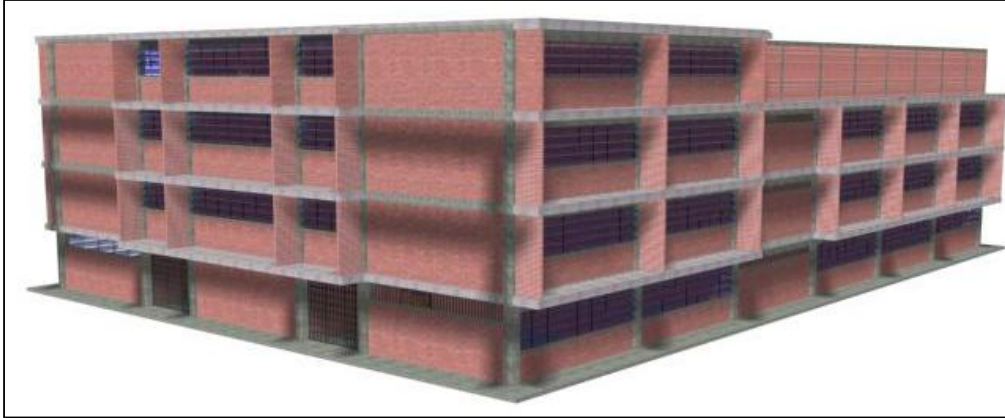


**Figura 4.11.26.- Plano de envigado en planta, nivel 3, mostrando la dirección de armado de losas**



**Figura 4.11.27.- Plano de envigado en planta, nivel 4 (apéndice), mostrando la dirección de armado de losas**

En general la estructura del liceo Domingo Faustino Sarmiento se encuentra en muy buen estado y no se detectó ningún indicio que haga pensar que está sometida a un proceso de deterioro o de sobre cargas anormales, no se evidenciaron grietas en los recorridos efectuados.



**Figura 4.11.28.- Vista Digital del Liceo Domingo Faustino Sarmiento**

#### 4.11.4.- Evaluación Sismorresistente.

El esquema estructural tipo **Cajetón Cerrado** fue uno de los que colapsó durante el terremoto de Cariaco de 1997 con el Liceo Raimundo Martínez Centeno en el Estado Sucre. Se ha evidenciado que las fallas fueron el resultado de deficiencias estructurales para resistir terremotos de carácter conceptual como poca rigidez y resistencia lateral, baja capacidad para disipar energía, insuficiente resistencia al cortante y la presencia de columnas cortas. Durante las inspecciones realizadas a la Unidad Básica Nacional Domingo Faustino Sarmiento se confirmó la existencia de columnas cortas, esto hizo que hubiésemos prestado especial cuidado durante esta evaluación (Figura 4.11.29).



**Figura 4.11.29.- Imágenes del colapso de la estructura del liceo Raimundo Martínez Centeno**



El modelado de la estructura se basó en el método de análisis espectral con superposición modal de tres grados de libertad por planta indicado en la norma COVENIN 1756, y la herramienta utilizada fue el programa espacial SAP2000 para el cual se consideraron las siguientes propiedades de los materiales.

*Propiedades de los materiales.*

Según los planos obtenidos del Liceo Manuel Felipe Tovar ubicado en Valencia, los datos de calidad y resistencia de los materiales utilizados son resistencia del concreto  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  y resistencia del acero  $4.200 \text{ kg/cm}^2$ . Por tratarse el edificio en estudio Unidad Básica Nacional Domingo Faustino Sarmiento una edificación similar en geometría y en época de construcción, se tomó como resistencia del concreto el valor de  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  y como módulo de elasticidad el producto de la fórmula  $E_c = 15.100 (f'c)^{1/2}$ , según la norma COVENIN 1753; en el caso del acero de refuerzo la resistencia se tomó  $4.200 \text{ kg/cm}^2$ , y como módulo de elasticidad  $2.100.000 \text{ kg/cm}^2$ . Para la selección de la distribución de los aceros de refuerzo en columnas de planta baja se tomaron los indicados en los planos del Liceo Manuel Felipe Tovar de Valencia, distribución confirmada por estudios previos donde se usó el *Ferrosan*, sin embargo la distribución y diámetro de los aceros en columnas de niveles superiores se consideraron los indicados en los planos del Liceo Manuel Felipe Tovar considerando los valores más desfavorables es así que se llegó a la siguiente distribución (Figura 4.11.30):

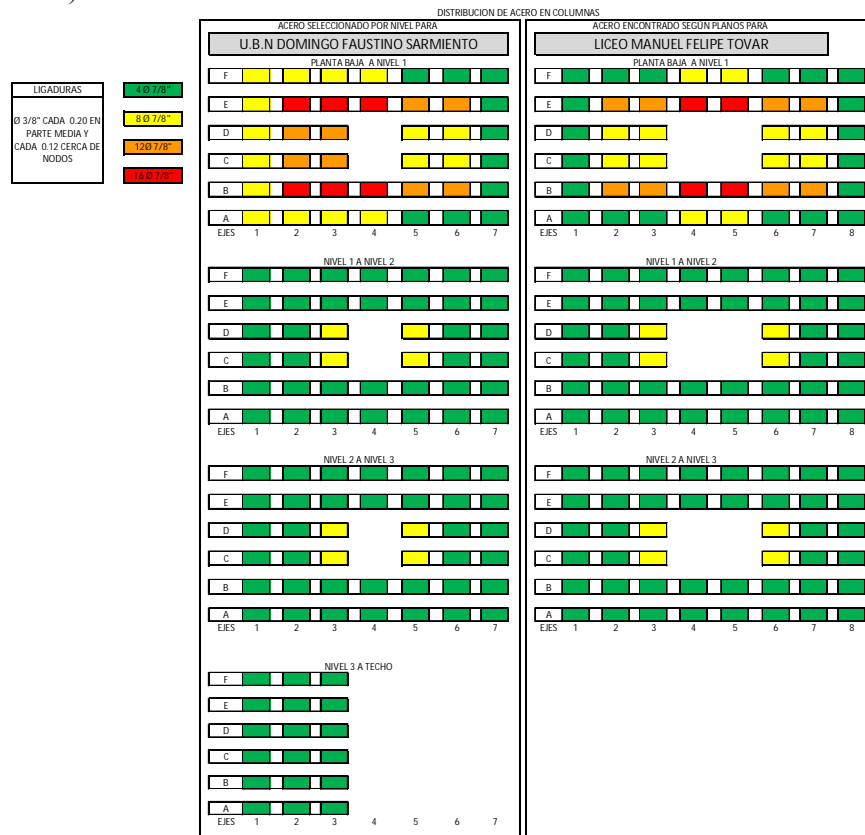


Figura 4.11.30.- Distribución del acero.

Para el caso de la distribución de aceros en vigas igualmente se tomaron los indicados en los planos existentes del Liceo Manuel Felipe Tovar de Valencia.

*Cargas y sobrecargas.*

Los valores de cargas y sobrecargas se tomaron de norma COVENIN 2002-88 titulada “Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones”, según esta norma se consideró como carga variable  $300 \text{ kg/m}^2$  por tratarse de un edificio educacional sin diferenciar entre aulas, pasillos y escaleras. En el caso de la terraza del último nivel se consideró un techo sin acceso, tomando como carga variable  $50 \text{ kg/m}^2$ . Sin embargo, acatando las recomendaciones de la norma COVENIN 1756 para el análisis sísmico se consideró una participación del 50% de la carga viva en los entresijos y el 0% de la misma en techos sin acceso. Para la tabiquería el peso propio considerado fue de  $170 \text{ kg/m}^2$  tomando paredes de trincote de 15 cm. de espesor y se asumió un módulo de elasticidad de  $20.000 \text{ kg/m}^2$ . El peso propio de la losa nervada en una dirección de espesor 30 cm. se tomó  $360 \text{ kg/m}^2$ . Como sobrepiso y acabado se consideró un espesor de 10 cm. sobre toda la losa de un concreto pobre de densidad  $1.800 \text{ kg/m}^3$ , arrojando una sobrecarga de  $180 \text{ kg/m}^2$ . En el caso del friso de la parte inferior de la losa se consideró  $40 \text{ kg/m}^2$ . Como peso propio del concreto se consideró  $2.500 \text{ kg/m}^3$ . Para los análisis de cargas se consideraron las combinaciones de cargas y sobrecargas sugeridas por la norma COVENIN 1756. En la Tabla 4.11.2 se muestran las masas de cada nivel.

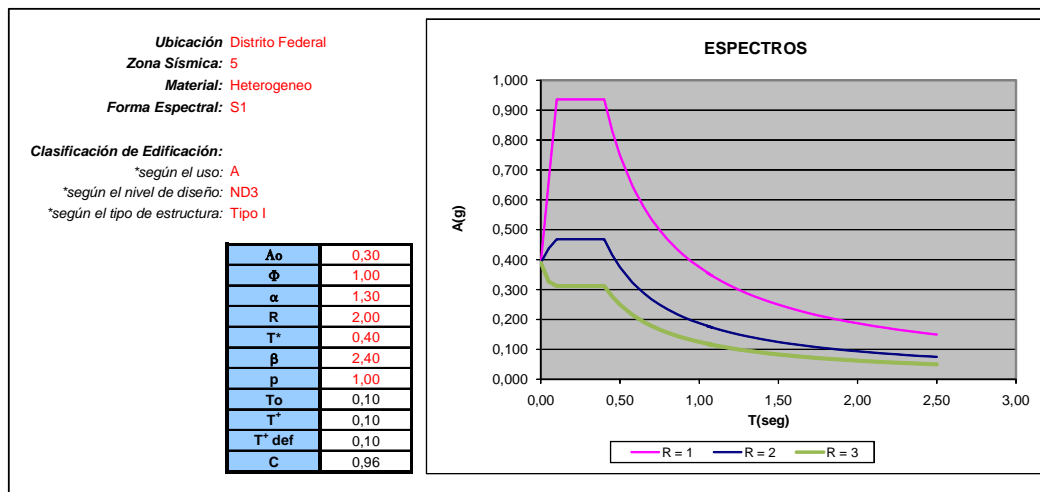
**Tabla 4.11.2.- Centros de masas, masas e inercias rotacionales obtenidas por nivel.**

UNIDAD BASICA NACIONAL DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO				
NIVEL	$X_{CM}$	$Y_{CM}$	masa (kg)	J (I Rotacional)
P1	21,6	14,4	109.403	24.576.343
P2	21,6	14,4	109.403	24.576.343
P3	20,6	14,4	98.930	22.223.635
PT	7,2	14,4	28.445	2.457.669

*Acción Sísmica.*

La Unidad Básica Nacional Domingo Faustino Sarmiento está ubicada en Caracas, en la Urbanización Maripérez, a la que le corresponde zona sísmica Nro. 5, cuyo coeficiente de aceleración horizontal  $A_0$  es de 0.30. Por tratarse de una edificación educacional su factor de importancia corresponde al grupo A de  $\alpha = 1.30$ . Ver Figura 4.11.31.

Se le contrató a la empresa PERFOCA la realización de un estudio de suelos detallado, en él se recomienda utilizar un suelo tipo S1 y un factor de corrección  $f_i = 0.90$ .



**Figura 4.11.31. Espectros de respuesta.**

Dada la experiencia del comportamiento estructural del Liceo Raimundo Martínez Centeno colapsado en Cariaco, y por tratarse la UBN Domingo Faustino Sarmiento de una estructura similar tipo cajetón cerrado, se puede decir que existe poco margen del sistema estructural para incursionar en el rango inelástico al someterla a acciones sísmicas de importancia. Adicionalmente, se trata de una edificación de concreto armado aporricada que clasifica como tipo 1, ejecutada en los años 70 cuyo detallado según la experiencia previa no cumple el nivel de diseño ND = 3. Sumado a esto, la estructura tiene abundancia de columnas cortas, lo que atenúa su resistencia al cortante, por ello se asume en los modelos estudiados el nivel de diseño ND = 1 y un factor de reducción de respuesta  $R = 2$  tal como lo prescribe la norma COVENIN 1756.

Con la finalidad de analizar el comportamiento del edificio ante la acción sísmica y considerando el comportamiento de la estructura sola y la contribución o interferencia de la mampostería se prepararon dos modelos básicos, ambos consideran el diafragma rígido en cada nivel ya que se trata de una losa nervada de concreto de 30 cm. de espesor y concentran las masas en el centro de masas o centro de gravedad de cada planta.

#### MODELO 1

El primer modelo es de la estructura sola de vigas y columnas sin paredes ni escaleras, reduciendo la inercia de cada elemento correspondiente al estado de agrietamiento esperado durante la acción sísmica de períodos de retorno de 500 años estipulado en la norma COVENIN 1756, a tal efecto se adoptó como inercia reducida para las vigas el 40% de la inercia gruesa ( $I_r = 0.4 I_g$ ) y para las columnas la inercia reducida fue el 60% de la inercia gruesa ( $I_r = 0.6 I_g$ ). Ver Tabla 4.11.3.

#### MODELO 2

El segundo modelo es idéntico al modelo anterior pero se modelaron las paredes de trincote que están enmarcadas o adosadas a los pórticos. Para el modelado de las paredes se utilizó el método de la biela equivalente Klingner-Rubiano-Bashandy-Sweeney considerando

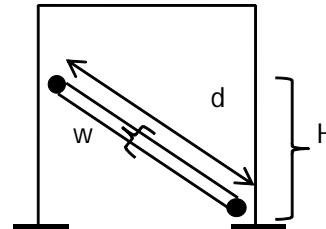
la altura obtenida del levantamiento en sitio y no se consideró masa adicional ya que la masa de estas fue incluida en el centro de masas de cada planta. Ver Tablas 4.11.3 y 4.11.4.

**Tabla 4.11.3.- Periodos fundamentales y formas modales, modelos 1 y 2.**

PERIODOS					
Modo	Modelo 1		Modelo 2		
1	1,697	UY	1,046	UX	
2	1,158	RZ	0,899	UY	
3	1,083	UX	0,764	RZ	
4	0,508	-	0,435	-	

**Tabla 4.11.4.- Dimensiones asignadas a las bielas para mampostería.**

BIELAS		
H	d	w
PARED 1,2	7,28	0,22
PARED 1,4	7,33	0,22
PARED 2,2	7,50	0,90
PARED 2,2 + PUERTA	7,50	0,23
PARED COMPLETA	7,84	1,18



*Derivas*

Los valores obtenidos de derivas en el *MODELO 1* en la dirección corta de la edificación (Y) vemos que llegan a 15,876 ‰ lo que supera el máximo permitido por la norma Venezolana 1756-2001 para estructuras educacionales que es de 12 ‰. Para este mismo modelo en el sentido largo o sentido X la deriva llega a valores de 9,07 ‰. En el *MODELO 2* donde se analiza la estructura con paredes el valor de la deriva en la dirección X es de 7,016 ‰ y de 5,858 ‰ en la dirección Y, ambos valores no llegan a superar el máximo indicado en la norma de 12 ‰, ya que la mampostería rigidiza el sistema estructural (Tabla 4.11.5). Sin embargo estos valores solo son de referencia, ya que la mampostería no puede ser considerada durante una evaluación estructural por varias razones entre ellas porque es susceptible a modificación por remodelaciones internas, lo que modificaría el comportamiento estructural y puede, también, perder toda capacidad resistente durante un sismo por falla o agrietamiento.

**Tabla 4.11.5. Desplazamientos y derivas de los modelos 1 y 2.**

DESPLAZAMIENTOS (m) elástico			DERIVAS (‰)		
Dirección	Modelo 1	Modelo 2	Dirección	Modelo 1	Modelo 2
X	0,070	0,055	X	9,070	7,106
Y	0,122	0,045	Y	15,876	5,858

*Relación DEMANDA/CAPACIDAD*

Se verificó por nivel en cada una de las columnas las fuerzas actuantes o demanda y las resistentes o capacidad tanto a flexión como a cortante de manera de verificar por nivel cual sería el comportamiento esperado de las columnas durante la ocurrencia de un evento sísmico. Si este cociente es mayor a la unidad en un elemento estructural indica que las fuerzas actuantes exceden a las resistentes por ende posibilidad de falla. A continuación se presenta en la Tabla 4.11.6 con cada uno de los modelos analizados, la estructura sola (*modelo 1*) y la estructura junto con la participación de la mampostería (*modelo 2*) en cada una de las direcciones resistentes X y Y. El color verde claro, en esta tabla, indica columnas capaces de resistir, es decir demanda/capacidad menores a la unidad, el amarillo, posible falla a flexión, falla dúctil y para el caso del color rojo claro, falla por cortante o falla frágil.

Analizando los resultados obtenidos podemos indicar que durante un sismo la estructura sola, en gran cantidad de columnas, la demanda supera a la capacidad lo que teóricamente indica fallas a flexión, la mayoría de ellas en planta baja. Peor aún cuando se analiza el modelo con la contribución de la mampostería donde algunas columnas fallan por corte es decir fallas sin capacidad para disipar energía.

**Tabla 4.11.6.- Relación Demanda/Capacidad para los modelos 1 y 2.**

DEMANDA / CAPACIDAD MODELO SIN PAREDES (INERCIA AGRIETADA)										DEMANDA / CAPACIDAD MODELO CON PAREDES (INERCIA AGRIETADA)									
DIRECCION X										DIRECCION X									
	D1C1	D2C2	D3C3	D4C4		D1C1	D2C2	D3C3	D4C4		D1C1	D2C2	D3C3	D4C4		D1C1	D2C2	D3C3	D4C4
A1	1.11	0.93	0.61	0.82	D1	1.20	0.91	0.57	0.58	A1	0.43	0.43	0.29	0.20	D1	1.47	0.83	0.26	0.12
A2	1.89	1.73	0.95	0.97	D2	1.35	1.72	0.98	0.94	A2	0.80	0.44	0.44	0.32	D2	1.70	0.29	0.28	0.31
A3	1.58	1.53	0.99	0.78	D3	0.93	0.84	0.50	0.61	A3	1.14	0.79	0.54	0.27	D3	0.37	0.15	0.15	0.18
A4	1.44	1.52	1.31		D4	1.10	0.83	0.60		A4	1.18	0.83	0.53		D4	0.43	0.16	0.18	
A5	1.82	1.51	1.28		D5	1.44	1.74	1.56		A5	0.78	0.68	0.54		D5	0.53	1.27	0.24	
A6	1.86	1.57	1.34		D6	1.33	0.94	0.82		A6	0.70	0.69	0.53		D6	0.56	0.71	0.53	
A7	1.35	1.02	0.88		D7	1.15	0.91	0.58	0.60	A7	0.56	0.50	0.38		D7	0.39	0.59	0.32	0.22
B1	1.15	0.91	0.58	0.60	E1	1.15	0.91	0.58	0.60	B1	0.39	0.61	0.33	0.23	E1	0.91	0.53	0.44	0.36
B2	1.27	1.96	0.95	0.94	E2	1.27	1.96	0.95	0.94	B2	1.13	0.16	0.18	0.36	E2	0.34	0.19	0.15	0.10
B3	1.11	1.60	0.95	0.76	E3	1.11	1.60	0.95	0.76	B3	0.34	0.49	0.32	0.08	E3	0.92	0.50	0.39	
B4	1.02	1.51	1.30		E4	1.02	1.51	1.30		B4	0.35	0.19	0.16		E4	1.19	0.66	0.52	
B5	1.22	1.48	1.25		E5	1.22	1.48	1.25		B5	1.21	0.67	0.50		E5	0.57	0.48	0.45	
B6	1.27	1.57	1.33		E6	1.27	1.57	1.33		B6	1.12	0.73	0.56		E6	1.45	0.66	0.15	
B7	1.33	0.97	0.85		E7	1.33	0.97	0.85		B7	1.63	0.78	0.19		E7	0.42	0.43	0.29	0.20
C1	1.20	0.91	0.57	0.58	F1	1.11	0.93	0.61	0.62	C1	1.41	0.84	0.43	0.11	F1	0.79	0.70	0.44	0.32
C2	1.35	1.72	0.98	0.94	F2	1.89	1.73	0.95	0.97	C2	0.36	0.83	0.58	0.18	F2	1.13	0.79	0.54	0.27
C3	0.93	0.84	0.50	0.61	F3	1.58	1.53	0.99	0.78	C3	0.76	0.14	0.16	0.19	F3	1.17	0.82	0.53	
C4	1.10	0.83	0.60		F4	1.44	1.52	1.31		C4	0.44	0.17	0.18		F4	0.77	0.68	0.54	
C5	1.45	1.70	1.56		F5	1.82	1.51	1.28		C5	0.50	0.78	0.17		F5	0.78	0.68	0.53	
C6	1.33	0.94	0.82		F6	1.86	1.57	1.34		C6	0.57	0.45	0.80		F6	0.56	0.49	0.38	
C7					F7	1.35	1.02	0.88		C7					F7				
DIRECCION Y										DIRECCION Y									
	D1C1	D2C2	D3C3	D4C4		D1C1	D2C2	D3C3	D4C4		D1C1	D2C2	D3C3	D4C4		D1C1	D2C2	D3C3	D4C4
A1	0.94	0.61	0.55	0.28	D1	1.39	1.40	1.08	0.90	A1	0.42	0.48	0.23	0.14	D1	0.49	0.41	0.22	0.23
A2	1.12	0.59	0.41	0.28	D2	1.08	1.35	0.92	0.83	A2	0.82	0.24	0.16	0.02	D2	0.58	0.31	0.19	0.08
A3	0.87	0.52	0.37	0.39	D3	0.87	1.06	0.72	0.99	A3	0.63	0.20	0.14	0.14	D3	0.20	0.29	0.29	0.11
A4	0.72	0.52	0.39		D4	0.89	0.94	0.79		A4	0.59	0.22	0.14		D4	0.28	0.34	0.32	
A5	0.84	0.48	0.34		D5	0.84	1.05	1.05		A5	0.88	0.25	0.14		D5	0.28	0.36	0.30	
A6	0.79	0.46	0.30		D6	0.98	0.96	0.91		A6	1.07	0.29	0.14		D6	0.49	0.41	0.36	
A7	0.71	0.48	0.30		D7	1.34	1.41	1.12	0.94	A7	0.90	0.75	0.22		D7	0.45	0.25	0.17	0.13
B1	1.34	1.41	1.12	0.94	E1	1.04	1.61	0.92	0.85	B1	0.45	0.25	0.18	0.14	E1	0.19	0.32	0.30	0.10
B2	1.04	1.61	0.92	0.85	E2	0.84	1.26	0.83	1.02	B2	0.55	0.36	0.30	0.10	E2	0.45	0.32	0.20	0.18
B3	0.84	1.26	0.83	1.02	E3	0.55	0.58	0.47		B3	0.45	0.32	0.20	0.18	E3	0.50	0.35	0.25	
B4	0.55	0.58	0.47		E4	0.79	1.01	0.98		B4	0.42	0.22	0.15		E4	0.61	0.35	0.25	
B5	0.79	1.01	0.98		E5	0.76	0.98	0.94		B5	0.61	0.35	0.25		E5	0.74	0.37	0.28	
B6	0.76	0.98	0.94		E6	0.98	0.99	0.96		B6	0.74	0.37	0.28		E6	0.95	0.50	0.21	
B7	0.98	0.99	0.96		E7	0.94	0.61	0.55	0.28	B7	0.94	0.50	0.21		E7	0.42	0.48	0.23	0.14
C1	1.39	1.40	1.08	0.90	F1	1.12	0.59	0.41	0.28	C1	0.49	0.41	0.23	0.23	F1	0.25	0.21	0.17	0.02
C2	1.08	1.35	0.92	0.83	F2	0.87	0.52	0.37	0.39	C2	0.58	0.31	0.19	0.08	F2	0.63	0.20	0.14	0.14
C3	0.87	1.06	0.72	0.99	F3	0.72	0.52	0.39		C3	0.20	0.29	0.29	0.01	F3	0.60	0.22	0.14	
C4	0.89	0.94	0.79		F4	0.84	0.48	0.34		C4	0.28	0.34	0.32		F4	0.89	0.25	0.14	
C5	0.84	1.02	1.05		F5	0.79	0.46	0.30		C5	0.28	0.35	0.30		F5	1.08	0.29	0.14	
C6	0.98	0.96	0.91		F6	0.71	0.48	0.30		C6	0.49	0.41	0.36		F6	0.90	0.75	0.22	
C7					F7					C7					F7				



Análisis Estático No Lineal

Los modelos matemáticos realizados para el caso del análisis estructural LINEAL se sometieron a un análisis NO LINEAL cuyo objetivo principal es generar la curva de capacidad o *pushover curve*. Con esta curva se determinará la capacidad máxima de la estructura la cual no podrá ser superada luego de ser reforzada de manera de disminuir el riesgo sísmico. Aquí, el modelo matemático se somete a cargas laterales aplicadas en el centro de masas de cada planta considerando un diafragma rígido y proporcionales a los desplazamientos obtenidos del análisis lineal de manera que simulen una posible distribución de fuerzas sísmicas(Figura 4.11.32). Para el análisis estas cargas sufren un aumento monótonico hasta que el “desplazamiento objetivo” alcanza el valor máximo establecido o la estructura sufre el colapso. En este aumento de cargas cada pórtico es monitoreado paso a paso registrando su deterioro y desplazamiento y almacenando el estado de cada una de las rotulas previamente definidas en los extremos de los miembros.

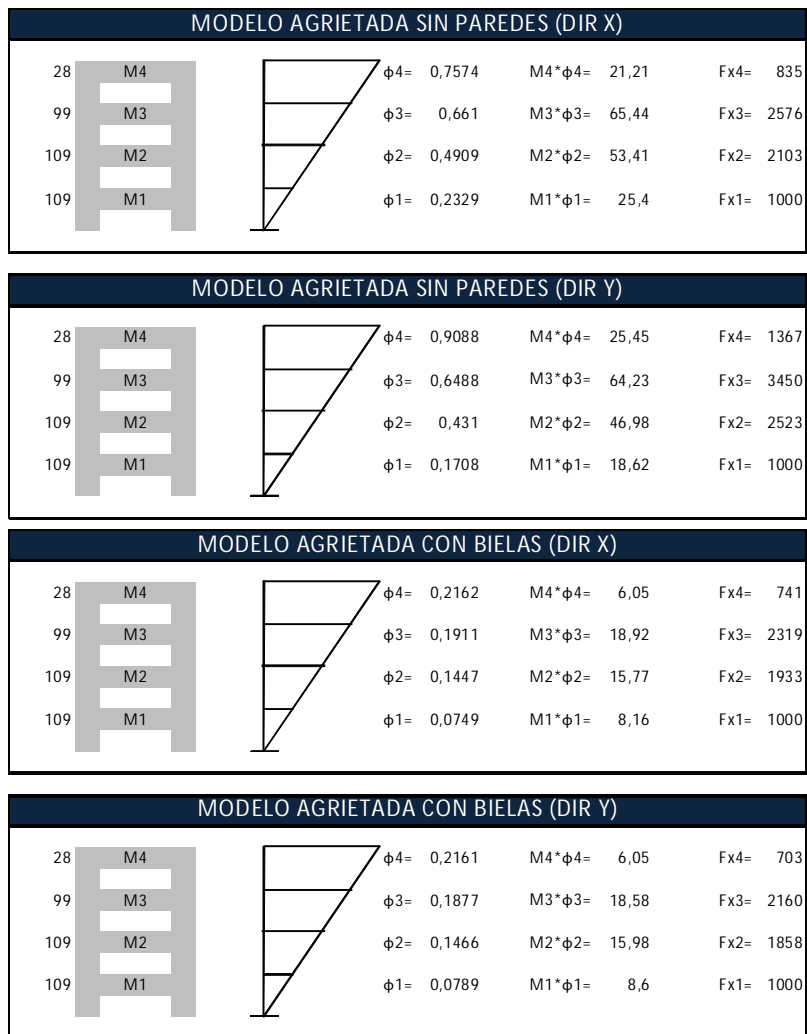


Figura 4.11.32.- Asignación de cargas laterales para A.E.N.L.

Para el caso de la estructura sola o *MODELO 1* de inercia agrietada se definieron todas las columnas con el acero estructural propuesto anteriormente (propiedad de los materiales). En este modelo se definieron rótulas en cada uno de los extremos de miembro (vigas y columnas) tomando en cuenta los parámetros indicados en FEMA 356 considerando estructura relativamente frágil, dando inicio al análisis luego de ser sometido al modelo a cargas verticales de servicio o paso CERO (Figura 4.11.33).

<i>Table 6-8 Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures- Reinforced Concrete Columns</i>										
Conditions	Modeling Parameters <sup>3</sup>			Acceptance Criteria <sup>3,4</sup>						
	Plastic Rotations Angle, radians	Residual Strength Ratio	IO	Plastic Rotations Angle, radians						
				Performance Level						
				Component Type						
				Primary	Secondary	LS	CP	LS	CP	
<b>Condition i.<sup>1</sup></b>										
$\frac{P}{A_s f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s}$									
≤ 0.1	≥ 0.006		0.035	0.060	0.2	0.005	0.026	0.035	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006		0.010	0.010	0.0	0.003	0.008	0.009	0.009	0.010
≤ 0.1	= 0.002		0.027	0.034	0.2	0.005	0.020	0.027	0.027	0.034
≥ 0.6	= 0.002		0.005	0.005	0.0	0.002	0.003	0.004	0.004	0.005
<b>Condition ii.<sup>1</sup></b>										
$\frac{P}{A_s f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s}$	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$								
≤ 0.1	≥ 0.006	≤ 3	0.032	0.060	0.2	0.005	0.024	0.032	0.045	0.060
≤ 0.1	≥ 0.006	≥ 6	0.025	0.060	0.2	0.005	0.019	0.025	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006	≤ 3	0.010	0.010	0.2	<b>DIRECCION Y</b>		0.009	0.009	0.010
≥ 0.6	≥ 0.006	≥ 6	0.008	0.008	0.2	<b>ENTREPISO 1</b>		0.007	0.007	0.008
≤ 0.1	≤ 0.0005	≤ 3	0.012	0.012	0.0	<b>ENTREPISO 4</b>		0.010	0.010	0.012
≤ 0.1	≤ 0.0005	≥ 6	0.006	0.006	0.0	<b>ENTREPISO 2 Y 3</b>		0.005	0.005	0.006
≥ 0.6	≤ 0.0005	≤ 3	0.004	0.004	0.0	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004
≥ 0.6	≤ 0.0005	≥ 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Condition iii.<sup>1</sup></b>										
$\frac{P}{A_s f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s}$									
≤ 0.1	≥ 0.006		0.0	0.060	0.0	<b>DIRECCION X</b>		0.0	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006		0.0	0.008	0.0	<b>ENTREPISO 1</b>		0.0	0.007	0.008
≤ 0.1	≤ 0.0005		0.0	0.006	0.0	<b>ENTREPISO 2,3 Y 4</b>		0.0	0.005	0.006
≥ 0.6	≤ 0.0005		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Condition iv. Columns controlled by inadequate development or splicing along the clear height<sup>1</sup></b>										
$\frac{P}{A_s f'_c}$	$\rho = \frac{A_s}{b_w s}$									
≤ 0.1	≥ 0.006		0.0	0.060	0.4	0.0	0.0	0.0	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006		0.0	0.008	0.4	0.0	0.0	0.0	0.007	0.008
≤ 0.1	≤ 0.0005		0.0	0.006	0.2	0.0	0.0	0.0	0.005	0.006
≥ 0.6	≤ 0.0005		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

1. Refer to Section 6.4.2.2 for definition of conditions i, ii, and iii. Columns will be considered to be controlled by inadequate development or splices when the calculated steel stress at the splice exceeds the steel stress specified by Equation 6-2. Where more than one of the conditions i, ii, iii, and iv occurs for a given component, use the minimum appropriate numerical value from the table.
2. Where  $P > 0.7A_s f'_c$ , the plastic rotation angles shall be taken as zero for all performance levels unless columns have transverse reinforcement consisting of hoops with 135 degree hooks spaced at  $\leq d/3$  and the strength provided by the hoops ( $V_h$ ) is at least three-fourths of the design shear. Axial load,  $P$ , shall be based on the maximum expected axial loads due to gravity and earthquake loads.
3. Linear interpolation between values listed in the table shall be permitted.
4. Primary and secondary component demands shall be within secondary component acceptance criteria where the full backbone curve is explicitly modeled including strength degradation and residual strength in accordance with Section 3.4.3.2.

**Figura 4.11.33.- Asignación de rótulas plásticas para A.E.N.L.**

El análisis estático no lineal de la estructura sola o *MODELO 1* nos indica que la cedencia se inicia cuando la estructura logra una deformación de 5 cms en el centro de masa del nivel techo para lo cual se llega a un cortante basal de 460 toneladas, a partir de este punto la estructura pierde capacidad resistente producto de la formación de rótulas plásticas hasta llegar a una deformación última previa al colapso de 7,2 cms. Según el análisis FEMA considerando el peso total de la estructura de 3.800 toneladas, el cortante basal máximo logrado del *pushover*, el número de niveles y su período fundamental en la dirección de estudio, se obtiene que la demanda a la que va a estar sometida esta estructura es de 12,8 cms lo que nos indica que se superaría la capacidad llegando al colapso.

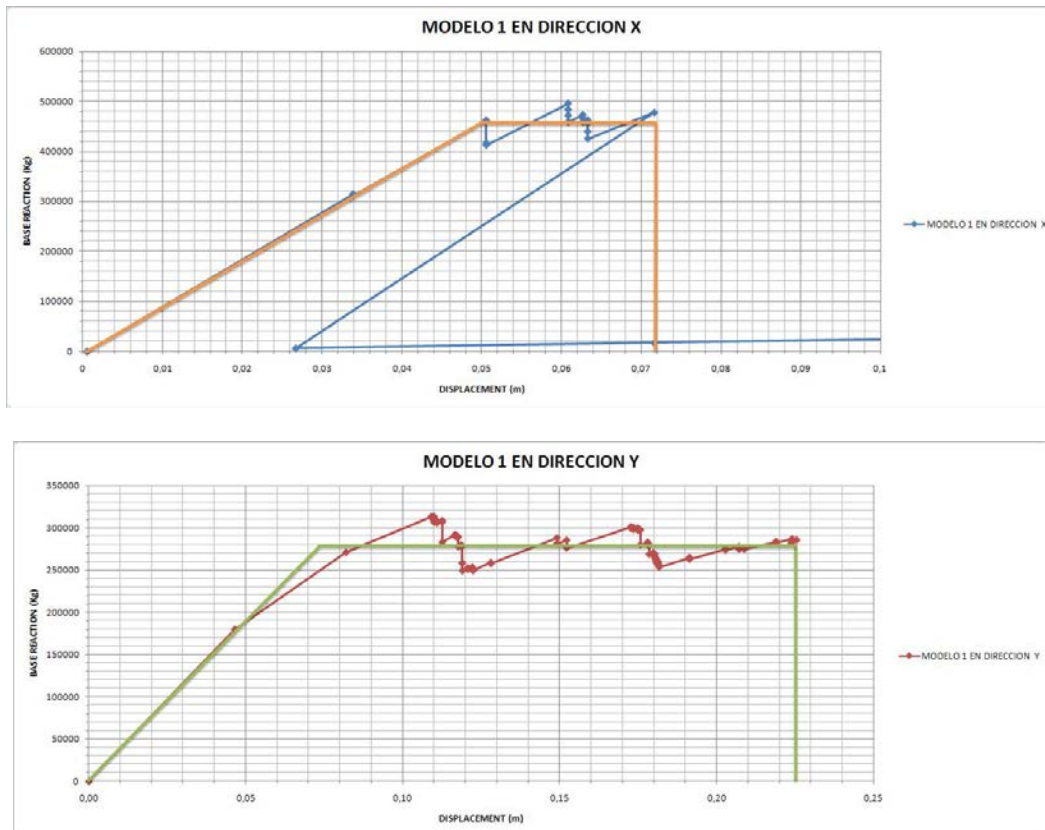


Figura 4.11.34.- Curvas desplazamientos vs. cortante basal.

El mismo *MODELO 1* de la estructura sola considerando la inercia agrietada de vigas y columnas pero ahora estudiando la dirección corta de la edificación o dirección Y vemos que según lo que arroja la curva pushover el cortante máximo es de 260 toneladas y la cedencia de la edificación se inicia luego de alcanzar una deformación de 7,3 cms, siendo su valor último previo al colapso de 25 cms. Utilizando estos valores la demanda calculada según FEMA

alcanzaría valores de deformación de 19,9 cms lo que implicaría daño severo sobre la edificación.

Los resultados del *MODELO 2*, estructura con mampostería vemos que el cortante máximo alcanza 520 toneladas, la Cedencia comienza a los 3,4 cms y la ultima es de 7,2 cms, según los cálculos de FEMA la demanda sería de 10,4 cms equivalente a Colapso. Pero en este caso previo al colapso vemos que a nivel de planta baja cuando la estructura alcanza una deformación de 3,8 cms fallan algunas columnas de planta baja por cortante en los pórticos 1 y 7, es decir se activa la columna corta la demanda por corte supera su capacidad, lo que equivale a una falla frágil y probablemente un colapso ya que las columnas pierden toda capacidad portante. Este comportamiento matemático del Análisis Estático No Lineal (AENL) coincide con lo ocurrido durante el terremoto de cariacó de 1997 en el Liceo Raimundo Martínez Centeno.



**Figura 4.11.35.- Curvas desplazamientos (CM en nivel techo) vs. cortante basal.**

El mismo *MODELO 2* en dirección Y o dirección corta de la edificación alcanza un cortante de 480 toneladas, la cedencia se logra a los 2,0 cms de deformación siendo la última de unos 25,0 cms. Por FEMA se obtiene una demanda de 9,2 cms indicando Daño Moderado.

Sin embargo en esta dirección no aparece la columna corta ya que la mampostería ocupa la totalidad de los vanos viga-columna.

Considerando que los resultados obtenidos del modelo LINEAL de la estructura de la Unidad Básica Nacional Domingo Faustino Sarmiento indican que su desplazamiento alcanza valores de 15,876 ‰ superando en más de un 30 % el desplazamiento máximo permitido por la norma Venezolana 1756-2001 para estructuras educacionales (12 ‰), sin embargo, si consideramos los estudios de Ahmed Ghobarah que sugieren que, en estructuras educacionales antiguas, la desplazabilidad máxima en el caso de evaluaciones y/o refuerzos no deben superar valores del 8 ‰.

Por otro lado los resultados obtenidos del Análisis Estático NO LINEAL indican que la estructura será sometida a una demanda que supera su capacidad implicando daño severo o colapso, según FEMA. Adicionalmente si la estructura es analizada con la participación de su mampostería aparecerían columnas cortas en planta baja al llegar a deformaciones de 3,8 cms o derivas equivalentes del 3.23 ‰, mucho antes de lo máximo recomendado por la norma, Por tanto, recomendamos que la Unidad Básica Nacional Domingo Faustino Sarmiento sea reforzada.

#### 4.11.5.- Refuerzo Estructural

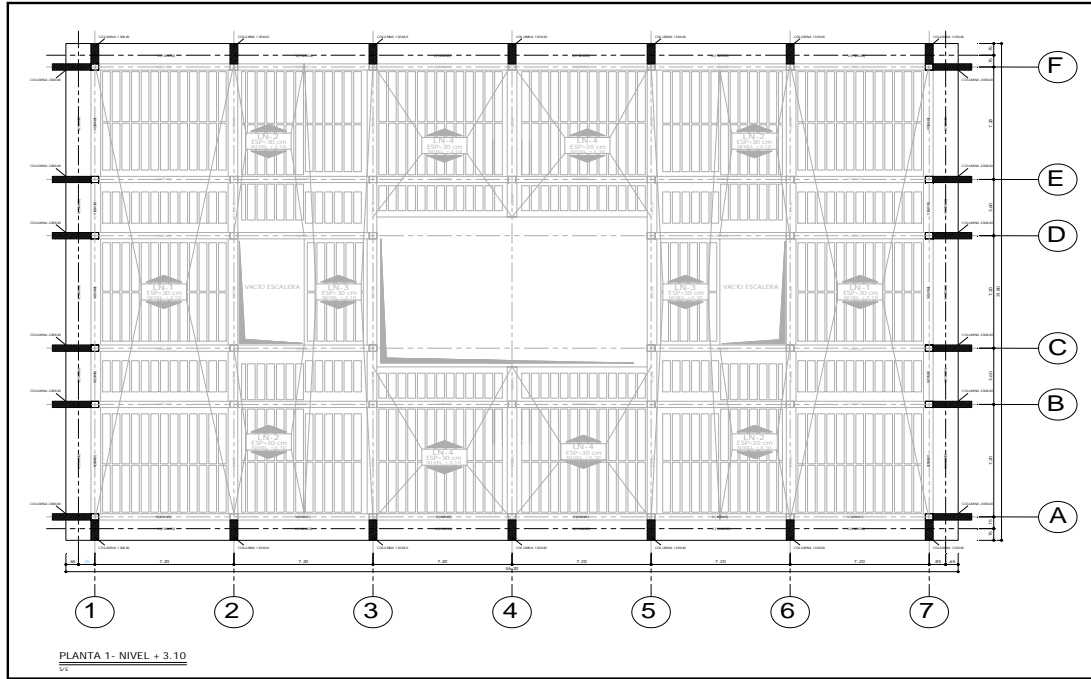
A continuación se presentan dos de los modelos de refuerzo, que a nuestro juicio, se acoplan y arrojan un comportamiento estructural aceptable y que desde el punto de vista arquitectónico no reducen la calidad espacial de la edificación y que constructivamente resultaron los más convenientes ya que su ejecución en todo momento es externa y sin la suspensión de actividades escolares.

- *Opciones de refuerzo.*

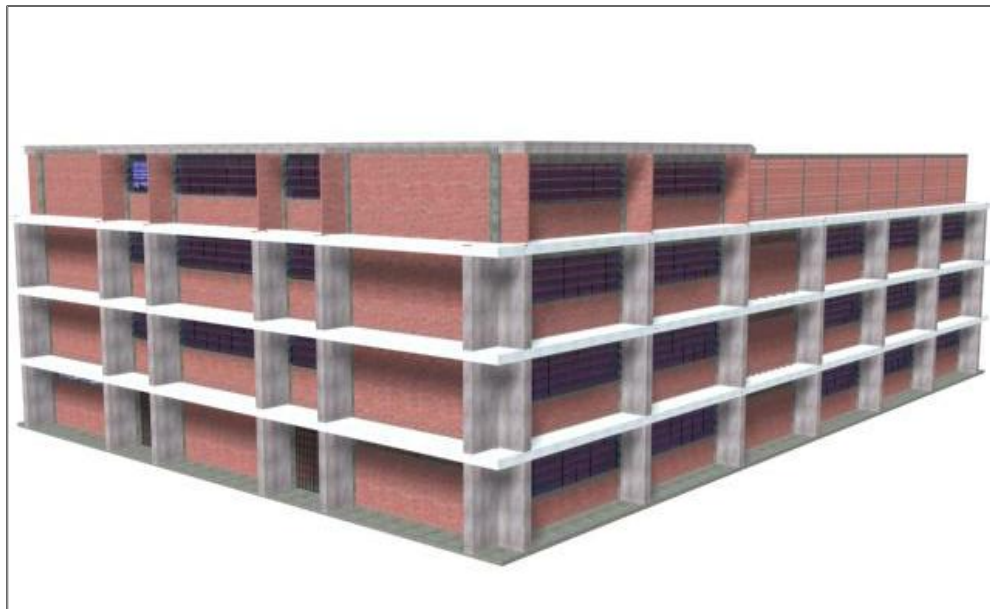
#### MUROS EN VOLADIZO

Nuestra primera propuesta de refuerzo consiste en colocar en cada una de las columnas perimetrales de la edificación un muro de concreto armado totalmente adosado a la columna existente de ancho 40 cms idéntico a la columna existente pero de 2 metros de largo, formando un contrafuerte en cada columna, cada contrafuerte de alguna manera sustituiría los parasoles de bloque existentes ocupando prácticamente el mismo volumen. Para conectar adecuadamente los contrafuertes a la estructura existente aprovechamos la presencia de un alero perimetral formado por la losa nervada, esta vuela en casi todo el perímetro, la cual planteamos sea demolida y reconstruida junto con los muros en voladizo, al demoler la losa no se deben cortar los aceros de refuerzo que proponemos queden embutido en el nuevo concreto de losa y viga. Esta reconstrucción se sustituye la losa nervada por una viga plana del mismo espesor de igual apariencia arquitectónica. Esta viga-losa conecta a los muros o contrafuertes generando un anillo rígidamente anclándolo a la estructura existente. Este modelo estructural lo hemos denominado *MODELO 3*. La formación de un pórtico nuevo perimetrales de nivel de diseño 3 agrega ductilidad al sistema, esta ductilidad ganada permite modificar el factor de reducción de respuesta sísmica y utilizar  $R=3$ . Ver Figuras 4.11.36 y 4.11.37.





**Figura 4.11.36.- Planta tipo del modelo de refuerzo de muros en voladizo.**



**Figura 4.11.37.- Modelo de refuerzo de MUROS EN VOLADIZO**

Los resultados del Análisis Estático No Lineal de los Muros en voladizo o cantilever sin paredes o *Modelo 3* en dirección X, indican que el cortante resistente de la estructura reforzada de esta manera alcanza valores de 5.400 toneladas, casi 12 veces mayor al de la estructura original. La cedencia comienza a los 10,0 cms y se llega a una deformación última de 39,0 cms. La demanda FEMA es de 5,5 lo que implicaría que No existen daños en la estructura. Ver Figura 4.11.38.

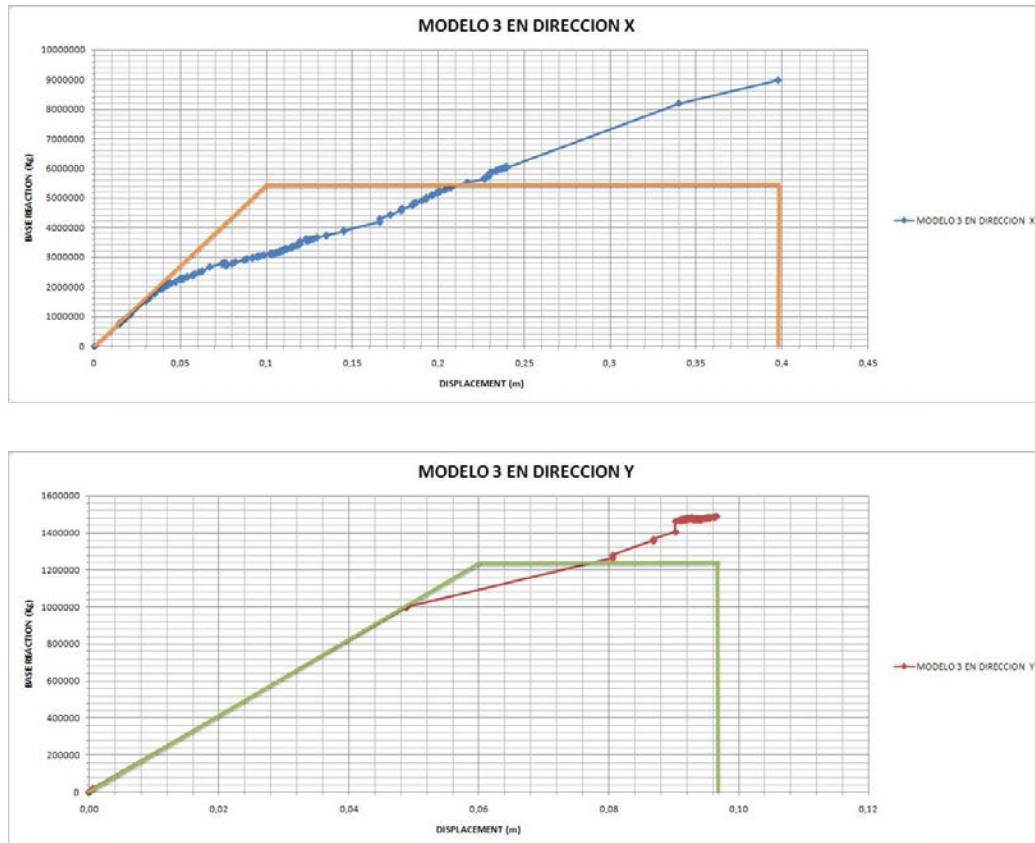
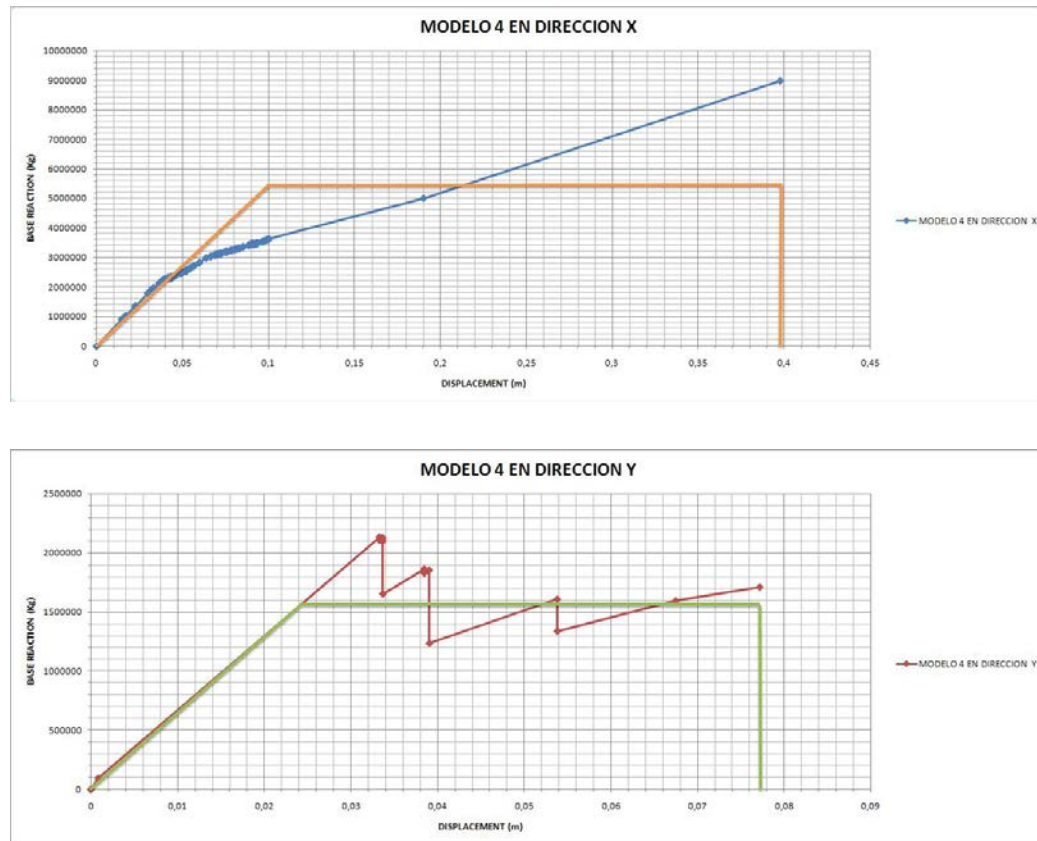


Figura 4.11.38.- Curvas desplazamientos (CM en nivel techo) vs. cortante basal.

Ahora bien el mismo modelo en la dirección Y su cortante es de cortante 1.220 toneladas más de 4 veces mayor al de la estructura original, la cedencia se inicia a los 6,0 cms de deformación, siendo la deformación última previa al colapso de 9,6 cms. La demanda obtenida por FEMA es de 7,5 cms que indica daño Moderado. Ver Figura 4.11.38.

Los contrafuertes de este modelo se conectan directamente contra las columnas existentes, fue entonces donde se realizó una exploración detallada del sistema de fundaciones del Liceo Domingo Faustino Sarmiento y descartamos esta solución ya que interfería en un alto grado sobre los cabezales encontrados y para evitar esta perturbación habría que aumentar los tamaños de los muros para que se fundaran a mayor distancia lo que aumentaría los costos. De aquí surgió la idea de voltear los contrafuertes poniéndolos paralelos a la estructura.



**Figura 4.11.39.- Curvas desplazamientos (CM en nivel techo) vs. cortante basal.**

El *Modelo 4* resulta de incorporar la contribución de la mampostería al *Modelo 3* (*muros en voladizo*). Los resultados del Análisis Estático No Lineal son muy parecidos al modelo sin mampostería, esto indica que para estructuras de cierta rigidez la mampostería interfiere poco en el comportamiento estructural. (Figura 4.11.39).

#### MUROS APORTICADOS

La existencia de cabezales de dos pilotes en el perímetro exige que la fundación de los muros de refuerzo se separe de las columnas perimetrales. De allí surge esta propuesta *MODELO 5* que consiste en unos muros colocados paralelos a las columnas perimetrales de 30 centímetros de ancho y 100 cms de largo los cuales se conectarán a la estructura existente a través de la viga plana o losa reconstruida de la demolición de los aleros, formando de nuevo un anillo perimetral. Adicionalmente se agregarán unas vigas altas invertidas que funcionan de antepecho que mejoran la conexión entre los muros y los hacen más dúctiles. Esta ductilidad adicionada por el refuerzo, al igual que en el modelo anterior, nos permitió modificar el factor de reducción de respuesta sísmica y utilizar  $R=3$ . Ver Figura 4.11.40 y 4.11.41.

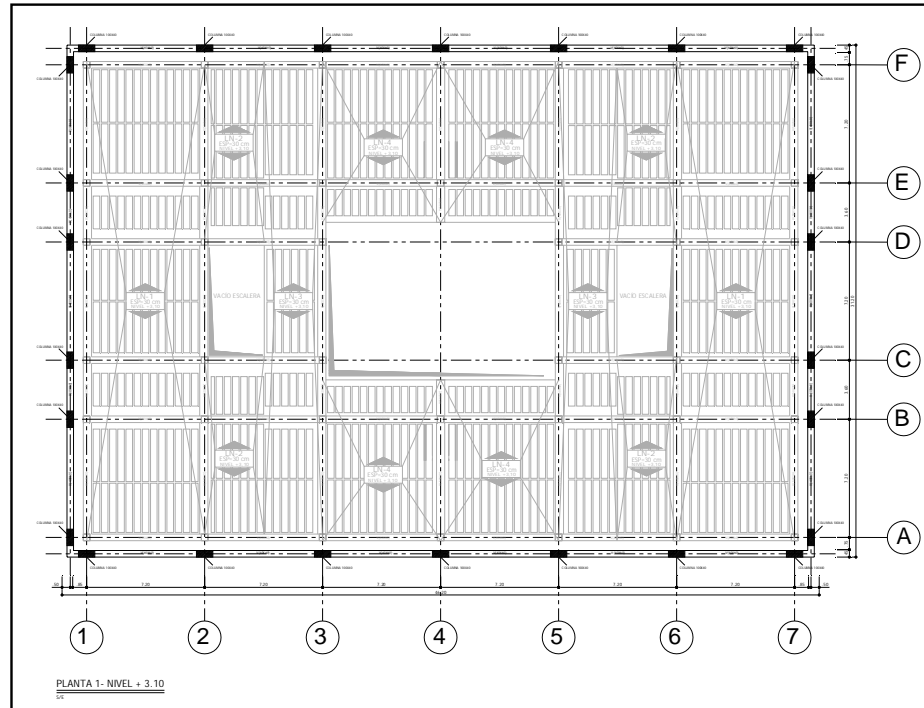


Figura 4.11.40.- Planta tipo del modelo de refuerzo de muros aporricados.

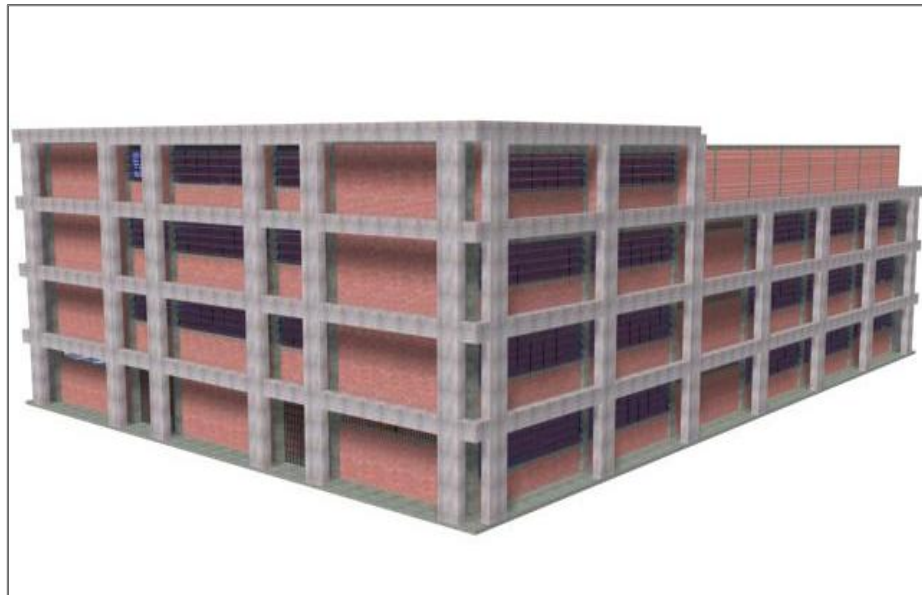
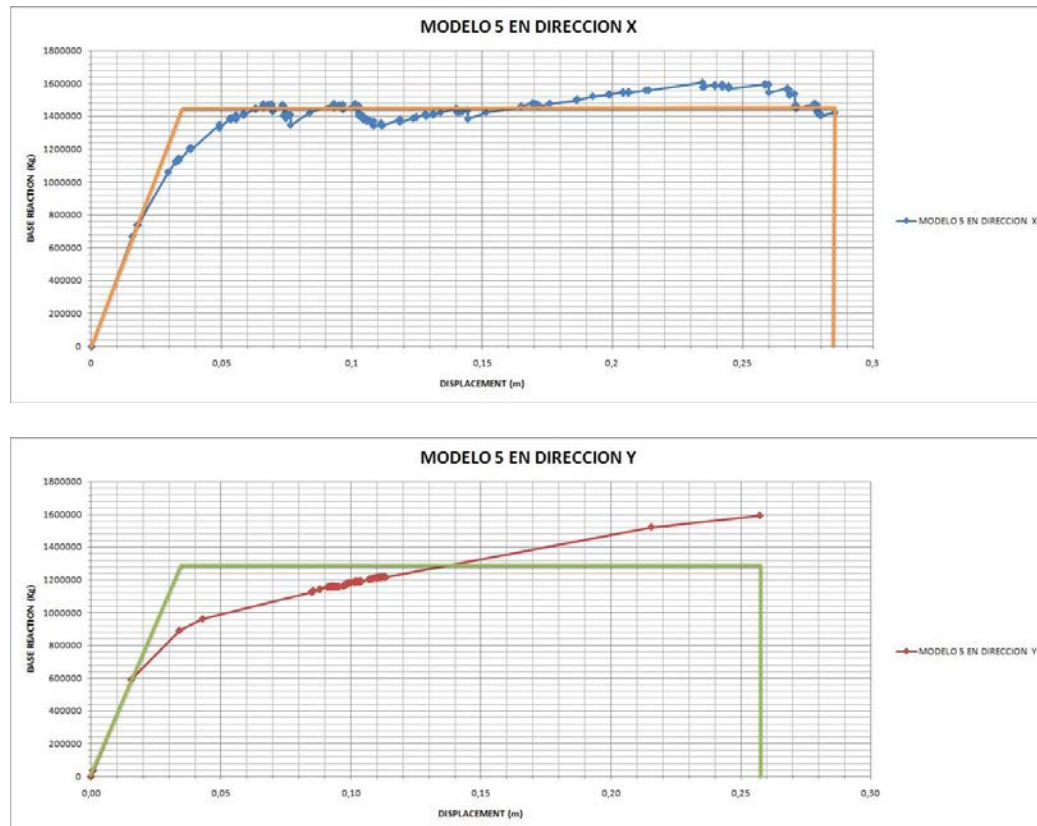


Figura 4.11.41.- Modelo de refuerzo de MUROS APORRICADOS.

Los resultados del Análisis Estático No Lineal de los Muros aporticados sin paredes o *Modelo 5* en dirección X, indican que el cortante resistente de la estructura reforzada de esta manera alcanza valores de 1.450 toneladas, mas de 3 veces mayor al de la estructura original. La cedencia comienza a los 3,0 cms y se llega a una deformación última de 28,5 cms. La demanda FEMA es de 5,5 lo que implicaría que no existen daños en la estructura (Figura 4.11.42).



**Figura 4.11.42.- Curvas desplazamientos (CM en nivel techo) vs. cortante basal.**

El *Modelo 6* (con mampostería) en dirección X y Y, tiene un comportamiento similar, el cortante resistente de la estructura reforzada con muros aporticados alcanza valores de 1.450 toneladas, mas de 3 veces mayor al de la estructura original. La cedencia comienza a los 3,0 cms y se llega a una deformación última de 28,5 cms. La demanda FEMA es de 5,5 lo que implicaría que no existen daños en la estructura (Figura 4.11.43).



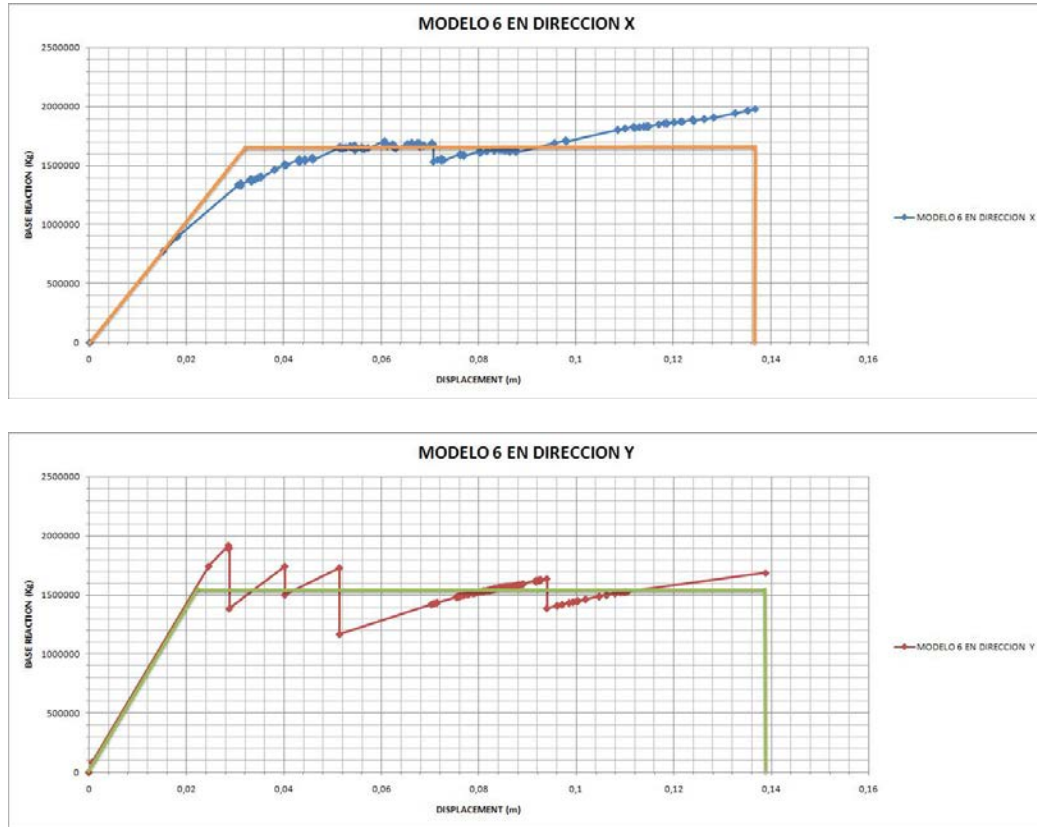


Figura 4.11.43.- Curvas desplazamientos (CM en nivel techo) vs. Cortante basal.

El *Modelo6* resulta de incorporar la contribución de la mampostería al *Modelo 5* (*muros aperticados*). Los resultados del Análisis Estático No Lineal son muy parecidos al modelo 5 sin mampostería, esto indica que para estructuras de cierta rigidez la mampostería poco participa en el comportamiento estructural

Tabla 4.11.7.- Resumen de características de los modelos analizados.

Modelo	Inercia	Paredes	Refuerzo	Factor de Reduccion
1	Agrietada	NO	NO	R2
2	Agrietada	SI	NO	R2
3	Agrietada	NO	SI*	R3
4	Agrietada	SI	SI*	R3
5	Agrietada	NO	SI**	R3
6	Agrietada	SI	SI**	R3

\* Columnas 200x40 en dirección “x”, columnas 130x40 en dirección “y”.

\*\* Columnas 100x40 en ambas direcciones.

Estudiando los modelos propuestos y comparándolos con la estructura original vemos que los períodos de la estructura sola se reduce drásticamente de 1,697 segundos a 0,746 con el refuerzo de los muros en voladizo y a 0,665 segundos con los muros aporticados. Los modelos 2, 4 y 6 son idénticos a los modelos 1,3 y 5 solo que se le están considerando la contribución de la mampostería (Tabla 4.11.8).

**Tabla 4.11.8.- Periodos fundamentales y formas modales.**

PERIODOS												
Modo	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 5		Modelo 6	
1	1,697	UY	1,046	UX	0,746	UY	0,531	UY	0,665	UY	0,550	UX
2	1,158	RZ	0,899	UY	0,512	UX	0,476	UX	0,596	UX	0,510	UY
3	1,083	UX	0,764	RZ	0,474	RZ	0,398	RZ	0,405	RZ	0,364	RZ
4	0,508	-	0,435	-	0,185	-	0,158	-	0,206	-	0,184	-

**Tabla 4.11.9.- Desplazamientos elásticos en el nivel superior (techo).**

DESPLAZAMIENTOS (m) elastico						
Dirección	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
X	0,070	0,055	0,025	0,024	0,027	0,024
Y	0,122	0,045	0,038	0,025	0,032	0,024

**Tabla 4.11.10.- Desplazamientos totales en el nivel superior (techo).**

DESPLAZAMIENTOS (m) total						
Dirección	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
X	0,112	0,087	0,061	0,057	0,065	0,056
Y	0,195	0,072	0,091	0,061	0,076	0,058

**Tabla 4.11.11.- Derivas de los modelos analizados.**

DERIVAS (%)						
Dirección	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
X	9,070	7,106	4,937	4,605	5,249	4,585
Y	15,876	5,858	7,395	4,956	6,185	4,683

- Refuerzo estructural seleccionado.

El refuerzo estructural más conveniente resulta ser el *MODELO 5*, es decir, los **MUROS APORTICADOS**, ya que proporcionan una rigidez importante a la estructura original alcanzando derivas máximas de apenas el 5,249 % en dirección X y de 6,185 % en dirección Y, en ningún caso se superan derivas máximas de 8 %, no perturban las fundaciones de la estructura original, es un refuerzo que se puede construir perimetralmente a la edificación sin interrumpir las actividades escolares, ya que no se realiza ninguna construcción interna, de menores dimensiones al *MODELO 3* de muros en voladizo y tiene un comportamiento más dúctil. Ver Tablas 4.11.9 a 4.11.11.

#### 4.11.6.- Conclusiones y Recomendaciones

Como conclusiones y recomendaciones de la evaluación sismorresistente de la Unidad Básica Nacional Domingo Faustino Sarmiento, ubicada en maripérez, Caracas podemos decir lo siguiente:

1. En general el edificio se encuentra en muy buen estado y no se detectó ningún indicio que haga pensar que la estructura está sometida a un proceso de deterioro o de sobrecargas anormales, no se evidenciaron grietas estructurales en los recorridos efectuados ni daños visibles.
2. El análisis Estático Lineal de la estructura sola arrojó derivas en dirección corta (Y) del orden de 15,876%. Este valor es mayor al permitido por la norma Venezolana 1756-2001 para estructuras educacionales de 12 %
3. El análisis Estático no Lineal de la estructura sola en dirección larga (X) exige demandas FEMA de 12,8 cms y la estructura es capaz de soportar hasta 7,2 cms.
4. El análisis Estático no Lineal de la estructura sola en dirección corta (Y) exige demandas FEMA de 19,9 cms implicando daños severos sobre la edificación.
5. La estructura de la Unidad Básica Nacional Domingo Faustino Sarmiento ubicada en Mariperez, Caracas DEBE SER REFORZADA
6. El refuerzo más conveniente para esta edificación en cuanto al proceso constructivo, comportamiento estructural, impacto sobre la edificación existente y en cuanto a sus costos resultó ser el refuerzo de los MUROS APORTICADOS.
7. Aunque se refuerce la estructura resulta conveniente demoler las paredes de los baños en todos los pisos para construirla de nuevo 30 cms mas adentro fuera del pórtico estructural de manera de que no exista la posibilidad de la existencia de la columna corta.

#### 4.11.7 Referencias

- COVENIN (1998). Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 2.002-88 COVENIN-MINDUR Caracas.
- COVENIN (2001). Edificaciones Sismorresistentes Norma 1756:2001, MCT-MINDUR-FUNVISIS. Caracas.
- CSI (2.009) SAP2000 Nonlinear Versión 12. Structural Analisis Program. Computer and Structures Inc. Berkeley, California, USA
- López O. A., Hernández J.J., Del Re G, Puig J., Espinosa L, (2007) Reducción del Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela. Boletín Técnico IMME, Vol. 42, N° 3.
- H. Sezen, and F. Alemdar . Evaluation of FEMA 356 Models For Reinforced Concrete Columns And Beam-Column Joints.
- Kenneth J. Elwood, Adolfo Matamoros, John W. Wallace. ASCE/SEI 41 Seismic Rehabilitation of Existing Buildings.
- Ahmed Ghobarah, On drift limits associated with different damage levels.
- Klingner-Rubiano-Bashandy-Sweeney. Evaluation and Analytical Verification of Shaking Table Data From Infilled Frames.

#### 4.12. Evaluación Sismorresistente de la U. E. N. Escuela Experimental Venezuela

El equipo de trabajo estuvo compuesto por las siguientes personas:

- Prof. Angelo Marinilli (Tutor)
- Ing. Leonardo Colmenares (Tesista de Postgrado)
- Br. Damarys Paredes (Tesista de Pregrado, Edificio Oeste)
- Br. Randolph Borrego (Tesista de Pregrado, Edificio Oeste)
- Br. Omar Jaramillo (Tesista de Pregrado, Edificio Este)
- Br. Yoman Al Jarrouj (Tesista de Pregrado, Edificio Este)
- Ing. Sergio Rodríguez (Asistencia Técnica)
- Tec. Andrés Paredes (Asistencia Técnica)
- Sr. Igor Medina (Conductor)

##### 4.12.1. Edificaciones patrimoniales

Existe una serie de edificaciones escolares consideradas como patrimoniales por FEDE debido a características tales como su antigüedad, arquitectura, representatividad de etapas sociales, culturales o políticas en el país, entre otras características. En el marco del proyecto FEDE suministró tres listas de las edificaciones patrimoniales que tienen catalogadas en el país. Estas edificaciones están clasificadas de la siguiente manera:

- Escuelas Repúblicas
- Grupos Escolares
- Liceos Patrimoniales

Igualmente FEDE indicó cuáles de estas edificaciones habían sido sometidas a labores de rehabilitación de la planta física recientemente y cuáles lo serían a corto plazo. Con base en estos listados se realizaron visitas a varias de estas edificaciones escolares en el área metropolitana de Caracas. Finalmente se decidió evaluar en detalle la Unidad Educativa Nacional Escuela Experimental Venezuela que se describe más adelante en esta sección.

##### 4.12.2. Características de las edificaciones escolares patrimoniales

A continuación se presenta un breve resumen de las observaciones realizadas durante las visitas realizadas a algunas edificaciones escolares en el área metropolitana de Caracas.

###### *a) Unidad Educativa Bolivariana “Gran Colombia”*

Esta edificación escolar está ubicada en la Avenida Roosevelt del Cementerio en el Municipio Libertador. Está conformada por los siguientes edificios:

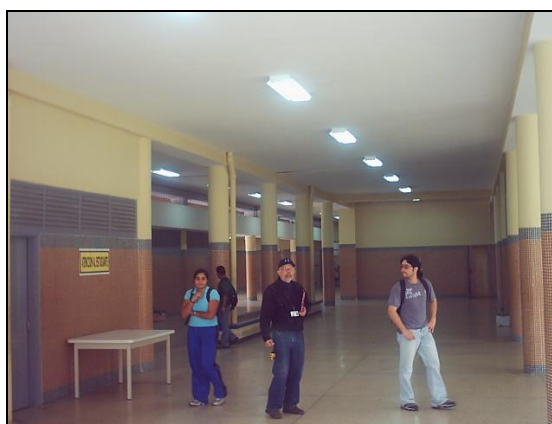
- Edificio Venezuela
- Edificio Simón Bolívar
- Edificio Colombia
- Edificio Bolivia
- Edificio Mariscal Sucre
- Edificio Panamá

- Edificio Ecuador
- Edificio Perú

Los edificios que conforman la unidad educativa tienen uno, dos o tres pisos. Las plantas de los mismos son irregulares y en algunos casos se detectó la presencia de juntas estructurales. El sistema estructural empleado es a base de pórticos de concreto reforzado. En los pasillos se observaron columnas circulares y vigas altas en las direcciones más largas en planta. Los cerramientos tienen el mismo espesor de los elementos estructurales, por lo que resultó difícil detectar la ubicación y características de éstos últimos. Las Figuras 4.12.1 y 4.12.2 muestran a modo de ejemplo la fachada y un aspecto del sistema estructural empleado en el Edificio Mariscal de Sucre.



**Figura 4.12.1. Edificio Mariscal Sucre**



**Figura 4.12.2. Aspecto de la configuración estructural del Edificio Mariscal Sucre**

*b) Unidad Educativa Nacional “Francisco Pimentel”*

Esta edificación está ubicada en Quinta Crespo en el Municipio Libertador. De acuerdo a la información recabada la edificación fue construida en 1930 según proyecto elaborado por el Arq. Carlos Raúl Villanueva. La edificación escolar está constituida por varios edificios independientes. El sistema estructural está conformado por pórticos de concreto reforzado. En el momento de la visita FEDE realizaba trabajos de rehabilitación de la planta física.

*c) Unidad Educativa Nacional Bolivariana “Miguel Antonio Caro”*

Esta edificación está ubicada en la Avenida Sucre de Catia en el Municipio Libertador. La planta de la estructura donde se ubican las aulas es rectangular con dos patios internos, consta de dos pisos y fue construida aproximadamente en 1949. El sistema estructural empleado está constituido por pórticos de concreto reforzado en los pasillos y por muros de mampostería confinada de ladrillos macizos de arcilla en el resto de la estructura. De acuerdo con información suministrada por el personal directivo de la institución, FEDE elaboró un proyecto de rehabilitación de la planta física de la edificación escolar y se esperaba la asignación de recursos para iniciar la ejecución del mismo. Las Figuras 4.12.3 y 4.12.4



muestran aspectos de los patios internos este y oeste de la edificación escolar, respectivamente.



**Figura 4.12.3. Vista del patio este**



**Figura 4.12.4. Vista del patio oeste**

*d) Liceo “Miguel Antonio Caro”*

Esta edificación también está ubicada en la Avenida Sucre de Catia en el Municipio Libertador. La estructura es de una planta, de tipo colonial con patios internos. El sistema estructural empleado consiste de muros y arcos de mampostería de ladrillos macizos de arcilla y techos de madera. La edificación fue construida entre 1941 y 1946 para la Escuela Normal de Maestros “Miguel Antonio Caro”. De acuerdo a información suministrada por el personal directivo de la institución, FEDE elaboró un proyecto de rehabilitación de la planta física de la edificación escolar. Las Figuras 4.12.5 y 4.12.6 muestran la fachada del liceo y un aspecto del sistema estructural empleado, respectivamente.



**Figura 4.12.5. Fachada del Liceo Miguel Antonio Caro**



**Figura 4.12.6. Detalle del sistema estructural empleado**

*e) Unidad Educativa Nacional “Eduardo Crema”*

La edificación se encuentra en la Avenida Páez del Paraíso en el Municipio Libertador. La edificación es de un piso y fue construida aproximadamente en 1936. Originalmente la estructura albergó el Hipódromo del Paraíso y más tarde fue la sede del Liceo “Aplicación”. De acuerdo a información suministrada por el personal directivo de la institución, FEDE y Fundapatrimonio elaboraron un proyecto de rehabilitación de la planta física de la edificación escolar.

f) *Unidad Educativa Nacional “República de Indonesia”*

Esta edificación se encuentra ubicada en la Avenida Principal de Colinas de Valle Arriba en el Municipio Baruta. La estructura tiene planta en forma de “C” y tres pisos de altura. El sistema estructural empleado consta de pórticos de concreto reforzado en las dos direcciones principales en planta de la estructura. Se observó una junta estructural contigua al módulo de escaleras. Los cerramientos son paredes de mampostería frisadas por ambas caras o bloques de ventilación. Las Figuras 4.12.7 y 4.12.8 muestran la fachada principal de la edificación escolar y un aspecto del sistema estructural empleado en la misma, respectivamente. Esta edificación escolar fue construida en 1989 por lo que no se considera una edificación escolar patrimonial.



**Figura 4.12.7. Fachada principal de la U. E. N. República de Indonesia**



**Figura 4.12.8. Vista de la edificación escolar**

4.12.3. U. E. Escuela Experimental Venezuela

La U. E. N. Escuela Experimental Venezuela (Experimental Venezuela) es una edificación escolar considerada como patrimonial debido a sus características, como lo son su antigüedad, arquitectura, representatividad de la etapa social, cultural y política que vivía el país en el momento de su construcción y puesta en funcionamiento.

Para recopilar la información necesaria se realizaron diversas visitas tanto a la Experimental Venezuela como a la Biblioteca Nacional. Estas visitas permitieron inspeccionar detalladamente la estructura de la edificación y compararla con lo contenido en los planos arquitectónicos y estructurales encontrados. Las inspecciones técnicas fueron realizadas los días 31/10/2006 y 30/07/2007.

## Descripción de la edificación

### 4.12.3.1 Ubicación

La Experimental Venezuela está ubicada en la Avenida México, Parroquia La Candelaria, en el Municipio Libertador de la ciudad de Caracas. La Figura 4.12.9 muestra su ubicación mediante una fotografía satelital (tomada de *Google Earth*) y la Figura 4.12.10 muestra la fachada principal de la edificación escolar tomada desde la Avenida México.

### 4.12.3.2 Descripción general

Los espacios de la Experimental Venezuela se organizan alrededor de dos patios. La circulación vertical se realiza mediante escaleras ubicadas tanto en las esquinas como en el centro de la edificación. Su volumen consta de dos pisos y de dos edificios separados mediante una junta estructural, identificados en lo sucesivo como “edificio este” y “edificio oeste”. La Figura 4.12.11 muestra una vista del patio en forma rectangular del edificio oeste, la Figura 4.12.4 muestra una vista del patio triangular del edificio este pudiéndose observar en la misma la junta estructural. La edificación escolar fue diseñada en 1937, construida entre los años 1937 y 1938, e inaugurada y puesta en funcionamiento en 1939.



**Figura 4.12.9. Imagen satelital de la Experimental Venezuela (*Google Earth*)**



**Figura 4.12.10. Fachada principal de la Experimental Venezuela**

En la fachada principal sobresale un volumen curvo donde se ubican la dirección y la biblioteca y que marca los accesos ubicados a los lados de la edificación escolar. Este cuerpo se compone de ventanas adinteladas en todo su perímetro. En la fachada posterior sobresalen de su plano dos volúmenes curvos.



**Figura 4.12.12. Vista del patio rectangular en el edificio oeste**



**Figura 4.12.13. Vista del patio triangular en el edificio este. Obsérvese la junta estructural**

El sistema estructural de la edificación puede considerarse mixto, pues está compuesto de pórticos de concreto armado y muros de mampostería confinada. Los pórticos de concreto reforzado se identifican claramente en los pasillos de la edificación escolar, tal como puede observarse en las Figuras 4.12.12 y 4.12.13. Las columnas son cuadradas de  $30 \times 30 \text{cm}^2$  mientras que las vigas son de concreto reforzado, de sección rectangular y de dimensiones variadas.

Los muros son 40cm de espesor y están fabricados con ladrillos macizos de arcilla unidos con mortero de cemento. Los planos indican la presencia de machones y vigas de corona, ambas de concreto armado, como elementos de confinamiento. Existen dinteles de concreto reforzado sobre puertas y ventanas. Debido a sus dimensiones y a que están fundados sobre zapatas corridas, se supone que los muros son portantes y cumplen un papel estructural en la edificación. Por otra parte, los cerramientos internos y externos también fueron fabricados con ladrillos macizos de arcilla, con un espesor aproximado de 40cm. Los antepechos de los pasillos son también de mampostería.

En general, las losas de entepiso y de techo están compuestas por perfiles de acero tipo IPN espaciados aproximadamente 1m entre sí. Estos nervios metálicos se apoyan sobre las vigas y/o los muros y soportan una losa maciza de concreto de 8cm de espesor, la cual se vació sobre una malla de metal expandido. La Figura 4.12.14 permite observar este tipo de losa. En algunos sitios la losa fue construida con nervios de concreto reforzado en vez de los perfiles metálicos, probablemente debido a la luz entre sus apoyos, tal como puede observarse en la Figura 4.12.15.





**Figura 4.12.14. Vista de un pasillo y de la losa de techo**



**Figura 4.12.15. Vista del lobby de entrada y la losa de entpiso**

#### 4.12.3.3 Planos de arquitectura

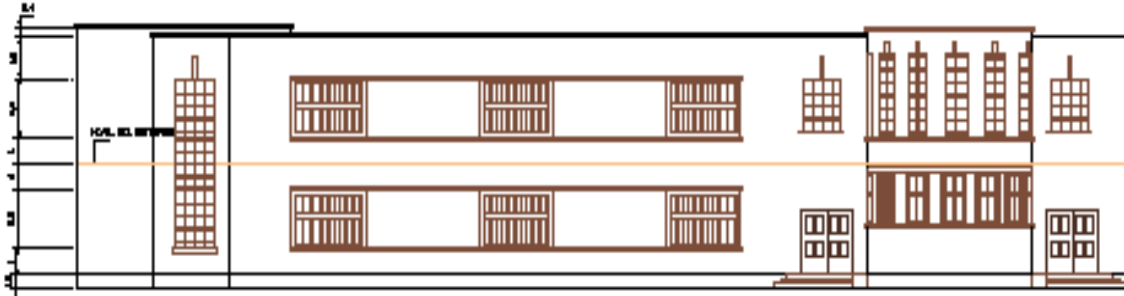
Se realizó una investigación en el Archivo Audiovisual de Venezuela de la Biblioteca Nacional, donde se contó con la colaboración de la Lic. Yolanda Ruiz, la cual permitió localizar los planos arquitectónicos y los planos estructurales originales. Lamentablemente no se pudo conseguir la memoria de cálculo del proyecto original.

Las Figuras 4.12.16 a 4.12.18 muestran los planos digitales generados de las fachadas principal, posterior y oeste, respectivamente. Las Figuras 4.12.19 y 4.12.20 muestran los planos digitales de arquitectura de los edificios este y oeste, respectivamente.

#### 4.12.3.4 Planos de estructura

Igualmente, con base en los planos del proyecto original de la edificación, junto con las inspecciones realizadas y el uso de equipos detectores de metales, se realizaron los planos estructurales de la misma. En la Figura 4.12.21. se muestran el plano digital de estructura de la planta baja del edificio este. Por su parte la Figura 4.12.22 muestra otro plano estructural de dicho edificio, conteniendo detalles del armado de algunos elementos estructurales.





**Figura 4.12.16. Plano digital de la fachada principal**



**Figura 4.12.17. Plano digital de la fachada posterior**



Figura 4.12.18. Plano digital de la fachada oeste

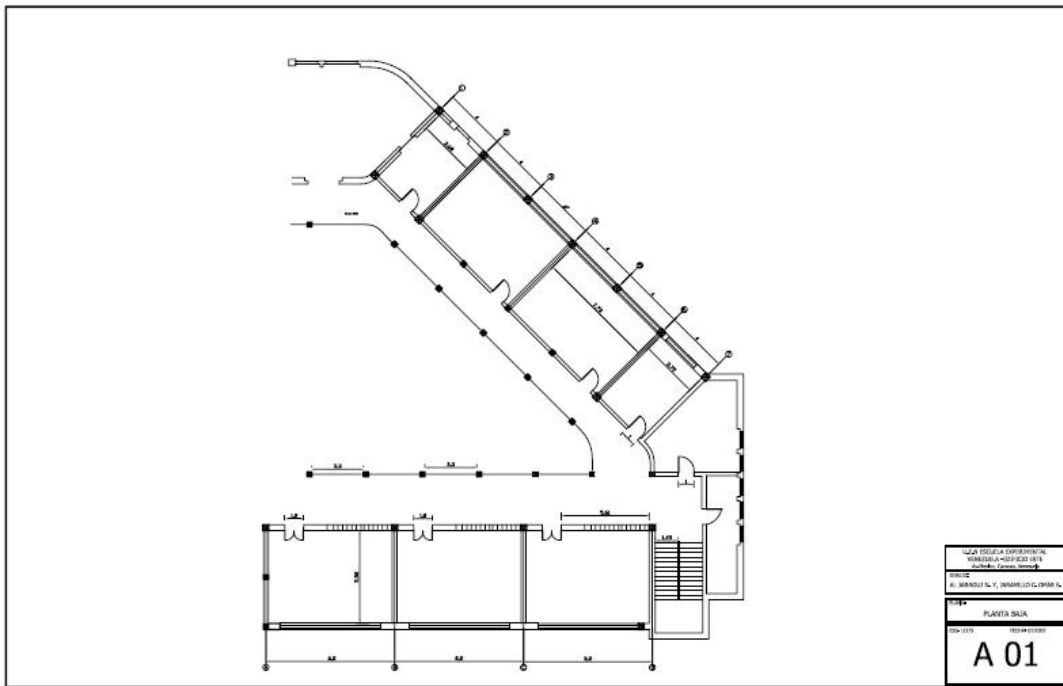


Figura 4.12.19. Plano digital de arquitectura de la planta baja del edificio este

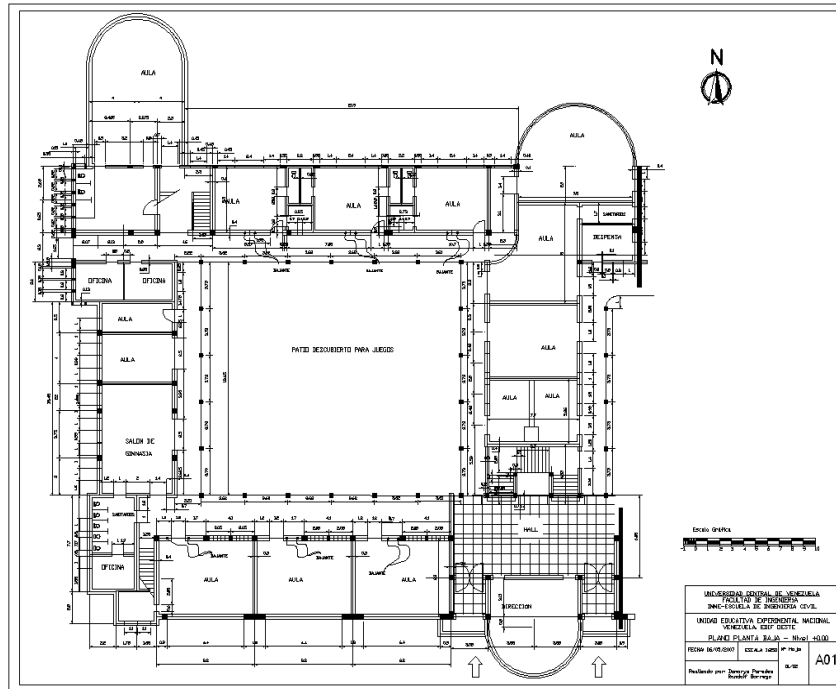


Figura 4.12.20. Plano digital de arquitectura de la planta baja del edificio oeste

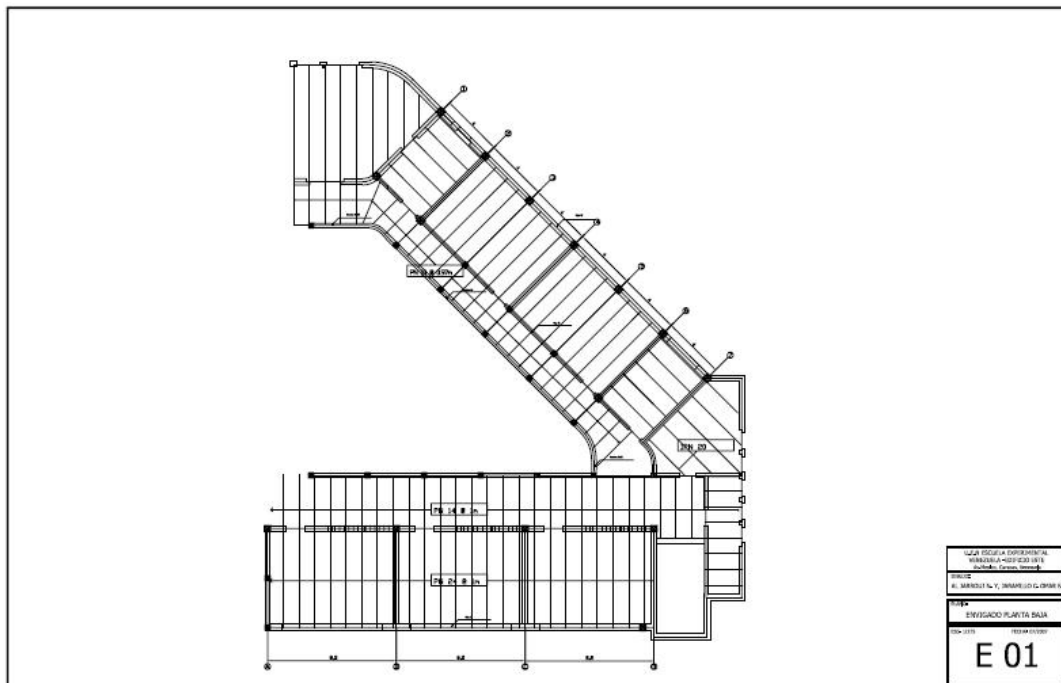


Figura 4.12.21. Plano digital de estructura de la planta baja del edificio este

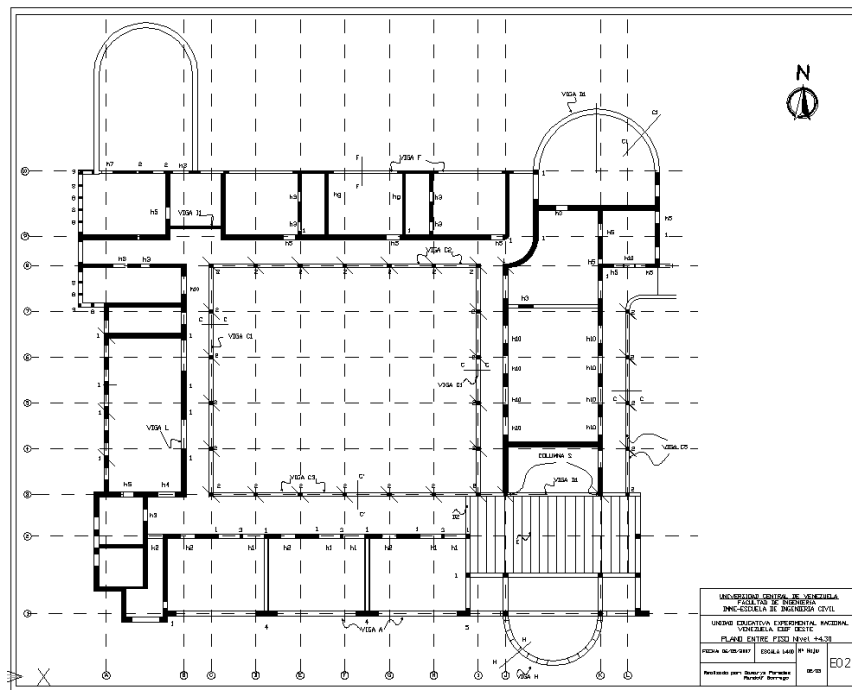


Figura 4.12.22. Plano digital de estructura de la planta baja del edificio oeste 4.12.4 Evaluación Sismorresistente

#### 4.12.4. Modelos Matemáticos

La presencia de la junta de construcción permite considerar que los dos edificios que conforman la Experimental Venezuela, edificio este y edificio oeste, se comportan de manera independiente desde el punto de vista sísmico. Por ello se modelaron independientemente cada uno de los edificios, tal como puede observarse en las Figuras 4.12.23 y 4.12.24, mediante los programas *SAP 2000 Non Linear* y *ETABS*.

Los pórticos de concreto reforzado se modelaron los elementos tipo pórtico. Las losas de entrepiso y techo de ambos edificios presentan sendos huecos en sus zonas centrales, ocupando un porcentaje importante de las superficies de las mismas. El modelado de losas se realizó mediante el uso de elementos finitos, considerando tanto la rigidez real de la losa dentro y fuera de su plano, como la distribución de la masa sobre la misma. Los cerramientos y divisiones internas constituidos por muros de mampostería, así como las losas de las escaleras, también fueron modelados mediante elementos finitos.

Los valores de las propiedades mecánicas de los materiales estructurales utilizados fueron  $150 \text{ kgf/cm}^2$  para la resistencia a compresión del concreto ( $f'c$ ),  $2.400 \text{ kgf/cm}^2$  para la tensión cedente de las barras de acero ( $f_y$ ),  $2 \text{ kgf/cm}^2$  para la resistencia a corte de la mampostería ( $v_m$ ) y  $25.000 \text{ kgf/cm}^2$  para el módulo de elasticidad de los muros de mampostería confinada ( $E_m$ ). Por tratarse de una edificación escolar patrimonial no se obtuvieron muestras de los materiales estructurales empleados en la construcción de la misma

para obtener sus propiedades mecánicas mediante ensayos destructivos. La estimación de dichos parámetros se realizó mediante la revisión bibliográfica de normas de construcción nacionales e internacionales vigentes para la época, normas para la evaluación sismorresistente de estructuras existentes y libros o artículos técnicos relacionados con la evaluación de estructuras antiguas. Las cargas gravitatorias actuantes en la edificación escolar fueron estimadas de acuerdo con la Norma Venezolana 2002-1988.

Las cargas sísmicas se estimaron de acuerdo con la Norma Venezolana 1756-2001 considerando los siguientes parámetros para definir el espectro de diseño: nivel de diseño uno (ND1) por el detallado existente, zona sísmica 5 correspondiente a peligro sísmico elevado, forma espectral S3 de acuerdo a un estudio de suelos suministrado por la C. A. Metro de Caracas, grupo A con factor de importancia  $\alpha=1,3$  y factor de reducción de respuesta  $R=1,5$  por considerar que la estructura tiene una baja capacidad de absorber y disipar energía plásticamente. Las masas sísmicas fueron estimadas de acuerdo a los lineamientos de las Normas Venezolanas 2002-1988 y 1756-2001.

Se realizaron un total de cinco modelos para cada edificio, discriminados de la siguiente manera:

- Modelo 1: se empleó inercia gruesa de columnas y vigas, muros de mampostería confinada con un módulo de elasticidad  $E_m=25.000 \text{ kgf/cm}^2$ .
- Modelo 2: se modelaron columnas, vigas y muros de mampostería confinada con comportamiento estructural. Las columnas tienen el 60% de la inercia gruesa ( $I=0,6 I_g$ ), las vigas presentan el 40% de la inercia gruesa ( $I=0,4 I_g$ ) y los muros de mampostería confinada presentan una reducción en su modulo de elasticidad de 50% ( $E_m=12.500 \text{ kgf/cm}^2$ ).
- Modelo 3: igual al Modelo 2 incluyendo las paredes de cerramiento.
- Modelo 4: igual al Modelo 2 con la incorporación de las escaleras.
- Modelo 5: igual al Modelo 2 con paredes de cerramiento y escaleras.

#### 4.12.4.1 Períodos y modos de vibración

Las Tablas 4.12.1 y 4.12.2 contienen los períodos obtenidos para los seis primeros modos de vibración de los edificios este y oeste, respectivamente.

**Tabla 4.12.1. Periodos de los diferentes modelos realizados del edificio este**

MODELO	PERIODOS (s)					
	1	2	3	4	5	6
1	0,2066	0,1425	0,1261	0,1094	0,1043	0,0700
2	0,2603	0,1958	0,1506	0,1413	0,1254	0,0906
3	0,2012	0,1627	0,1414	0,1301	0,0918	0,0797
4	0,2522	0,1816	0,1487	0,1317	0,1197	0,0891
5	0,1994	0,1534	0,1346	0,1202	0,0912	0,0794



Tabla 4.12.2. Periodos de los diferentes modelos realizados del edificio oeste

MODELO	PERIODOS (s)					
	MODO					
	1	2	3	4	5	6
1	0,1564	0,1564	0,1564	0,1564	0,1564	0,1564
2	0,1586	0,1586	0,1586	0,1586	0,1586	0,1586
3	0,1480	0,1480	0,1480	0,1480	0,1480	0,1480
4	0,0970	0,0970	0,0970	0,0970	0,0970	0,0970
5	0,0923	0,0923	0,0923	0,0923	0,0923	0,0923

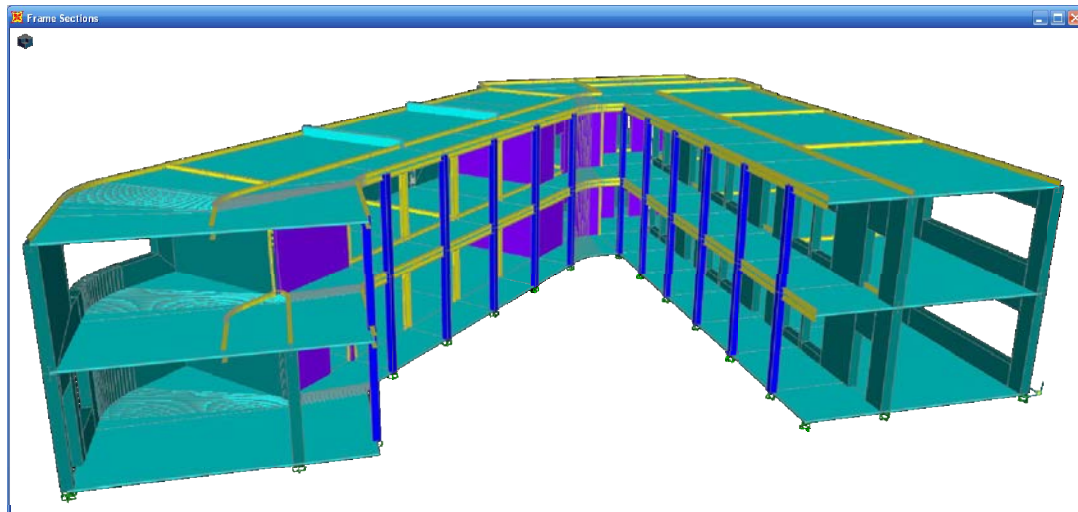


Figura 4.12.23. Modelo del edificio este

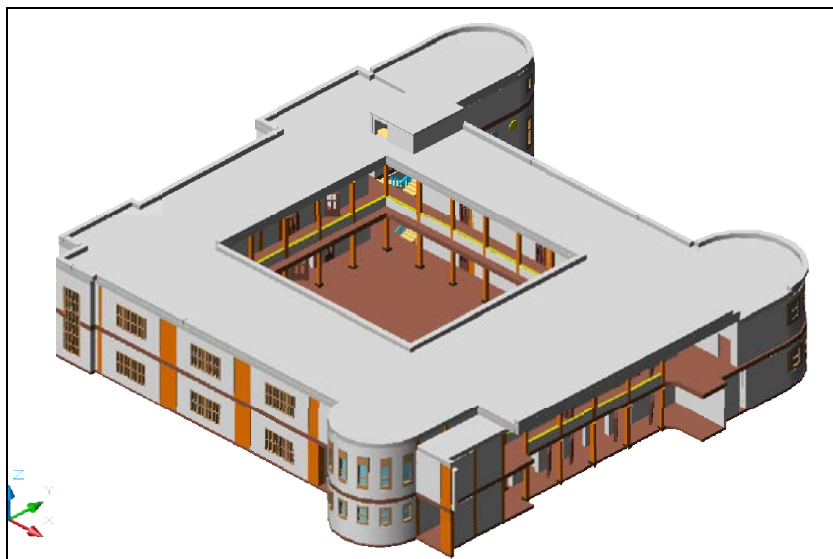


Figura 4.12.24. Modelo del edificio oeste

4.12.4.2 Derivas

Las Tablas 4.12.3 y 4.12.4 muestran las derivas obtenidas para los modelos realizados de los edificios este (Modelo 5) y oeste (Modelos 1 a 5), respectivamente. Las derivas obtenidas cumplen con los límites establecidos por la Norma Venezolana 1756-2001 para estructuras susceptibles a sufrir daños en los elementos no estructurales (0,012); sin embargo, las derivas obtenidas en los muros de mampostería confinada superaron el límite recomendado por la Norma Mexicana para muros de mampostería con refuerzo inadecuado (0,001).

**Tabla 4.12.3. Derivas obtenidas para el edificio este (Modelo 5)**

X1(cm)	Y1(cm)	X2(cm)	Y2(cm)	h(cm)	$\delta$	Deriva
0,467	1,149	0,313	0,788	430	0,471	0,0011
0,350	1,149	0,212	0,788	430	0,463	0,0011
0,377	1,149	0,236	0,789	430	0,464	0,0011
0,980	0,736	0,615	0,413	430	0,586	0,0014
0,982	0,671	0,613	0,367	430	0,574	0,0013
0,980	0,716	0,613	0,397	430	0,583	0,0014

**Tabla 4.12.4. Derivas obtenidas para el edificio oeste (Modelos 1 a 5)**

Modelo	Deriva	Techo		Planta Alta		Coordenadas		
		X	Y	X	Y	X	Y	Z
1	0,0010		x			20,30	11,00	5,02
2	0,0011		x			20,30	11,00	5,02
3	0,00094				x	20,30	11,00	4,30
4	0,00077	x				40,10	26,95	6,45
5	0,00076	x				40,10	26,95	6,45

4.12.4.3 Relación demanda/capacidad

La demanda de cada edificio se estimó como el cortante basal máximo obtenidos para los modelos numéricos realizados en las direcciones X (este-oeste) e Y (norte-sur). La capacidad se estimó considerando la contribución resistente de las columnas de concreto reforzado y de los muros de mampostería confinada.

La capacidad de las columnas de concreto reforzado se identificó como la menor de dos posibles mecanismos de falla, a saber: un mecanismo dúctil, caracterizado por la formación de rótulas plásticas en los extremos superior e inferior de las columnas, y un mecanismo frágil, caracterizado por la falla a corte de la columnas considerando la contribución del concreto y del acero de refuerzo transversal. La capacidad de los muros se calculó mediante la expresión propuesta por la Norma Mexicana para mampostería, considerando que la resistencia a corte de la mampostería simple era  $2 \text{ kgf/cm}^2$ , tal como se indicó anteriormente.

Adicionalmente a los cinco modelos explicados anteriormente, se realizaron otros dos modelos para verificar cómo la relación demanda/capacidad varía a medida que se degradan las propiedades mecánicas de la mampostería confinada. Esto debido a que los muros de mampostería confinada son más rígidos que los pórticos de concreto reforzado, absorbiendo inicialmente la mayor parte de la demanda, y resultan dañados para niveles de deformación lateral mucho menores que las columnas de concreto reforzado. Este efecto se simuló reduciendo el módulo de elasticidad de la mampostería a la mitad y a  $0 \text{ kgf/cm}^2$  para los dos modelos adicionales, respectivamente.

A continuación se describe brevemente los resultados obtenidos del estudio de la relación demanda/capacidad. Es importante destacar que valores de la relación demanda/capacidad mayores a la unidad implican la falla.

#### 4.12.4.4.1 Edificio este

En el Modelo 1 la relación demanda/capacidad global de la estructura es 1,11 en dirección X y 1,54 en dirección Y. En cuanto a la demanda/capacidad de columnas, es igual a 1,35 en dirección X y 0,82 en dirección Y. La demanda/capacidad para muros de mampostería es 0,94 en dirección X y 1,57 en dirección Y.

En el Modelo 2, se mantiene la demanda/capacidad global mayor a 1 en ambas direcciones, aumentando ligeramente respecto al Modelo 1. De igual manera, aumenta la demanda/capacidad para columnas y muros. En el Modelo 3 disminuye la demanda/capacidad para columnas y muros, sin embargo la demanda/capacidad global de la estructura sólo aumenta ligeramente en la dirección X respecto al Modelo 2. Así, se aprecia que con la presencia de las paredes de cerramiento, ahora éstas toman bastante del corte basal total, mientras que la demanda para las columnas disminuye.

En el Modelo 4 vuelven a aumentar las demandas para las columnas y muros al no presentarse las paredes de cerramiento. La demanda global total en dirección X disminuye mientras que aumenta en Y. Al no presentarse las paredes de cerramiento, los muros y las columnas ahora absorben más cortante. La demanda/capacidad global se mantiene muy parecida a la obtenido para el Modelo 3. En el Modelo 5 la tendencia es que tanto la demanda/capacidad para los miembros como la global disminuyen, a excepción de la demanda/capacidad global en X, la cual aumenta ligeramente. La presencia nuevamente de las paredes de cerramiento disminuye las demandas sobre columnas y muros de mampostería.

Para el Modelo 5.1 aumentan las demandas en columnas, al disminuirse el módulo de elasticidad de los muros de mampostería, lo que conlleva a su agotamiento. De igual manera, aumentan las demandas a los muros debido a la no presencia de paredes de cerramiento. Esto trae como consecuencia un incremento de la demanda/capacidad generalizado, tanto para elementos estructurales como de manera global. Finalmente para el Modelo 5.2, en el que se considera que los muros de mampostería confinada están agotados, se observa que la demanda ahora se concentra sobre las columnas alcanzando los valores de 2,90 para la dirección X y de 4,91 en la dirección Y.

Es importante destacar que en todos los casos se observó que el comportamiento de los modelos arroja relaciones demanda/capacidad globales totales siempre mayores a la unidad,

indicando que la estructura no posee suficiente capacidad para resistir la demanda producida por sismos compatibles con la Norma Venezolana 1756-2001.

#### 4.12.4.4.2 Edificio oeste

Los resultados obtenidos para el Modelo 5 indican que la relación demanda/capacidad global de la estructura es 0,61 en dirección X y 0,56 en dirección Y. Sin embargo, se considera que estos resultados no son totalmente confiables puesto que, dada la antigüedad de la estructura y el detallado de los elementos estructurales, se puede anticipar que tanto los muros de mampostería confinada como las paredes de cerramiento se agotarán tempranamente. Este efecto se hace más relevante al observar que las paredes de cerramiento absorben la mayor parte del corte basal global en este modelo.

En el Modelo 2 los muros de mampostería confinada son los responsables de absorber más del 50% del corte basal global total, alcanzando valores de la relación demanda/capacidad de 1,19 en dirección X y 0,99 en dirección Y, viéndose comprometido su comportamiento. A pesar de esto, la relación demanda/capacidad global de la estructura no supera la unidad alcanzando 0,74 en dirección X y 0,72 en dirección Y.

Para el Modelo 2.1 se observó el aumento del cortante basal global total, detectando que la relación demanda/capacidad global de la estructura se aproximó más a la unidad alcanzando 0,82 en dirección X y 0,91 en dirección Y. La relación demanda/capacidad de los muros de mampostería confinada alcanzaron 1,38 en dirección X y 1,53 en dirección Y, viéndose comprometido su comportamiento ante la demanda impuesta. Finalmente en el Modelo 2.2, donde se simula el comportamiento de la estructura sin el aporte resistente de los muros de mampostería confinada, se aprecia el aumento considerable de la demanda que reciben las columnas alcanzando valores de la relación demanda/capacidad de 1,14 en dirección X y 1,48 en dirección Y.

Los resultados obtenidos sugieren que tomando en cuenta la degradación de los materiales y elementos estructurales durante el terremoto se alcanzan valores de la relación demanda/capacidad mayores a la unidad, indicando que en definitiva la estructura no posee suficiente capacidad para resistir la demanda producida por sismos compatibles con la Norma Venezolana 1756-2001.

#### 4.12.4.5 Cumplimiento con la norma Covenin 1756

Si bien los modelos realizados de los edificios este y oeste de la Experimental Venezuela cumplen con las derivas máximas establecidas por la Norma Venezolana 1756-2001, para estructuras susceptibles a sufrir daño en los elementos no estructurales, las derivas obtenidas para los muros de mampostería confinada superan los valores límites establecidos en la Norma Mexicana para ese tipo de muros. Por otra parte, es posible que la separación entre los edificios sea tal que permita el golpeteo de los mismos durante la ocurrencia de sismos severos. Adicionalmente a estos últimos aspectos del comportamiento sísmorresistente, los resultados del estudio de la relación demanda capacidad también muestran que la estructura es vulnerable ante sismos compatibles con la Norma Venezolana 1756-2001.

#### 4.12.5 Refuerzo Estructural

A la luz de los resultados de la evaluación sismorresistente de la Experimental Venezuela, se hace necesario reforzar los dos edificios que componen la edificación escolar. El refuerzo estructural debe cumplir con los siguientes objetivos ante sismos compatibles con lo establecido en la Norma Venezolana 1756-2001: (i) suplir la resistencia necesaria para soportar la demanda que se genere, (ii) evitar el choque de los edificios este y oeste, (iii) generar una capacidad adecuada para absorber y disipar energía en el rango de comportamiento plástico y (iv) garantizar un comportamiento adecuado de las fundaciones.

El reforzamiento puede considerar las siguientes alternativas o una combinación de éstas: (a) inclusión de muros de concreto reforzado, (b) adecuación de columnas y vigas de concreto reforzado, (c) adecuación de los muros de mampostería confinada por ejemplo con el uso de mallas metálicas y concreto proyectado, (d) recalce de las fundaciones existentes y/o construcción de nuevas fundaciones.

##### 4.12.5.1 Propuesta de adecuación sismorresistente

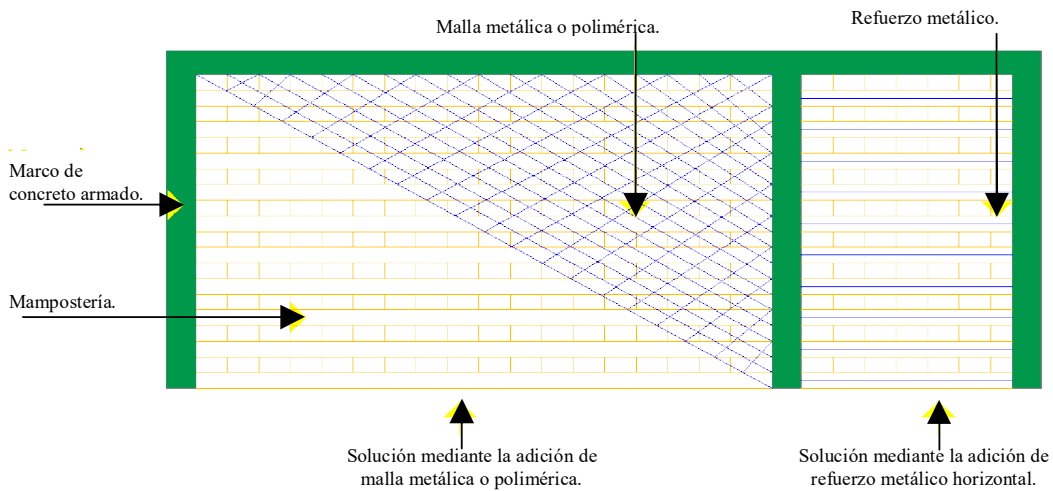
En la toma de decisión para la propuesta de la adecuación estructural de la Experimental Venezuela se debe considerar de forma inequívoca, la condición de patrimonio arquitectónico que le fue otorgado a la misma. Esto implica, que cualquier proyecto de adecuación a ser aplicado tiene que ser constructivamente viable, es decir, debe ser capaz de otorgarle a la estructura, la capacidad de necesaria para desempeñar un determinado nivel sismorresistente sin producir modificaciones esenciales en la apariencia arquitectónica de la edificación y sin modificar su funcionalidad y serviciabilidad. Aunado a estas condiciones, se debe entender que el proceso constructivo será el mejor, mientras perturbe lo menos posible las actividades académicas que se desarrollan en tal unidad educativa.

El estado del arte hoy día y las recientes tecnologías que se están desarrollando a nivel mundial, permiten proyectar soluciones estructurales y constructivas que siendo competentes en términos de sismorresistencia, también son ventajosas en cuanto al proceso constructivo por sí mismo; tal es el caso de la adición de refuerzo metálico o refuerzo polimérico, anclado a los muros de mampostería que se desean proteger. La filosofía que existe tras este tipo de solución estructural consiste, básicamente, en resguardar la integridad de los elementos de mampostería dentro de los marcos de concreto armado existentes, buscando así garantizar la completa transmisión de cargas laterales y verticales en las diferentes líneas resistentes y entre los componentes de dichas líneas. En la Figura 4.12.25 se presentan dos alternativas a ser evaluadas en el estudio que se realiza a la estructura en cuestión; una de ellas se basa en el empleo de malla de refuerzo (de acero electrosoldado o de polímeros) ancladas directamente sobre la mampostería; la otra consiste en la adición de barras de acero de refuerzo distribuidas verticalmente, embutidas en la mampostería y ancladas a los elementos verticales del marco (columnas o machones). Ambas soluciones se han puesto en práctica en diversos países como se desprende de las referencias consultadas.

La técnica constructiva es moderadamente sencilla. Consiste en remover el friso de los muros y dependiendo de la solución adoptada, anclar directamente sobre los elementos de mampostería (mallas) o bien perforar el muro para insertar las barras de acero de refuerzo y anclarlas directamente en los marcos de confinamiento. Cuando se ha efectuado esta etapa, el



paso siguiente es revestir nuevamente los muros de mampostería mediante friso convencional y mediante algún tipo de *grout* de resistencia especificada (lo que el análisis demande). De esta manera, se obtiene una solución sencilla de implementar, que no afecta sustancialmente el aspecto arquitectónico de la edificación y que, desarrollándose planificadamente, tampoco afectaría las funciones académicas de la unidad educativa.



**Figura 4.12.25. Dos alternativas de reforzamiento para los muros de mampostería confinada**

#### 4.12.6 Conclusiones y Recomendaciones

En vista de los resultados obtenidos en la evaluación realizada, se concluye que la U. E. N. Escuela Experimental Venezuela posee un riesgo sísmico elevado ante movimientos sísmicos compatibles con la Norma Venezolana 1756-2001. Por esto se recomienda realizar la adecuación sismorresistente de la misma para reducir su vulnerabilidad ante terremotos, tomando en consideración su carácter patrimonial.

### 4.13.- Evaluación sismorresistente de edificaciones escolares tipo R

#### 4.13.1- Participantes

a) Estudiantes de Pregrado:

- Roberto Azancot M.
- Wadih Bule S.

b) Profesores:

- Ricardo Bonilla M.

#### 4.13.2 Inspecciones efectuadas y recopilación de información de otras escuelas.

Se realizaron visitas de campo a dos escuelas, el C.P.B. Virginia Vera y la E.B.N. J.A. Alfaro Zamora. El C.P.B. Virginia Vera está ubicado en la 2da. Transversal de la Castellana, entre la calle Eugenio Mendoza y Mohedano, Parroquia Chacao, Municipio Chacao, Estado Miranda; y la E.B.N. J.A. Alfaro Zamora está ubicada en la Av. Raúl Leoni, cruce con calle El Morao, Parroquia El Cafetal, Municipio Baruta, Estado Miranda. Estos planteles al parecer presentan algunas estructuras con características similares a las establecidas para las diferentes modalidades de Escuelas Tipo R, (Tradicional y Modificado), consideradas por el Manual de FEDE. Se realizaron estas visitas con la finalidad de establecer mediante inspección ocular y mediciones en sitio las características estructurales de las mismas, y verificar si presentan o no similitudes con las modalidades de Escuelas Tipo R establecidas en el Manual de FEDE. De estas visitas se concluyó, como se explicará más adelante, que no son idénticas a las estructuras presentadas en el Manual de FEDE.

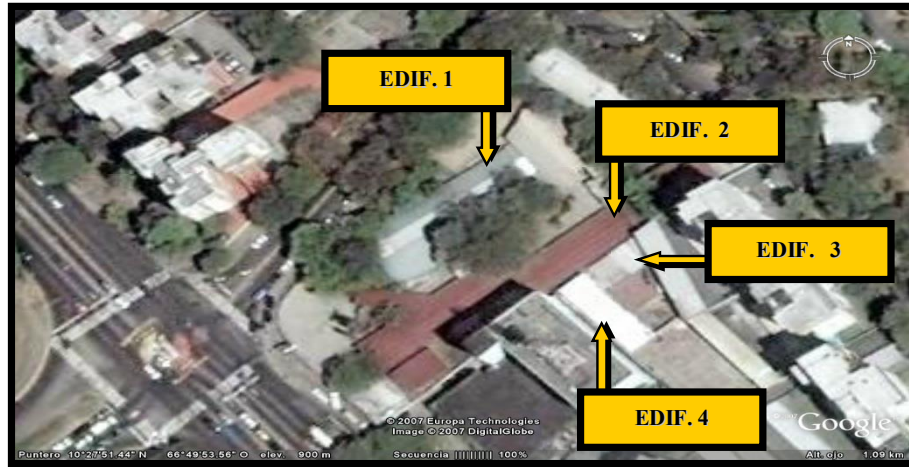
a) Escuela Básica Nacional: E. B. N. J.A. Alfaro Zamora

En esta escuela se identificaron cuatro edificaciones cuyas estructuras se asemejan a las escuelas tipo R Tradicional; además de estas hay dos edificaciones adicionales, las cuales no pudieron ser inspeccionadas. Sin embargo, estas dos últimas estructuras son análogas a 2 de las 4 estructuras a las cuales si se pudo tener acceso.

En la Figura 4.13.1 se señalan las 4 estructuras a las cuales se pudo tener acceso para hacer la inspección. Las 4 edificaciones presentan algunas similitudes con las Escuelas Tipo R Tradicional como lo son: cubierta ligera a dos aguas en todas las estructuras, correas tipo “omega” en las edificaciones 3 y 4, vigas de carga IPN100 en las edificaciones 1 y 2.

Sin embargo, se evidencian diferencias sustanciales con respecto a las Escuelas Tipo R Tradicional como lo son: la presencia de arriostramientos diagonales en la estructura de las cubiertas y un arriostramiento transversal en uno de los pórticos, ambos mediante tensores de barras macizas de acero de aproximadamente ½ pulgada. Estos arriostramientos están localizados en las edificaciones 1 y 2, pero sólo en uno de los módulos, específicamente en uno de los extremos de las mismas. También se presentan vigas de carga IPN80 en las edificaciones 3 y 4, columnas IPN80 en las edificaciones 3 y 4, correas IPN80 en la edificación 1, empleo de tubos rectangulares de acero estructural tipo CONDUVEN 80x40 para correas de la cubierta de techo. En todas las estructuras las distancias entre los pórticos varían respecto a las del sistema estructural de las Escuelas Tipo R Tradicional.

En las figuras 4.13.2 hasta la 4.13.9 se presentan detalles de esta escuela.



**Figura 4.13.1 E. B. N. J.A. Alfaro Zamora. Fuente: (Tomado de: Google Earth)**



**Figura 4.13.2 Mampostería con bloques de concreto**



**Figura 4.13.3 Edificación 1. Tipo R-4, cubierta láminas metálicas corrugadas**



**Figura 4.13.4 Edificación 1. Tensores de arriostramiento de pórticos**



**Figura 4.13.5 Edificación 1. Uniones apernadas en techo**



**Figura 4.13.6 Edificación 2. Tipo R-4, cubierta láminas metálicas corrugadas**





**Figura 4.13.7 Edificación 2. Columnas de perfiles tipo IPN80**



**Figura 4.13.8 Edificación 2. Correas con tubos rectangulares CONDUVEN 80x40, perfiles metálicos IPN 100 como vigas de carga, techo con listones de madera**



**Figura 4.13.9 Edificación 4: perfiles omega conectados a correas en techo liviano**



b) Centro Preescolar Bolivariano: C. P. B. Virginia Vera

En este centro educativo se identificaron 5 edificaciones de las cuales solo dos corresponden a la tipología de Escuelas Tipo R. (ver Figura 4.13.10).

A simple vista, la Edificación 1 se asemeja a las Escuelas Tipo R Tradicional Reforzada (R-3), mientras que la Edificación 2 pareciera a simple vista ser una Escuela Tipo R Modificada Reforzada, pero al verificar los detalles estructurales se evidencian grandes diferencias, por lo que en el presente trabajo se consideran ambas como “híbridos” de las Escuelas Tipo R Reforzadas.



Figura 4.13.10 C. P. B. Virginia Vera. Fuente: (Tomado de: Google Earth).

La Edificación 1 presenta algunas similitudes con las Escuelas Tipo R Tradicional Reforzada (R-3) como son: cubierta termo-resistente (teja criolla); altura de la cumbre; volados en los pasillos de circulación; correas IPN80. Sin embargo no puede calificarse como Tradicional Reforzada porque no tiene el tensor o cartela central en la unión de vigas de carga ni cartelas en las juntas de estos pórticos, las columnas son IPN100 en lugar de IPN140, no presenta machones ni dinteles de refuerzo. Las cartelas en los volados se sustituyeron por tensores de barras macizas de  $\phi$  3/4 pulg. Además, se pudo apreciar un apéndice correspondiente a sanitarios y otros dos de menor dimensión en la parte posterior, que cumplen la función de armarios y cuyo acceso es por la parte interna de las aulas.

La Edificación 2 presenta algunas similitudes con las Escuelas Tipo R Modificada Reforzada (R-3) como lo son: Fachada similar, cubierta termo-resistente (teja criolla); altura de la cumbre; muros robustos en los extremos de la edificación; volados con cartelas en los pasillos de circulación. Sin embargo presenta diferencias respecto de las especificaciones señaladas en el Manual de FEDE como son: ninguno de los miembros que componen la estructura metálica cumplen con las especificaciones, tensor o cartela central en la unión de vigas de carga con barra maciza de aproximadamente  $\phi$  3/4 pulg. en vez de un perfil IPN100; vigas de carga IPN120 en vez de IPN100; columnas IPN120 en vez de IPN140; ausencia de

vigas de amarre y cartelas en los pórticos transversales, no presenta machones ni dinteles de refuerzo, adicionalmente, las paredes internas no coincide con los ejes de la estructura y sin llegar al techo. En las figuras 4.13.11 a la 4.13.17 se presentan detalles de esta escuela.



**Figura 4.13.11 Edificación 1 pasillo de circulación**



**Figura 4.13.12 Edificación 1 pasillo de circulación y techo**



**Figura 4.13.13 Edificación 1 Alero de edificación 1 sostenido por tensores de  $\phi$  3/4"**



**Figura 4.13.14 Edificación 1 Detalle de la cubierta de techo. Apreciarse el espesor del mortero debajo de las tejas**



**Figura 4.13.15 Edificación 1. Fachada posterior**



**Figura 4.13.16 Edificación 2. Cartelas para soporte de alero**



**Figura 4.13.17 Edificación 2. Fachada sur**

c) Recopilación de información fotográfica de otras Escuelas a nivel Nacional.

A continuación se presenta un reporte fotográfico de distintas escuelas cortesía de la Dirección de Construcción de la Dirección General de Equipamiento del Ministerio del Poder Popular Para la Infraestructura. En estas fotografías se podrán apreciar las variantes que presentan las escuelas tipo R.

c.1) Escuelas tipo R Tradicional:



**Figura 4.13.18 Escuela Idelfonso Méndez Omaña, Municipio Jáuregui, Estado Táchira**



**Figura 4.13.19 C.E.I.B. Caja de Agua II, Estado Aragua**





Figura 4.13.20 Gran Mariscal de América, Estado Barinas



Figura 4.13.21 C.E.I. INAVI B, Estado Cojedes



Figura 4.13.22 E.T.A. Oscar Villanueva, Guanare, Estado Portuguesa



Figura 4.13.23 C.E.I.B. Manaure, Estado Cojedes





**Figura 4.13.24 C.E.I.S. Rómulo Gallegos, Estado Cojedes**

c.2) Escuelas tipo R Tradicional Reforzada



**Figura 4.13.25 E.T.A. Oscar Villanueva, Estado Portuguesa**



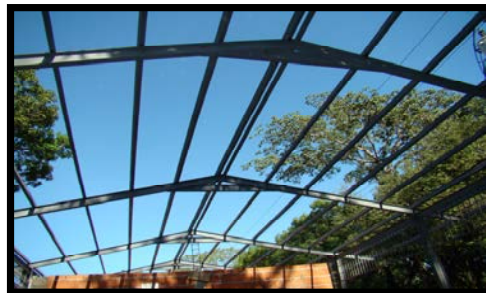
**Figura 4.13.26 E.T.A. Oscar Villanueva, Estado Portuguesa**



**Figura 4.13.27 E.T.A. Oscar Villanueva, Estado Portuguesa**



**Figura 4.13.28 E.T.A. Oscar Villanueva, Estado Portuguesa**



**Figura 4.13.29 E.T.A. Oscar Villanueva, Estado Portuguesa**

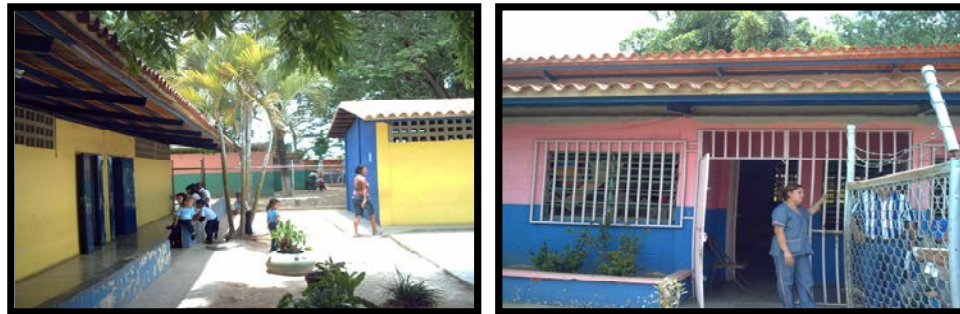


**Figura 4.13.30 C.E.I. INAVI B, Estado Cojedes**



**Figura 4.13.31 C.E.I. Balmira Villegas, Estado Cojedes**





**Figura 4.13.32 C.E.I. Balmira Villegas, Estado Cojedes**



**Figura 4.13.33 E.T.I. Cruz Villegas, Estado Miranda**



**Figura 4.13.34 E.T.I. Cruz Villegas, Estado Miranda**



**Figura 4.13.35 E.T.A. Don Simón Rodríguez, Estado Barinas**



**Figura 4.13.36 L.N. Creación Pueblo Nuevo, Estado Cojedes**

c.3) Escuelas tipo R Modificada Reforzada



**Figura 4.13.37 E.T.I. Cruz Villegas, Estado Miranda**



**Figura 4.13.38 Simoncito, Estado Aragua**

4.13.3 Planos del C.P.B. Virginia Vera

El Centro Educativo Bolivariano, Virginia Vera fue inspeccionado y se decidió realizar planos de esta edificación debido a que tiene mucha similitud con las especificaciones del Manual de FEDE. En este trabajo no se realizará un análisis estructural de ninguna edificación especial debido a la gran variedad de modelos que se presentan como se pudo ver en la sección 4.13.2. El modelo seleccionado para el análisis y que se considera representativo de las Edificaciones Tipo R, se corresponde con las dimensiones señaladas en estos planos, variando únicamente los tipos de perfiles, los refuerzos considerados en el manual de FEDE y el refuerzo propuesto en este trabajo.

a) Planos de arquitectura

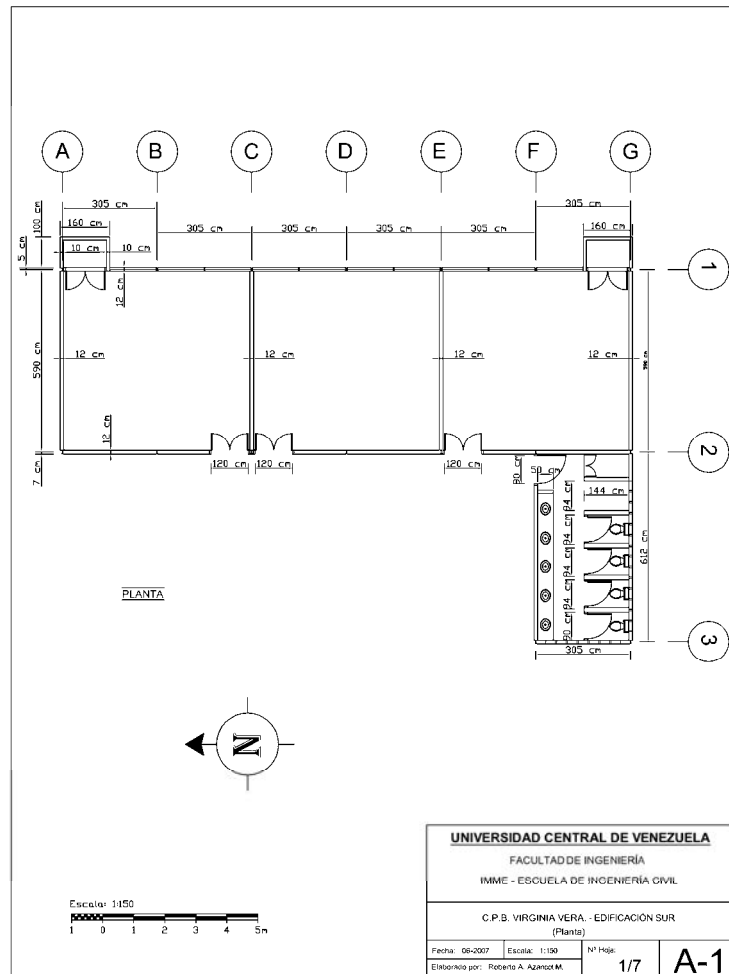
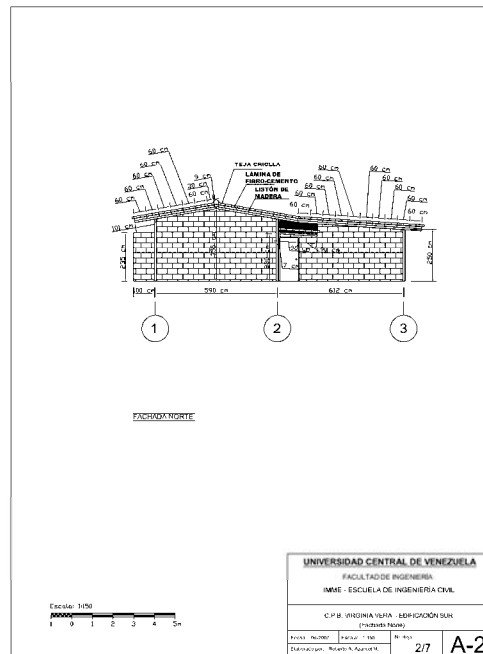
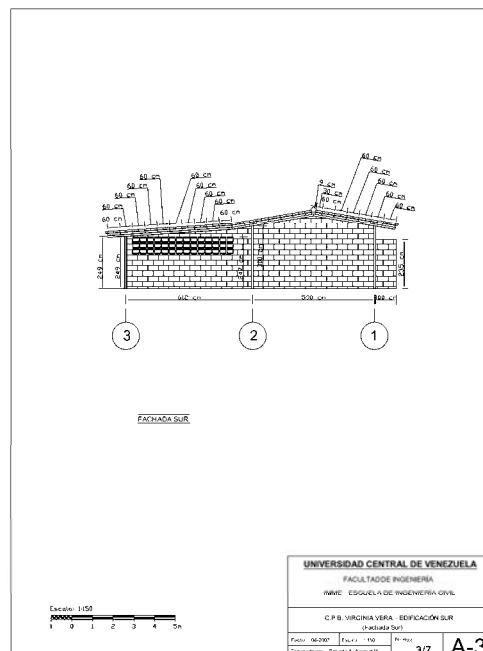


Figura 4.13.39 Plano A1: Plano Arquitectónico de la Planta





**Figura 4.13.40 Plano A2: Plano Arquitectónico de la Fachada Norte**



**Figura 4.13.41 Plano A3: Plano Arquitectónico de la Fachada Sur**

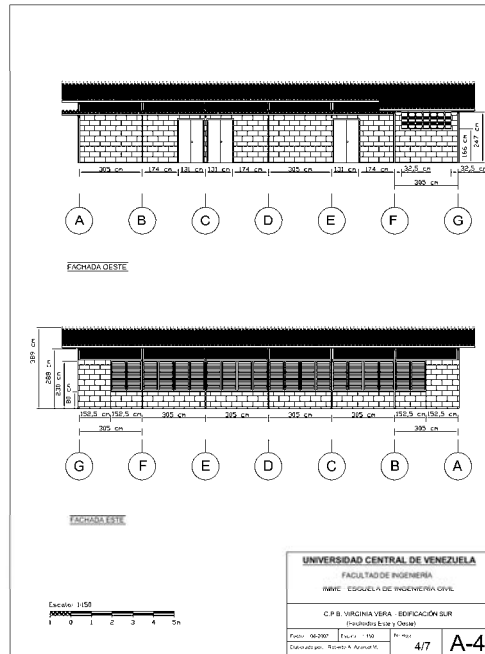


Figura 4.13.42 Plano A4: Plano Arquitectónico de la Fachada Este y Oeste

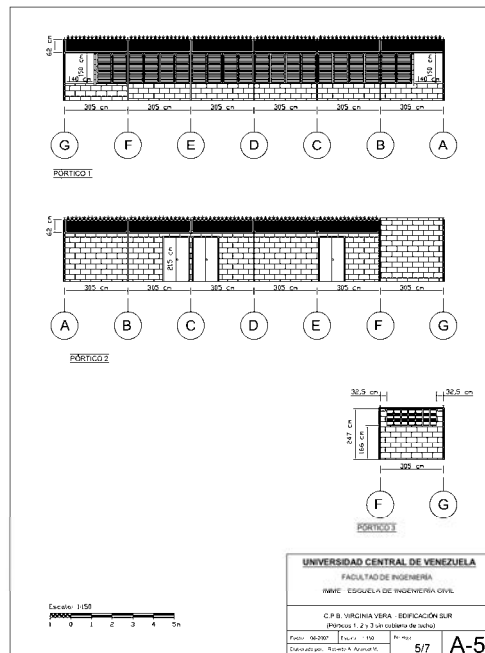


Figura 4.13.43 Plano A5: Plano Arquitectónico de los pórticos 1, 2 y 3 sin techo

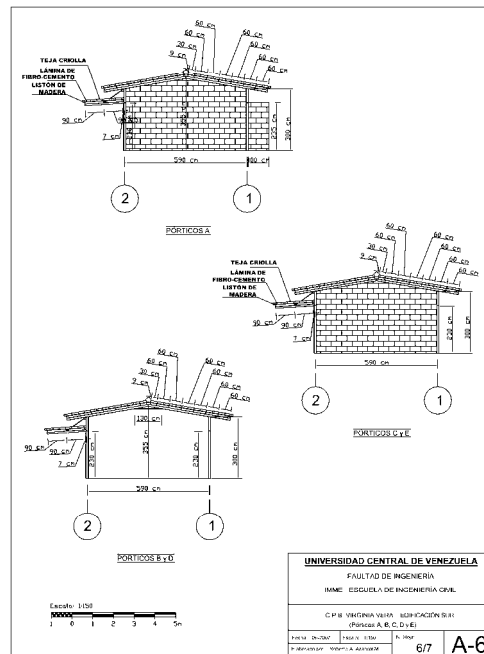


Figura 4.13.44 Plano A6: Plano Arquitectónico de los pórticos A, B, C, D y E

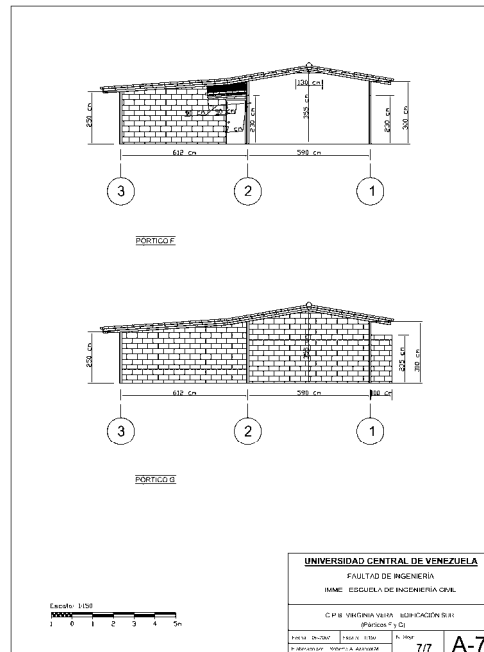


Figura 4.13.45 Plano A7: Plano Arquitectónico de los pórticos F y G

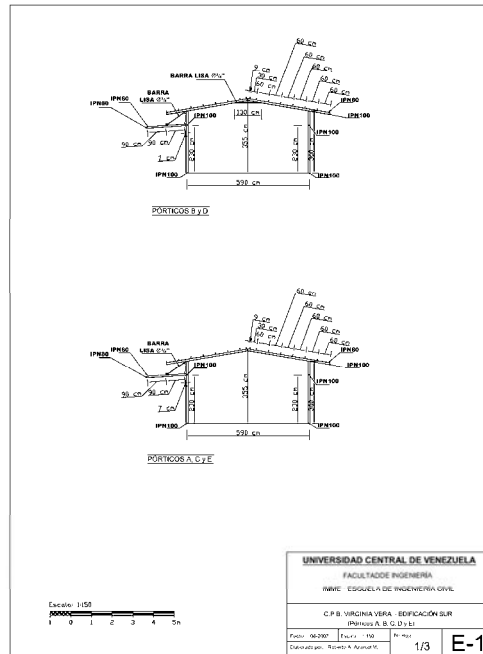


Figura 4.13.46 Plano E1: Plano Estructural de los pórticos A, B, C, D y E

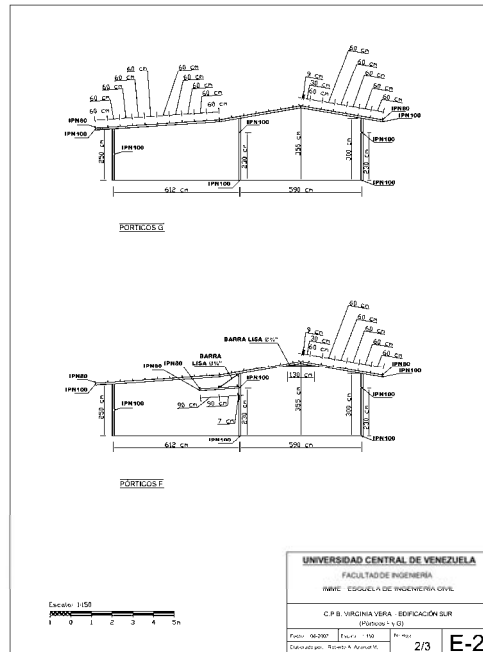


Figura 4.13.47 Plano E2: Plano Estructural de los pórticos F y G

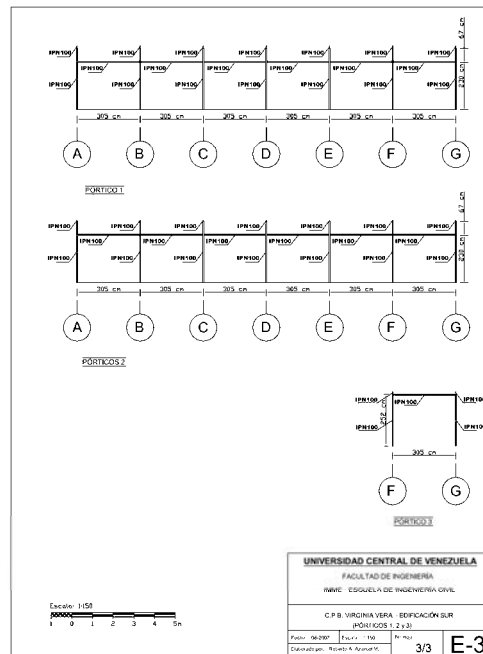


Figura 4.13.48 Plano E3: Plano Estructural de los pórticos 1, 2 y 3.

#### 4.13.4 Características de las escuelas Tipo R

La escuela tipo R es una de las tipologías estructurales de edificaciones escolares entre las cuales se identifican también las escuelas Antiguo I, Antiguo II, Patrimoniales, Módulo Base, entre otras.

Las escuelas tipo R se clasifican en el tipo Tradicional y Modificado. Tienen un solo nivel y usualmente tienen una, dos o tres aulas (Tipo R-1, R-2 y R-3).

##### a) Escuela Tipo R Tradicional:

Es un sistema aporricado conformado por elementos metálicos y cubierta de techo liviano a dos aguas. Columnas y vigas IPN 100, y cubierta con perfiles omega. Las columnas se fijan con pernos a una losa de fundación de 15cm y las conexiones soldadas.

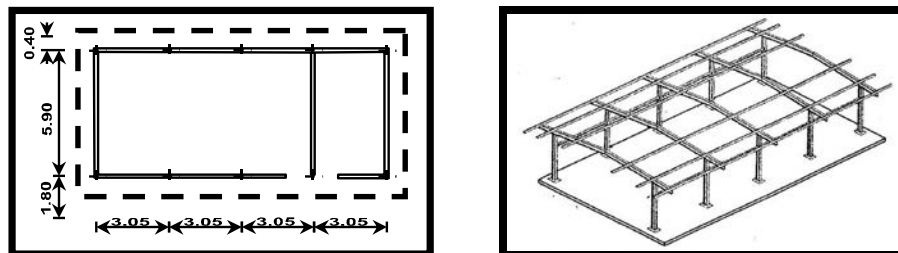


Figura 4.13.49 Escuelas Tipo R Tradicional. Fuente: Manual de FEDE.



b) Escuela Tipo R Modificado:

Las características estructurales son similares a la tradicional solo cambia el techo al que se le añade una cumbrera y tiene sendos muros de mampostería en los extremos del edificio.

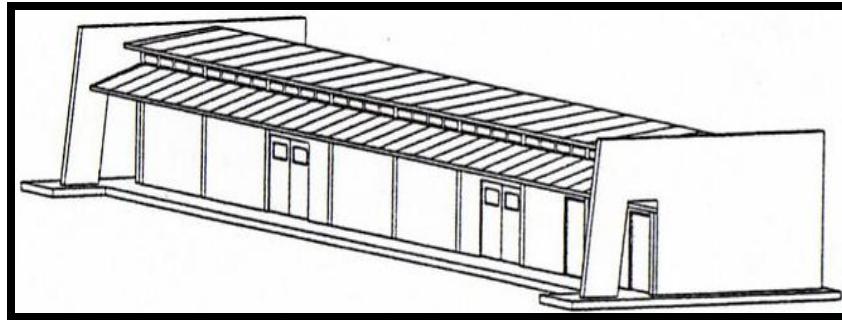


Figura 4.13.50 Escuelas Tipo R Modificado. Fuente: Manual de FEDE.

c) Escuela Tipo R Tradicional y Modificado Reforzada:

El manual de FEDE especifica un mejoramiento de estas escuelas, este consiste en el cambio de la cubierta liviana por otra con acabados en tejas criollas, reemplazo de columnas IPN 100 por IPN 140, construcción de fundaciones y vigas de riostras en caso de no poseerlas, soldar carteles centrales y laterales, se arriostran los pórticos con perfiles soldados a tope a las columnas y se colocan machones a las paredes laterales.

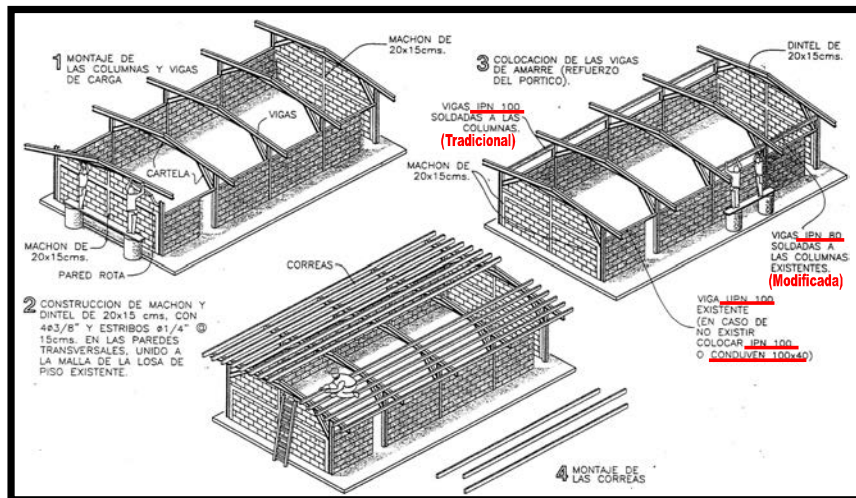


Figura 4.13.51 Refuerzo de Escuela Tipo R según Manual de FEDE.

d) Escuela Tipo R con columnas de concreto reforzada:

En el caso de escuelas Tipo R con columnas de concreto, el manual de FEDE propone reforzar el tope de estas columnas introduciendo un perfil que se arriostrará en la dirección perpendicular de las vigas de carga y se conectará a las vigas de techo.

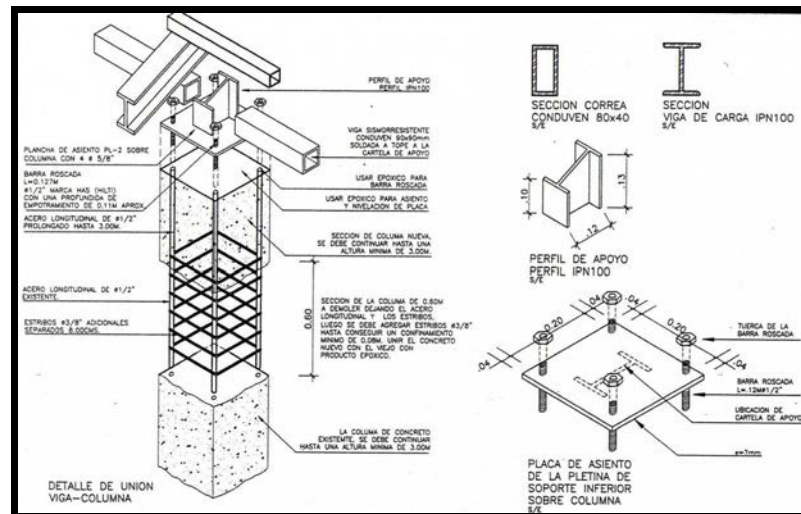


Figura 4.13.52 Detalle de prolongación de columna de concreto. Manual FEDE.

#### 4.13.5 Comportamiento de escuelas Tipo R Durante sismos pasados

Una inspección realizada luego del sismo de Cariaco de 1997 a 15 escuelas tipo R evidenció los daños que se resumen en la Tabla 4.13.1. Se observó que en estas escuelas la mampostería que no esté vinculada a la estructura puede fallar como se muestra en la Figura 4.13.53.

Tabla 4.13.1 Daños en Escuelas Tipo R a causa del terremoto de Cariaco de 1997.

Daños ocasionados por el Terremoto de Cariaco 9 de julio de 1997	Nº de Planteles Identificados como Sistemas Tipo R	Porcentaje
no sufrieron daños ó sufrieron algunas fisuras o grietas menores	6	40%
sufrieron grietas en paredes, tabiquería o dinteles de puertas	3	20%
sufrieron separación de paredes de la estructura metálica o cubierta afectada en tramos	5	33%
sufrieron de paredes desplomadas y techo parcialmente caído	1	7%



**Figura 4.13.53 Volcamiento de pared durante el Sismo de Cariaco de 1997.**

#### 4.13.6 Modelos de análisis considerados en este trabajo

Para realizar evaluaciones representativas de modelos de escuelas Tipo R se decidió Estudiar los siguientes tipos de estructura:

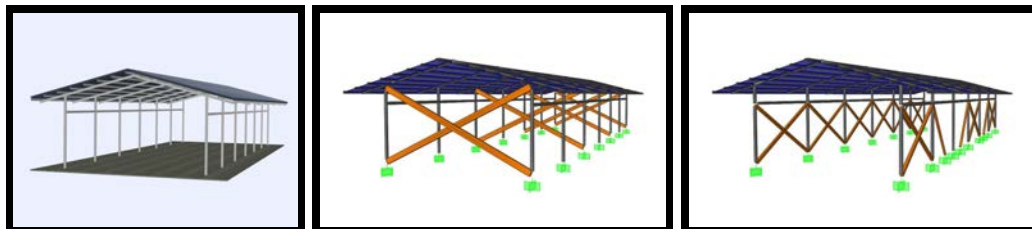
- Escuela Tipo R Tradicional
- Escuela Tipo R Tradicional Reforzada

No se evaluarán las escuelas tipo R Modificada por tener una estructura similar a la tradicional y en todo caso son menos críticas por la presencia de muros robustos de mampostería en sus pórticos extremos. Adicionalmente estas escuelas son menos comunes.

No se evaluarán las escuelas tipo R con columnas de concreto por ser una tipología poco utilizada.

Para estas tipologías se elaboraron modelos con y sin mampostería. En las Figuras 4.13.54 y 4.13.55 se pueden ver los modelos estudiados. Para que los modelos sean más representativos las dimensiones de estos son las especificadas en el Manual de FEDE.

La mampostería se modela con bielas equivalentes con parámetros correspondientes a ensayos nacionales para bloques de arcilla de 10 cm de espesor, por ser la opción más desfavorable.



**Figura 4.13.54. Modelos Escuela tipo R Tradicional**



**Figura 4.13.55 Modelos Escuela tipo R Tradicional Reforzada**

#### 4.13.7 Características de los modelos y del análisis

Los análisis se realizaron con el programa SAP2000, y bajo el marco de las normas Venezolanas vigentes. Para la mampostería se realizaron análisis no lineal pushover y se aplicó la metodología recomendada por FEMA 440. Las características más importantes de los modelos y del análisis son las siguientes:

- Tipo de cubierta para las escuelas tradicionales: asbesto cemento
- Tipo de cubierta para las escuelas reforzadas: láminas de fibrocemento y tejas
- Número de módulos de la estructura: tres (R-3) correspondiente a seis vanos y siete ejes
- Tipo de conexión para las vigas de amarre (dirección larga): articuladas
- Vigas de carga (cartelas en dirección corta): parcialmente restringidas
- Calidad del acero:  $f_y = 2.500 \text{ kgf/cm}^2$  y  $f_u = 3.500 \text{ kgf/cm}^2$
- Estructura: Grupo A
- Tipo de diafragma en todos los casos: rígidos
- Tipo de suelo: S2
- Zonas sísmicas: 3 a la 7

#### 4.13.8 Resultados de los análisis

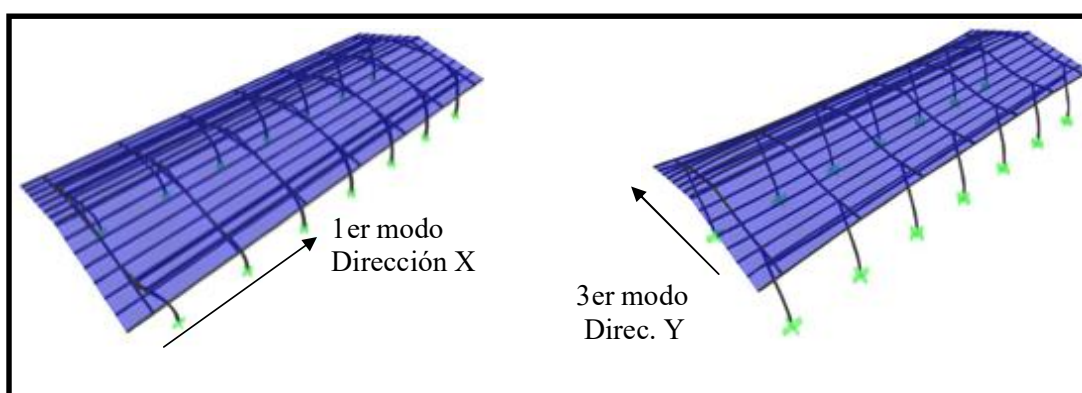
##### a) Escuelas Tipo R existentes

Se refiere a edificaciones existentes para agrupar a los análisis realizados a Escuelas Tipo R que se pueden encontrar en el país. Es decir las escuelas Tipo R originales, con techo liviano (llamada Tradicional) y la modificación (llamada también Reforzada), realizada en algunas escuelas con el fin de mejorar el confort porque se sustituye el techo. El refuerzo realizado en esta modificación trabaja principalmente en la dirección corta de la estructura. En la Tabla No. 4.13.2 se presentan los períodos de los modelos analizados.

**Tabla No. 4.13.2 Períodos de los modelos existentes analizados (en segundos)**

Modelo	T (1er modo)	T (2do modo)	T (3er modo)
Tradicional sin mampostería	2.29 (en X)	0.34 (Rotación)	0.32 (en Y)
Reforzada sin mampostería	2.63 (en X)	0.34 (Rotación)	0.32 (en Y)
Tradicional con mampostería*	0.26 (en X)	0.06 (en Y)	0.05 (Rotación)
Reforzada con mampostería*	0.36 (en X)	0.11 (en Y)	0.10 (Rotación)

\* Estos modelos son apropiados para los análisis de pushover pero no para el análisis modal por lo que los períodos reales de estos modelos deben ser mayores a los aquí reportados



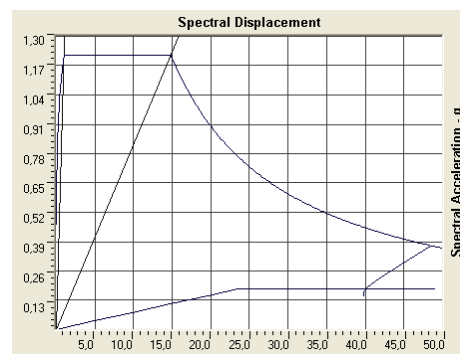
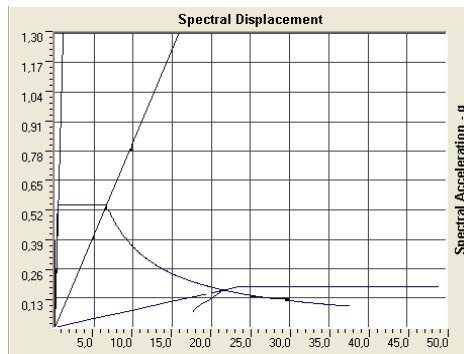
**Figura 4.13.55 Primero y tercer modo de los modelos sin mampostería**

De estos resultados se puede observar que los modelos sin mampostería son muy flexibles y que en todos los casos la dirección en X es la más flexible de todas. En esto contribuye la orientación de las columnas de acero. El modelo reforzado hace más flexible esta dirección. Esta característica identificada en estas estructuras explica el volcamiento de la mampostería durante eventos sísmicos pasados.

Los análisis realizados en dirección Y de la escuelas Tipo R existentes indican que esta dirección es segura, por lo que en los resultados que se presentan a continuación se enfatiza en la dirección débil (dirección larga de la estructura). En las Figuras No. 4.13.56 y 4.13.57 se presentan los resultados del análisis pushover y de linealización equivalente según la metodología propuesta por Fema 440.

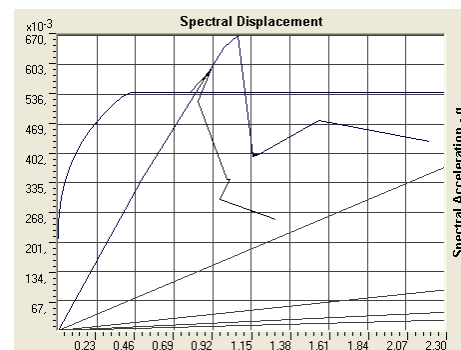
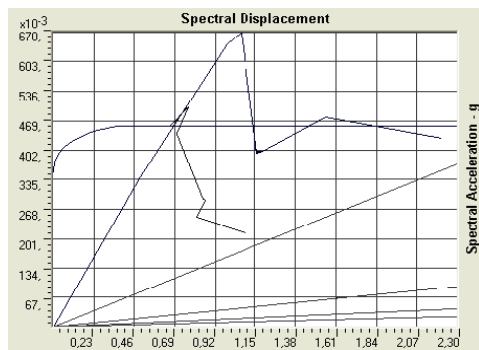
Aparentemente los resultados para los modelos tradicionales son satisfactorios, sin embargo la desplazabilidad obtenida es inaceptable. En cuanto al modelo con mampostería, si bien la capacidad a cortante es sustancial y el control de la deriva es satisfactorio, no fue posible realizar el análisis para la zona sísmica 7. No hay duda de que una contribución estable de la mampostería podría mantener salvar a la estructura, sin embargo, un sismo de larga duración en el que la mampostería se desvincule pondría en peligro a la estructura.





Cortante (kg)	890	970
Tsec (seg)	2.29	2.99
Ductilidad	1.00	1.70

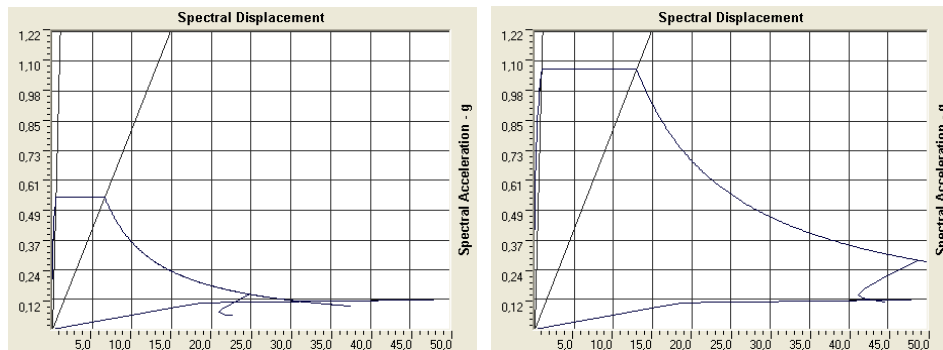
Figura 4.13.56 FEMA 440 Modelo Tradicional para zona 3 y 7 respectivamente



Cortante (kg)	2973	2344
Tsec (seg)	0.25	0.43
Ductilidad	1.79	2.65

Figura 4.13.57 FEMA 440 Modelo Tradicional con mampostería para zonas 3 y 5

En cuanto al modelo reforzado, ver Figura 4.13.58, si bien el cortante se incrementa, la estructura sigue siendo muy flexible y solo fue posible evaluarla hasta la zona sísmica 6. Al igual que el caso tradicional sin mampostería aunque las ductilidades desarrolladas no son muy elevadas, los niveles de desplazamientos son inaceptables.

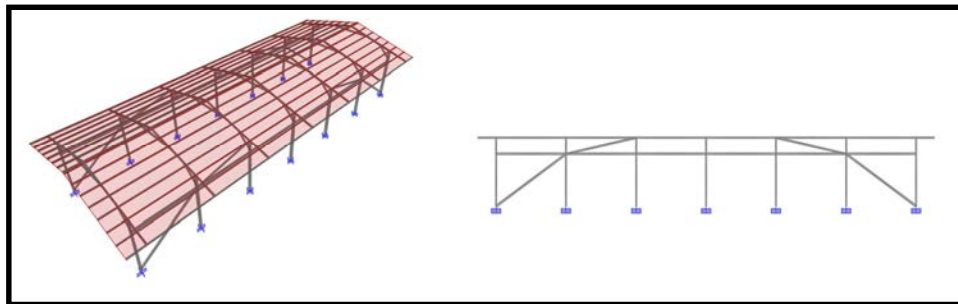


Cortante (kg)	2670	2890
Tsec (seg)	2.90	3.8
Ductilidad	1.22	2.30

**Figura 4.13.58 FEMA 440 Modelo Reforzado sin mampostería para zonas 3 y 6**

b) Propuesta de refuerzo para Escuelas Tipo R

Luego de evaluar varias opciones se llegó a un sistema de refuerzo que aporta rigidez y mayor capacidad resistente a la estructura. En la Figura 4.13.59 se presenta esta propuesta, que consiste de un refuerzo en diagonal con IPN 100 en los vanos extremos de la dirección larga aprovechando que en estos no se tiene la presencia de puertas. Adicionalmente se propone un refuerzo IPN 80 en diagonal en los vanos dos vanos siguientes para rigidizar el espacio entre las vigas de amarre y las de techo.

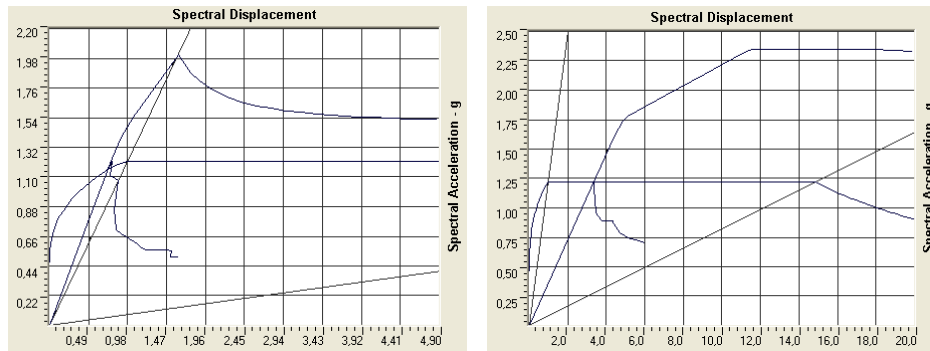


**Figura 4.13.59 Propuesta de refuerzo para el Tipo R Tradicional**

La propuesta de refuerzo se probó para reforzar tanto a la estructura Tipo R Tradicional como a la estructura llamada Tipo R Reforzada. El modelo de la estructura Tipo R Tradicional se consideró tanto para el techo ligero como un techo de mayor peso, considerando que en caso de aplicarse este Propuesta de refuerzo se puede aprovechar de mejorar la cubierta. En la Tabla No. 4.13.3 se presentan los períodos para estos modelos.

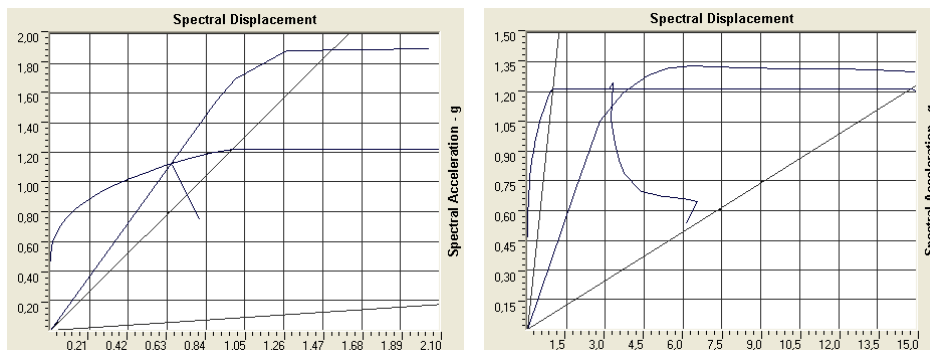
**Tabla No. 4.13.3 Períodos de los modelos existentes analizados (en segundos)**

Modelo	T (1er modo)	T (2do modo)	T (3er modo)
Tradicional + Propuesta de refuerzo	0.50 (en Y)	0.27 (Rotación)	0.14 (en Y)
Reforzada + Propuesta de refuerzo	0.32 (en Y)	0.19 (Rotación)	0.11 (en Y)



Cortante (kg)	25574	6803
Tsec (seg)	0.16	0.33
Ductilidad	1.49	1.00

**Figura 4.13.60 Sin mampostería, Zona 7, ANLX de Propuesta + Tradicional Techo mejorado (izquierda), ANLY de Propuesta + Tradicional Techo liviano (derecha)**



Cortante (kg)	26310	26791
Tsec (seg)	0.153	0.34
Ductilidad	1.00	1.47

**Figura 4.13.61 Reforzado + Propuesta sin mampostería Zona 7, ANLX(izq) – ANLY(der)**

#### 4.13.9.- Conclusiones

De las inspecciones y la recopilación de información se puede concluir que existe una gran diversidad de escuelas Tipo R, Además de los tipos iniciales, se presentan variantes en los modificaciones que se hacen con fines de confort o de reforzamiento estructural, incorporación de apéndices, o utilización de materiales según la disponibilidad en la zona del país en que se construyen.

En este trabajo se realizó una evaluación estructural para las acciones sísmicas de las normas venezolanas para las edificaciones Tipo R Tradicionales y Reforzadas. Para estos casos con sus distintas variantes de techo, refuerzo o no en la dirección corta uso o no de perfiles de 100 o 140 cm en las columnas, los análisis permiten concluir lo siguiente:

- a) Todos estos tipos de edificaciones escolares son vulnerables para las acciones sísmicas de las normas venezolanas.
- b) La presencia de la mampostería incrementa la capacidad portante de la estructura pero si no se garantiza la estabilidad y conectividad de estos elementos la estructura no resistirá las acciones sísmicas correspondientes a las zonas de mayor amenaza del país.
- c) Se presenta una propuesta de reforzamiento que puede ser aplicada a las distintas variantes presentes en el país, incluyendo el caso de las estructuras Tipo R Tradicional con mejoramiento del techo y sin refuerzo. Esta propuesta incrementa la capacidad portante en la dirección débil de la estructura y permite que esta se comporte elásticamente o en algunos casos con ductilidades menores a 1.5

#### 4.13.10.- Recomendaciones

Es conveniente vincular la mampostería a la estructura para incrementar la capacidad resistente de la estructura y evitar el volcamiento o desprendimiento de esta mampostería.

Si bien hay una diversidad de edificaciones escolares tipo R, es posible plantear un proyecto de refuerzo que pueda adaptarse a la mayoría de ellas. Es conveniente desarrollar una ingeniería de detalles que pueda ser aplicada a un grupo de escuelas Tipo R que cumplan con ciertas condiciones.

#### 4.13.11.- Referencias

- Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas, Gerencia de Proyectos. (s. f.). *Manual para rescate y mejoramiento de las edificaciones escolares tipo R*. Caracas. Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.
- Alonso, G. y Figuera, F. (1997). *Evaluación Estructural de Centros Educativos Dañados durante el Terremoto de Cariaco del 09 de julio de 1997, Estado Sucre*. Caracas.
- Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas - FEDE. Ministerio de Educación Cultura y Deporte. (2001). *Planteles Construidos con Sistema "R"*. Editorial: s.r. (s.f). 15p.
- Computers and Structures, Inc. (1995) SAP2000. *Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structures. Advanced 9.0.3. Structural Analysis Program*. Berkeley, CA.
- Norma COVENIN-MINDUR 1756-2001:A. *Edificaciones sismorresistentes. Articulado y comentarios*.

#### 4.14.- Evaluación Sismorresistente de la U. E. Dr. Lisandro Lecuna

##### 4.14.1.- Participantes

En esta actividad participaron las siguientes personas:

Prof. Gabriela Prado, UC  
Prof. Adalgiza Pombo, UC  
Prof. Oscar A. López, IMME UCV  
Br. Laura Marquez, UC  
Br. Harcyo Rodriguez, UC  
Ing. Cesar Peñuela, IMME UCV  
Tec. Andrés Paredes, IMME UCV  
Tec. Elione Barrios, IMME UCV  
Conductor Igor Medina, IMME UCV

##### 4.14.2.- Resumen

Esta investigación evaluó el riesgo sísmico en la U. E. Dr. Lisandro Lecuna localizada en la ciudad de Valencia, Municipio Naguanagua, con la finalidad de proponer recomendaciones generales para reducirlo hasta niveles aceptables por las normas vigentes. Se comprobó que esta edificación escolar pertenece al denominado Tipo Antiguo II que fue construido en todo el país en la década de 1950 y 1960, muy probablemente bajo los lineamientos de las Normas MOP de 1947 o la de 1955, cuyos requerimientos sismorresistentes han sido considerablemente modificados, ampliados y elevados en las normas modernas. Debido a la ausencia de planos de la edificación, se hicieron levantamientos geométricos y exploraciones con un detector de metales a fin de determinar las características y propiedades de los elementos estructurales y no estructurales, a partir de los cuales se desarrollaron planos y animaciones digitales en 3D. La evaluación sísmica fue efectuada con base a las normas vigentes COVENIN 1756 y 1753, adoptando un factor de Reducción de 2 en vista de la limitada capacidad de disipación de energía de esas estructuras. El período fundamental es de 1,26 s al considerar la estructura con inercia gruesa, se eleva hasta 1,62 s al considerar las secciones agrietadas y se reduce hasta 0,35 s al incluir la rigidez de las paredes. La acción sísmica da lugar a derivas de entrepiso que exceden hasta seis veces los límites establecidos en la Norma. Por otro lado, la demanda de fuerza cortante en ambas direcciones horizontales excede varias veces la capacidad resistente de las columnas. Se recomienda reforzar la estructura para satisfacer los requerimientos contenidos en las normas vigentes.

##### 4.14.3.- Descripción de la Edificación

La Unidad Educativa “Dr. Lisandro Lecuna” fue construida en la década de 1960 según información suministrada por empleados de la época que aún laboran en el plantel; no existen documentos probatorios que hagan referencia al año en que fue construida. La edificación escolar se encuentra ubicada en la ciudad de Valencia, estado Carabobo, en el municipio Naguanagua. Conformada por dos niveles, planta baja y planta alta, tiene dos áreas bien definidas como son el Módulo Principal y un anexo. El Módulo Principal posee siete aulas de clase en la planta baja y nueve aulas de clase en planta alta, con una capacidad

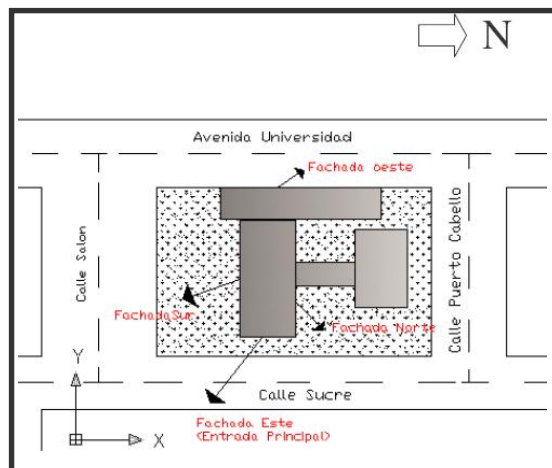


aproximada de 30 alumnos por aula, permitiendo acoger a un total de 480 alumnos por turno.

En la actualidad la escuela funciona con dos turnos, matutino y vespertino, ambos con la misma capacidad de alumnos. Adicionalmente, ésta se encuentra dotada de un salón de música y un salón de computación. No fue posible localizar planos estructurales ni arquitectónicos, ni expedientes técnicos con información de las propiedades y características estructurales de los edificios, necesarias para realizar un estudio detallado; por lo tanto, fue preciso realizar mediciones en sitio, plasmando en paralelo una memoria fotográfica para así lograr levantar los planos arquitectónicos. Adicionalmente se utilizó la información y resultados arrojados del estudio con un detector de metales.



**Figura 4.14.1.- Fotografías del Módulo Principal de la U.E. Dr. Lisandro Lecuna, Tipo Antiguo II, Fachada Este (foto izquierda) y Fachada Sur (foto derecha).**



**Figura 4.14.2.- Croquis de Ubicación de la U.E. Dr. Lisandro Lecuna.**

Algunas características que definen a la edificación como Tipo Antiguo II son la arquitectura de su fachada, la presencia de parasoles en sus laterales, las dimensiones de sus columnas y vigas, entre otras, las cuales se pueden observar en la Figura 4.14.1. Con la

información recabada y las mediciones realizadas, se realizaron los planos correspondientes a arquitectura en planta baja, planta alta y fachadas, y los envigados de las losas de entrepiso y techo, así como imágenes 3D y animaciones digitales. La fachada principal de la edificación se encuentra orientada hacia el este, ver Figura 4.14.2, con la entrada en el pasillo central que da acceso a la escuela, con un ancho de 4,21 m medidos de cara a cara de las columnas correspondientes, y con rejas que colman completamente el pórtico. Hacia el norte se encuentra el comedor de la escuela. En nivel planta baja de la fachada oeste, se localiza un anexo que funciona la mayoría de las veces como depósito de pupitres dañados, pero originalmente estaba acondicionado para funcionar como escenario para eventos y actividades especiales. Para efectos de este estudio sólo se considera el análisis del módulo principal de la edificación, obviando el depósito, el comedor y todas las demás edificaciones existentes en las adyacencias del módulo principal, dado que éste es el módulo más desfavorable por ser el más antiguo y el más peligroso al momento de ocurrir un sismo ya que contiene todas las aulas de la institución.

El módulo principal está caracterizado por tener dos niveles, identificados como planta baja y planta alta en el que se ubican además de aulas de clases, otros espacios tales como oficinas, cubículos de profesores y baños. La planta baja tiene una altura constante de 3,35 m medidos desde la losa piso hasta la losa de entrepiso, mientras que la altura de la planta alta es variable, debido a que el nivel techo posee inclinaciones en los espacios correspondientes a los salones (Figura 4.14.1); sin embargo, el pasillo central de la planta alta también posee una altura constante igual a 3,3 metros medidos desde la parte superior de la losa entrepiso hasta la losa de techo. La fachada posterior de este nivel (nivel uno), está caracterizada por poseer bloques de ventilación que ocupan completamente el espacio del vano correspondiente. Sobre el nivel techo, se encuentran dos tanques para almacenamiento de agua, de los que se presume están elaborados con paredes de concreto de 10 cm. de espesor. Estos tanques poseen un área de 19,05 m<sup>2</sup> y una altura de 0,98 m, separados a una distancia de 3,23 m de cara a cara de las paredes. En todas las aulas de clase (aulas en planta baja y aulas en el nivel uno), se encuentran ventanas en las fachadas norte y sur, colocadas cara a cara de las columnas, con dimensiones de 3,28 m de ancho y 1,89 m de alto; mientras que en las paredes de los pasillos, dichas aulas poseen ventanas superiores, pero esta vez separadas de las columnas por aproximadamente 13 cm y con unas dimensiones de 2,95 m de ancho y 0,57 m de alto. A su vez, en el pasillo principal se encuentran columnas falsas, que así se definieron gracias a que en el nivel techo se puede apreciar que ellas poseen una tubería con un diámetro  $\phi=4''$  que se presume son para drenaje, aunque en la actualidad no cumplen dicha función.

El acceso para el nivel planta alta, se realiza a través de una escalera de concreto armado de 15 cm de espesor, orientada hacia el norte justo después de la entrada principal que brinda el acceso a la edificación. La escalera posee un descanso de 2,64 m de ancho y una longitud de 3,28 m, con ausencia de viga auxiliar. La huella que la caracteriza es de 30 cm y una contrahuella de 17 cm. En la fachada norte se encuentran un total de 11 parasoles (Figuras 4.14.1 y 4.14.6), desde el eje B hasta el eje L y en la fachada sur 11 parasoles, pero esta vez desde el eje A hasta el eje K. Las dimensiones de los parasoles son las siguientes: la base inferior es de 106 cm, la base superior es de 55 cm, y la altura es de 3 m. Dichos parasoles se presume sean de bloques de arcilla de 10 cm de espesor. El piso en todos los espacios, es de granito, suponiéndose de 5 cm de espesor. Las puertas de las aulas son metálicas y las puertas

de la mayoría de las oficinas y cubículos son de madera. Se presume que entre los ejes D4-E4 y D6-E6, se encontraba anteriormente un pasillo que permitía el acceso hacia el comedor desde el pasillo del modulo principal. Este acceso fue eliminado y dio lugar al actual salón de música.

En cuanto a los elementos estructurales (Figura 4.14.5), está conformado por doce (12) pórticos transversales, separados a una distancia de 3,53 m, designados desde el eje A hasta el L y cuatro pórticos longitudinales, separados a una distancia de 6,55 m entre los ejes 1-3 y 4-6 y 4,46 m entre los ejes 3-4. Las columnas que conforman dicho módulo son 48, con secciones de 0,25 m x 0,25 m, con continuidad en todos los ejes verticales. Sin embargo se destaca la presencia en los ejes B3, B4, D3, D4, F3, F4, H3, H4, J3, J4 de columnas falsas de sección 0,42 m x 0,25 m, construidas con un mortero pobre y cuya función es embutir a la tubería de drenaje. Las vigas longitudinales poseen una sección de 0,25 m x 0,55 m, ubicadas en los ejes 1, 3, 4, y 6, horizontales en el entrepiso e inclinadas en el techo (inclinación = 10°). Además, la estructura posee vigas de corona en dichos ejes, con una sección de 0,25 m x 0,25 m, ubicadas encima de cada uno de los ventanales situados en las fachadas norte y sur. Las vigas transversales tienen una sección de 0,25 m x 0,55 m, ubicadas en los ejes A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K y L, horizontales en el entrepiso entre los ejes 1-3 y 4-6 e inclinadas en el techo (inclinación=10°). Se verificó con el uso del detector de metales que en el pasillo central hay ausencia de vigas en la dirección corta, específicamente entre los ejes B3-B4 hasta el K3-K4. En cuanto a las losas, éstas son nervadas, armadas en una dirección y poseen un espesor de 20 cm. En el área correspondiente a los salones de clase la losa se encuentra armada en la dirección longitudinal; en el área que corresponde al pasillo central, ésta se encuentra armada en la dirección transversal. El área de la losa entrepiso es aproximadamente de 818,38 m<sup>2</sup>, mientras que para la losa de techo el área es aproximadamente de 811,07 m<sup>2</sup>. La tabiquería corresponde en su mayoría a ladrillos macizos de 25 cm de espesor, incluyendo el friso. En otras paredes que dividen espacios, que en general han sido producto de modificaciones en la arquitectura original, se usaron bloques de arcilla de 10 cm de espesor. El friso se estima aproximadamente de 2,5 cm de espesor.

Del estudio realizado con el detector de metales se pueden establecer las siguientes conclusiones de importancia para el desempeño sismorresistente de estas edificaciones: 1) No existe zona de confinamiento en la cercanía de nodos de vigas y columnas; se puede observar que la separación entre el acero transversal es siempre la misma e igual a 25 cm; 2) No existe acero transversal en los nodos de la estructura; 3) No hay vigas en el pasillo central de la edificación, en los ejes A hasta L, ni en el entrepiso ni en el techo; 4) Hay columnas intermedias embutidas en las paredes que separan las aulas de clases, éstas son las columnas B5, C2, E2, E5, G5, I2, K2, y K5; 5) Se verificó la presencia de vigas de corona en los ejes 1 y 2 correspondientes a la dirección larga de la estructura; 6) Todos los elementos explorados con el detector de metales cumplen con los detalles contenidos en los planos hallados en la Biblioteca Nacional, por lo tanto los diámetros de las barras de acero utilizados para modelar la estructura se supondrán iguales a los valores que aparecen en dichos planos.

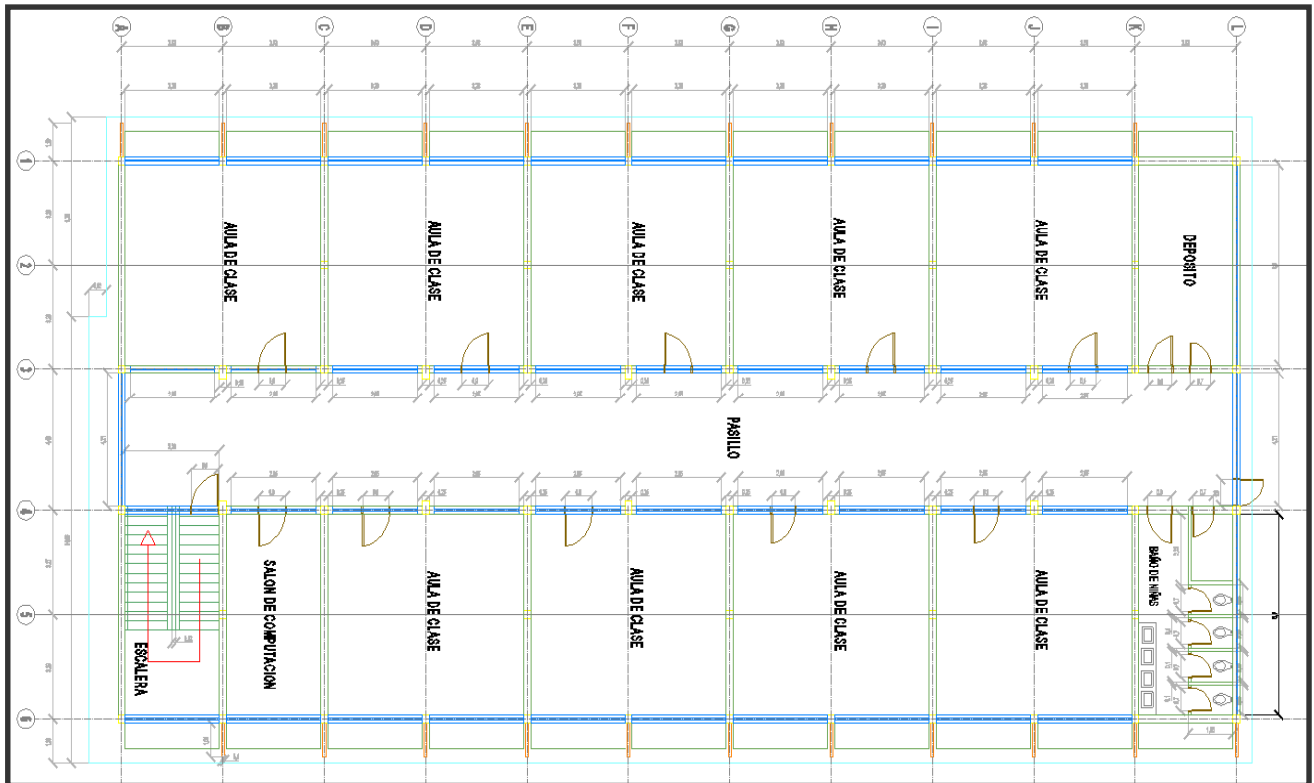


Figura 4.14.3.- Plano de Arquitectura de la Planta Baja de la U.E. Dr. Lisandro Lecuna.

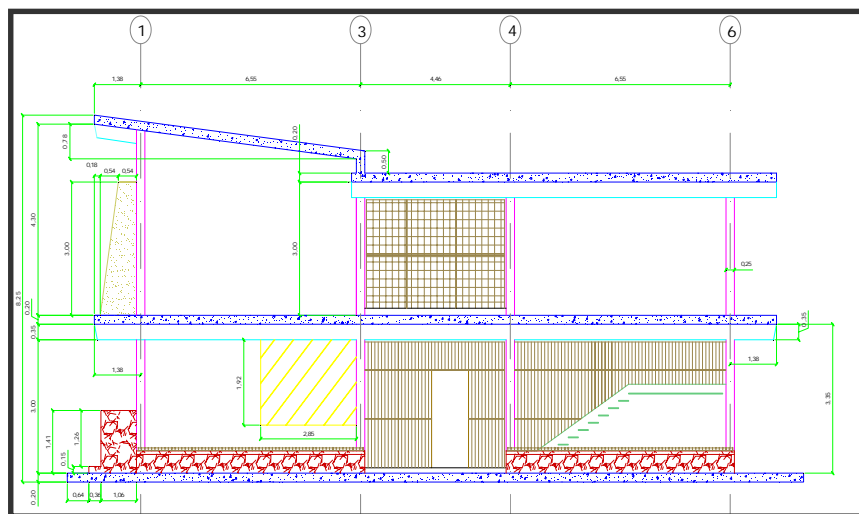


Figura 4.14.4.- Fachada Este de la U.E. Dr. Lisandro Lecuna

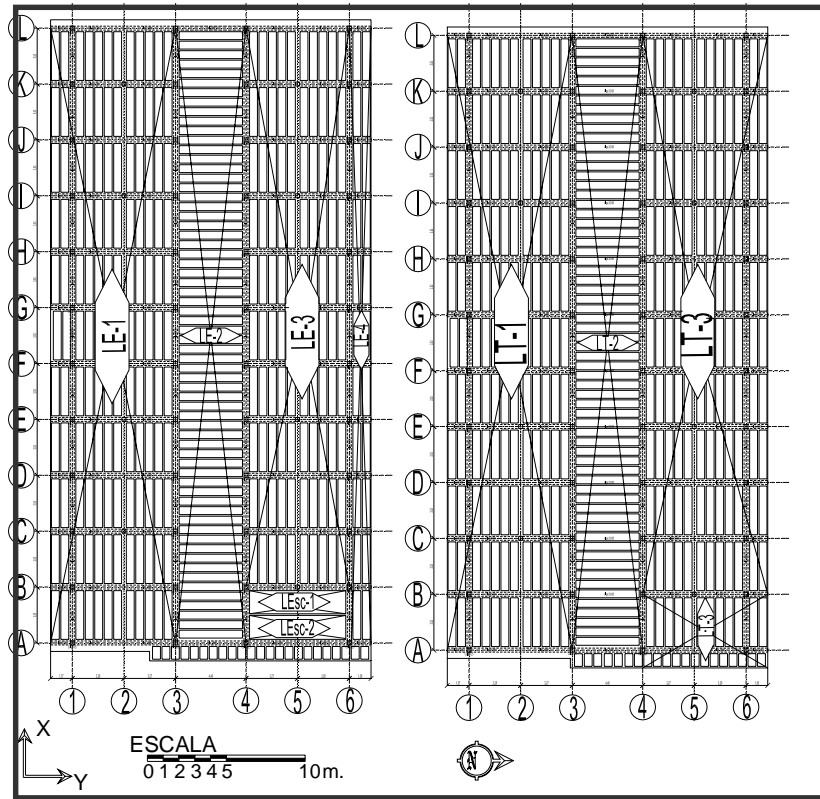


Figura 4.14.5.- Planos del envigado de las plantas de entepiso y alta de la U.E. Dr. Lisandro Lecuna.

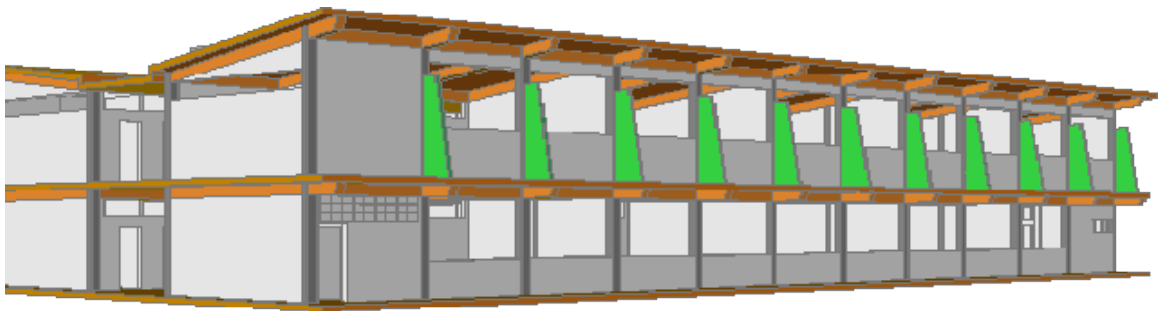


Figura 4.14.6.- Modelo 3D; Fachada Sur de la U.E. Dr. Lisandro Lecuna.



#### 4.14.4.- Comparación con otras Edificaciones

Una vez realizadas las mediciones correspondientes de la edificación, se efectuó un estudio comparativo con otras escuelas de la misma tipología que están ubicadas en Venezuela, tales como la U. E. Eustoquia Soledad Luiggi, ubicada en Macarapana, Carúpano, Estado Sucre y la Escuela Bolivariana Ambrosio Plaza, ubicada en Guarenas, Estado Miranda. También se comparó con la información contenida en los planos de una edificación escolar Tipo “Valle” de fecha 20-02-1959, localizados en la Biblioteca Nacional en Caracas. En general se encontró una muy buena similitud entre todas ellas, en cuanto a su geometría, en la existencia de parasoles en sus fachadas laterales, en la presencia de los tanques en el techo de la edificación y en las dimensiones de los elementos estructurales; una pequeña diferencia encontrada en las dimensiones se refiere a que las vigas transversales y longitudinales de la E.B. Ambrosio Plaza son de 25 cm x 60 cm, mientras que las de la U.E. Dr. Lisandro Lecuna son de 25 cm x 55 cm. Además, en las mediciones hechas con el detector de metales se logró verificar que el número de barras de acero existente en los elementos estructurales, vigas y columnas, de la U. E. Dr. Lisandro Lecuna es el mismo que el encontrado en la Escuela Bolivariana Ambrosio Plaza y en los planos de la edificación escolar Tipo Valle encontrados en la Biblioteca Nacional. Del análisis con el detector de metales se logró corroborar la existencia de columnas en los ejes 2 y 5, embutidas dentro de las paredes, que hasta ahora no habían sido reportadas en estudios previos de escuelas pertenecientes a esta tipología Antiguo II [Abou y Lee, 2005] y que se convierte en una importante diferencia con los modelos antes analizados.

#### 4.14.5.- Modelos Matemáticos

Las propiedades de los materiales se estimaron con base a una recopilación de información correspondiente a edificaciones escolares en Venezuela de similar antigüedad. El concreto utilizado para la construcción de los elementos estructurales se supuso con una resistencia promedio a compresión de 163 Kgf/cm<sup>2</sup>, en vigas, columnas y losas [Del Re, 2006]. El acero utilizado para el armado longitudinal de los elementos estructurales se estima con un límite elástico  $f_y = 2400$  Kgf/cm<sup>2</sup> y para el armado transversal  $f_y = 2800$  Kgf/cm<sup>2</sup>. Con base a las exploraciones efectuadas y a la información encontrada de un edificio del mismo tipo en los planos de la Biblioteca Nacional, se adoptó un acero longitudinal de 4 cabillas por columna de tres diámetros distintos: ½”, 5/8” y ¾”. El acero transversal presente en columnas (ligaduras) y en vigas (estribos) tiene un diámetro de 1/4” según los planos de la Biblioteca Nacional. Todas las barras de refuerzo transversal, en vigas y en columnas, están separadas 25 cm de eje a eje en toda la longitud de los elementos, valores obtenidos de las mediciones hechas en sitio con el detector de metales. Se consideró un módulo de elasticidad de la mampostería de bloques de arcilla de 20.000 Kgf/cm<sup>2</sup> y un módulo de elasticidad de la mampostería de ladrillo de 80.000 Kgf/cm<sup>2</sup> [Fundación ICA, 1999].

Con la información recabada se elaboraron modelos detallados de la estructura, incluyendo las paredes de mampostería que están enmarcadas por los pórticos. Las cargas variables nominales se toman de la Norma [COVENIN, 1998], a saber 400 kgf/m<sup>2</sup> en aulas y 300 kgf/m<sup>2</sup> en pasillos. En la Tabla 4.14.1 se resumen los pesos del edificio, discriminando la contribución de losas, paredes, escalera, parasoles, estructura y cargas variables. Se

consideraron los tres tipos de tabiquería presentes en la edificación escolar, con ladrillos macizos, bloques de arcilla y bloques ornamentales de concreto para ventilación. Como cargas variables efectivas durante un sismo se considera el 50% de la carga variable de servicio correspondiente a edificaciones educacionales, de acuerdo con la Norma COVENIN 1756 vigente [COVENIN, 2001]. Para efectos del análisis se cargó la estructura distribuyendo los pesos propios de losas, paredes, parasoles y la carga variable sobre las vigas correspondientes, incluyendo el peso propio de los elementos estructurales (vigas y columnas). El peso de los estanques fue asignado a las columnas que lo soportan directamente. El peso total del edificio es de 1895.88 toneladas. Se realizaron cuatro modelos de la edificación en los que se variaron algunas propiedades y componentes a fin de evaluar su influencia en las propiedades dinámicas de la estructura. En el Modelo 1 se incluyeron únicamente los elementos estructurales de la edificación con su correspondiente inercia gruesa, es decir con las áreas de las secciones completas. En el Modelo 2 se consideraron las secciones agrietadas de los elementos estructurales, reduciéndose en consecuencia la inercia: Para las vigas se utilizó el 40 por ciento y en el caso de las columnas el 60 por ciento de la inercia original. En el Modelo 3 se consideran los elementos estructurales con la correspondiente inercia gruesa y la rigidez aportadas por las paredes, y en el Modelo 4 se consideran los elementos estructurales con inercia reducida y la rigidez aportadas por las paredes. La rigidez de las paredes se incluye mediante bielas diagonales que trabajan a compresión y están articuladas en sus extremos, con el mismo espesor y módulo de elasticidad de la pared [Paulay y Priestley, 1992]. En todos los modelos se consideran tres grados de libertad dinámicos (GDL) en cada nivel, por lo que el edificio tiene un total de 6 GDL en cada caso.

**Tabla 4.14.1.- Pesos del Módulo Principal, en toneladas.**

<b>Losa Nivel 2</b>	<b>Losa Nivel 1</b>	<b>Estructura</b>	<b>Paredes</b>	<b>Parasoles</b>	<b>Escalera</b>	<b>Carga Variable</b>	<b>Total</b>
254,7	322,1	360,6	800,0	9,1	19,7	129,8	1896,0

#### 4.14.6.- Respuesta ante movimientos sísmicos

La evaluación sismorresistente se efectúa bajo el marco de la Norma Covenin 1756. El espectro utilizado para el análisis sísmico posee un Coeficiente de Aceleración Horizontal (Ao) igual a 0,30 correspondiente a una zona sísmica 5 o de peligro sísmico elevado, debido a la ubicación de la edificación en el municipio Naguanagua del Estado Carabobo. El Factor de Importancia ( $\alpha$ ) usado fue de 1,30 por ser edificación educacional (Grupo A). Con base a perfiles estratigráficos obtenidos en zonas aledañas, se adoptó un perfil de suelo S3 y un factor  $\rho=0,90$ . Para la selección del Factor de Reducción de Respuesta (R) se considera que la capacidad global del sistema para disipar energía es baja. Tomando en cuenta la antigüedad de la construcción (década de 1950) se adoptó un valor de R igual a 2, el cual se puede asociar a una ductilidad admisible del edificio del mismo orden.

Se determinó la respuesta sísmica mediante el Método de Superposición Modal con Tres Grados de Libertad por Nivel descrito en la Norma [COVENIN, 2001]. Los cálculos se realizaron con ayuda del programa SAP2000 [CSI, 2004]. En la Tabla 4.14.2 se presentan los períodos de los modos de vibración de cada modelo del edificio. Para el Modelo 1 se obtuvo un período fundamental de 1,26 s, correspondiente a la traslación en la dirección larga (X) del

edificio, valor similar al encontrado para el segundo modo (1,25 s) correspondiente a la traslación en la dirección corta (Y). En el Modelo 2 que incorpora las secciones agrietadas, los períodos de los dos primeros modos se elevan hasta 1,65 s y 1,64 s. Al incorporar la rigidez de las paredes (Modelos 3 y 4) los períodos se reducen considerablemente en comparación con los modelos 1 y 2.

**Tabla 4.14.2.- Períodos (segundos) de los seis modos de vibración de los modelos 1 al 4.**

MODELO	MODOS					
	1	2	3	4	5	6
1	1,26	1,25	0,87	0,55	0,49	0,48
2	1,65	1,64	1,14	0,72	0,64	0,58
3	0,30	0,25	0,21	0,19	0,17	0,17
4	0,36	0,31	0,23	0,23	0,22	0,22

Se determinaron las derivas máximas de cada entresuelo en cada dirección horizontal del edificio (Tabla 4.14.3). Controlar la deriva en una edificación durante la acción de un sismo es una tarea prioritaria, básicamente porque: garantiza la estabilidad estructural; minimiza el daño potencial de los componentes no-estructurales y previene la pérdida de vidas. En todos los modelos es en la junta A-1 en donde se obtiene la máxima deriva. En los Modelos 1 y 2 las derivas obtenidas exceden hasta seis veces los requerimientos de la Norma Venezolana [COVENIN, 2001] que establece un valor límite de 12 por mil para edificaciones del grupo A1 con esta disposición de elementos no-estructurales. Sin embargo, debe tenerse presente que para edificaciones antiguas con poca ductilidad, los valores límites de deriva asociados a un nivel similar de daño, son aproximadamente la mitad de los estipulados en la Norma Covenin 2001 para edificaciones dúctiles. En los modelos 3 y 4 que incluyen las paredes, la deriva se mantiene por debajo del valor exigido por la Norma Venezolana.

**Tabla 4.14.3.- Derivas máximas (‰) en cada dirección (X, Y) del edificio.**

MODELO	DESCRIPCIÓN	Planta Baja		Planta Alta	
		LARGA	CORTA	LARGA	CORTA
		(X)	(Y)	(X)	(Y)
1	Estructura con Inercia Gruesa	50	52	12	35
2	Estructura con Inercia reducida	65	68	16	47
3	Estructura con Inercia Gruesa + Rigidez de las paredes	3	1	3	3
4	Estructura con Inercia Reducida + Rigidez de las paredes	3	1	4	3

Se determinó el cociente demanda/capacidad en términos del cortante en la base del edificio. La demanda de cortante en la base es obtenida directamente del análisis dinámico del edificio ante la acción sísmica descrita por el espectro comentado previamente. La capacidad o cortante resistente en la base fue estimada suponiendo un modo de falla global asociado a la falla simultánea de todas las columnas de la planta baja, para cada dirección (X, Y). La fuerza cortante resistente de cada columna es la menor entre las fuerzas cortantes asociadas a una

falla dúctil (por flexión) o a una falla frágil (por cortante). La presencia de columnas muy cortas, sobretodo en la dirección larga (X) del edificio, da lugar a un comportamiento frágil y a un ligero aumento en los cortantes resistentes de esas columnas. La fuerza cortante resistente en la base es la suma de las fuerzas cortantes que resisten sus columnas, ignorando la resistencia de las paredes.

Los valores de demanda, capacidad y cociente demanda/capacidad del cortante en la base se muestran en las Tablas 4.14.4 y 4.14.5 para las direcciones X e Y, respectivamente. En la dirección X se aprecian valores comprendidos entre 8,11 y 11,48, indicativos de que la capacidad de la estructura es notoriamente insuficiente para resistir las cargas sísmicas. En la dirección Y la demanda excede a la capacidad entre 5,71 y 6,55 veces, poniendo igualmente de manifiesto la elevada vulnerabilidad del edificio. Esta vulnerabilidad es incrementada por la presencia de las columnas muy cortas que potencian los modos de falla frágil.

**Tabla 4.14.4.- Cociente Demanda/Capacidad para el cortante en la base, en la dirección Larga (X).**

	<b>DEMANDA (Ton)</b>	<b>CAPACIDAD (Ton)</b>	<b>DEMANDA/CAPACIDAD</b>
<b>Modelo 1</b>	1070,99	93,30	11,48
<b>Modelo 2</b>	813,13	100,29	8,11
<b>Modelo 3</b>	1059,41	112,31	9,43
<b>Modelo 4</b>	1025,59	112,39	9,13

**Tabla 4.14.5.- Cociente Demanda/Capacidad para el cortante en la base, en la dirección Corta (Y).**

	<b>DEMANDA (Ton)</b>	<b>CAPACIDAD (Ton)</b>	<b>DEMANDA/CAPACIDAD</b>
<b>Modelo 3</b>	1218,56	186,06	6,55
<b>Modelo 4</b>	1063,19	186,26	5,71

#### 4.14.7.- Conclusiones y recomendaciones

- a) Efectivamente se comprobó que la U.E. Dr. Lisandro Lecuna, construida hace aproximadamente 50 años, pertenece al tipo constructivo denominado Antiguo II. Del estudio comparativo realizado con otras edificaciones del mismo tipo, no se encontraron diferencias estructurales ni arquitectónicas significativas. El módulo principal de la U.E. Dr. Lisandro Lecuna es un edificio de dos niveles con una estructura a base de pórticos de concreto armado constituidos con columnas cuadradas de 25 cm de lado y vigas altas en ambas direcciones horizontales, a excepción del paño central que tiene vigas en una sola dirección. Todas las columnas están embutidas dentro de paredes de 25 cm de espesor hechas con ladrillos de arcilla. La presencia de aberturas en las paredes da lugar a que se generen columnas muy cortas, de unos 60 cm de longitud en la dirección larga del edificio en aproximadamente la mitad de sus columnas.
- b) De las exploraciones efectuadas con el detector de metales se pueden hacer las siguientes conclusiones, de importancia para el desempeño sismorresistente de estas edificaciones:
  - 1) No existe zona de confinamiento en la cercanía de nodos de vigas y columnas; se puede observar que la separación entre el acero transversal es siempre la misma e igual a 25 cm;
  - 2) No existe acero transversal en los nodos de la estructura;
  - 3) No hay vigas en la dirección

corta del pasillo central de la edificación, ni en el entrepiso ni en el techo; 4) Hay columnas intermedias embutidas en las paredes que separan las aulas de clases; 5) El número de barras longitudinales y transversales en los elementos explorados es el mismo que aparece en los detalles contenidos en los planos de la edificación escolar Tipo “Valle” encontrados en la Biblioteca Nacional.

- c) En los modelos matemáticos de la estructura sin paredes las derivas obtenidas exceden considerablemente, hasta seis veces, los requerimientos de la Norma Venezolana que establece un valor límite de 12 por mil para edificaciones del grupo A1 con esta disposición de elementos no estructurales. En los modelos que incluyen las paredes, la deriva se mantiene por debajo del valor exigido por la norma, demostrando el carácter potencialmente beneficioso de las paredes si se pudiese garantizar su integridad y estabilidad durante la respuesta sísmica.
- d) La demanda de fuerza cortante en la base excede entre 5, 7 y 11, 5 la capacidad para resistir fuerza cortante de la estructura, para los diferentes modelos analizados y despreciando la resistencia de las paredes. Dicho análisis se efectuó con un factor de reducción de  $R=2$  seleccionado con base a la limitada capacidad de disipar energía de la estructura. La elevada vulnerabilidad del edificio es incrementada por la presencia de las columnas muy cortas que potencian los modos de falla frágil.

#### 4.14.8.- Referencias

- Abou F y Lee C. (2005). Evaluación del riesgo sísmico en escuelas tipo antiguo II. Trabajo especial de grado. IMME, Facultad de Ingeniería, U.C.V.
- CSI (2004). SAP2000 Nonlinear 8.3.3. Estructural Analysis Program. Computer and Structures Inc., Berkeley, California, Estados Unidos.
- COVENIN (1998). Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 2002-88, COVENIN-MINDUR Caracas.
- COVENIN (2001). Edificaciones Sismorresistentes. Norma 1756:2001, MCT-MINDUR-FUNVISIS, Caracas.
- Del Re G. (2006). Evaluación de los Métodos de Análisis Estático No Lineal para determinar el desempeño sísmico en estructuras aporricadas de concreto armado. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería. UCV. Caracas.
- Fundación Ica (1999). Edificaciones de Mampostería para Vivienda. Ciudad de México. México.
- Grases J. (2002). Introducción a la evaluación de la amenaza sísmica en Venezuela. Acciones de mitigación. Venezuela.
- López O. A., Hernández J. J., Del Re G. y Puig J. (2004). Reducción del Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela. Boletín Técnico IMME, Vol. 42, No 3, p. 33-56.
- Pauley T., Priestley M. J. N. (1992). Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. John Wiley & Sons, Inc.



#### **4.15.- Evaluación Sismorresistente de la U. E. Luis Alfredo Colomine**

##### 4.15.1.- Participantes

- Prof. Fernando Villalobos, UC.
- Br. Maryelin Chang, Tesista de Pregrado UC.
- Br. Luis Sequera, Tesista de Pregrado UC.

##### 4.15.2.- Objetivos

El objetivo general de este trabajo es estimar la Vulnerabilidad Sísmica en la Unidad Educativa Luis Alfredo Colomine ubicada en el Municipio Valencia, Estado Carabobo.

Como objetivos específicos se tienen:

- Elaborar planos arquitectónicos en 2D y 3D, mediante la recopilación de información en planos ya existentes de la edificación, un levantamiento geométrico del sitio y un registro fotográfico del estado actual de la edificación.
- Elaborar planos estructurales, con detalles de dimensiones de los miembros y su refuerzo estructural, determinados mediante ensayos no destructivos, así como identificación de deficiencias y fallas estructurales.
- Desarrollar modelos matemáticos representativos del comportamiento estructural de la edificación a través de un software.
- Determinar la respuesta ante acciones sísmicas en base a la Norma Venezolana COVENIN 1756, Edificaciones Sismorresistentes.
- Estimar la vulnerabilidad sísmica mediante un formato de evaluación estandarizado por criterios FUNVISIS-UCV y modelo sísmico de la edificación según el programa SAP 2000.

##### 4.15.3.- Descripción de la Edificación

La U.E. Luis Alfredo Colomine fue fundada en el año 1974 y está ubicada en el Municipio Valencia, Edo. Carabobo. En un principio funcionaba en la Urbanización La Viña y no fue sino hasta el año 1981 cuando se construyó la sede donde funciona hoy en día. Actualmente tiene una matrícula de 1200 alumnos. La planta física posee un área de construcción de aproximadamente 5200 m<sup>2</sup>: consta de dos edificios cada uno de cuatro niveles con un módulo independiente de escaleras metálicas, las áreas exteriores presentan árboles y vegetación densa, una conserjería, una cantina y cancha deportiva. El perímetro está delimitado en la parte frontal con bloque de concreto y rejas, y uno de los laterales es de malla de cyclon con brocal. Las cubiertas de techo son losas horizontales, las paredes exteriores son de muros prefabricados en la parte frontal y posterior y de muros vaciados in situ a los laterales, mientras que las interiores son de bloques de arcilla huecos con friso liso. Es una edificación escolar prefabricada construida con un Sistema de Células Tridimensionales de Concreto denominado “Variel”, dicho sistema no ha sido ampliamente utilizado en el país y

actualmente está en desuso, por estas razones la estructura no se clasifica dentro de las tipologías tradicionales utilizadas en las escuelas.

- Búsqueda de Información:

En primer lugar se realizaron las visitas a varias instituciones, de las cuales se logró recopilar muy poca información. En el FEDE del Centro Regional Carabobo se obtuvo un instructivo acerca de los sistemas constructivos utilizados en las escuelas de Venezuela, dicha información permitió identificar el sistema constructivo de la U.E. Colomine, el cual es denominado Sistema de Células Abiertas Tridimensionales de Concreto “Variel”. También facilitaron un plano arquitectónico de planta y unas planillas usadas como instrumentos para la recolección de datos de conjuntos educativos, donde hacían referencia a una inspección realizada al plantel por un ingeniero y un arquitecto en el año 2000.

Mediante un artículo de revista recibido del Ministerio de la Vivienda de Chile, vía correo electrónico, se obtuvo información del sistema Variel; conociéndose el país de origen y el año en que fue creado el sistema, así como también información acerca del funcionamiento estructural.

Por último, se realizó una entrevista al fundador del Grupo Jahn C.A., el arquitecto Alfredo Jahn Jiménez, quien se desempeñó como Gerente General de la empresa que construyó la U.E. Colomine: Varinueva C.A., la cual solo empleó el sistema Variel en sus obras realizadas en el país. Este arquitecto facilitó información estructural de los elementos prefabricados que dicha empresa utilizó en Venezuela. A continuación se presenta la información recopilada en esta entrevista:

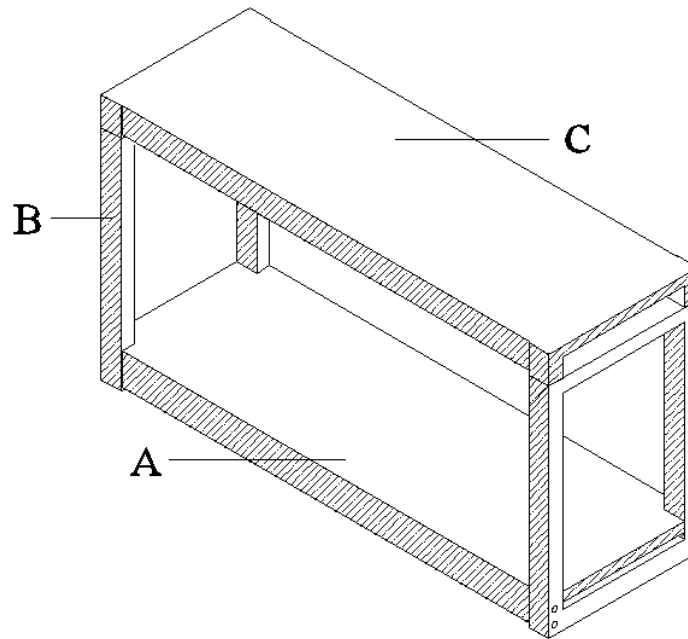
El sistema Variel fue utilizado por la empresa mencionada anteriormente desde 1975 hasta 1985, ésta introdujo una serie de modificaciones al elemento volumétrico estándar desarrollado por Elcon AG, las cuales se citan a continuación:

a.- Variación en las dimensiones del Elemento Volumétrico. Tendencia común fuera de Europa central, región donde Elcon AG operaba.

b.- Modificación de la placa de suelo. Originalmente la placa transfiere su carga a través de consolas sobre los apoyos de los pórticos, pero Varinueva C.A. cambió esa forma de transferencia uniéndola monolíticamente a la placa de suelo a dos vigas de carga postensadas, las cuales a su vez se unen a los pórticos mediante un patrón de ensamblaje. A efectos prácticos, las vigas de carga postensadas se consideran parte de la placa de suelo, ya que juntas forman un solo elemento de concreto.

c.- Piezas de acero incorporadas en los cuatro puntos de apoyo de los pórticos. Esta modificación es producto de haber traído a Venezuela un sistema constructivo diseñado para países no sísmicos, sin embargo, Varinueva C.A. no hizo uso de esta variante en todas las obras que realizó, manteniendo en algunas de ellas los pórticos simplemente apoyados.

El elemento volumétrico que Varinueva C.A. utilizó en Venezuela se muestra en la Figura 4.15.1.



**Figura 4.15.1.- Elemento Volumétrico utilizado en Venezuela.**

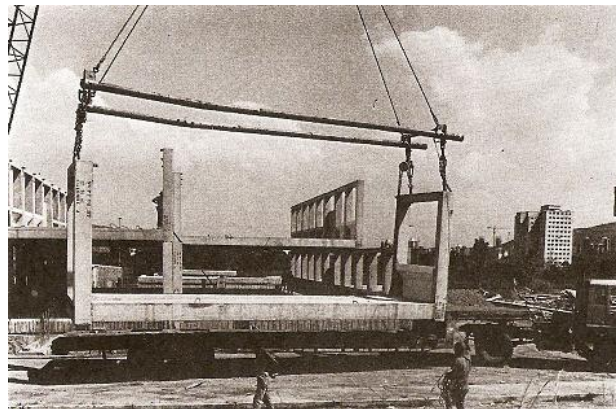
Donde:

A. Placa de Suelo. Placa con un espesor mayormente de 15cm unida monolíticamente a dos vigas de carga laterales generalmente de 15x45 cm., las cuales son sometidas a un esfuerzo de postensado.

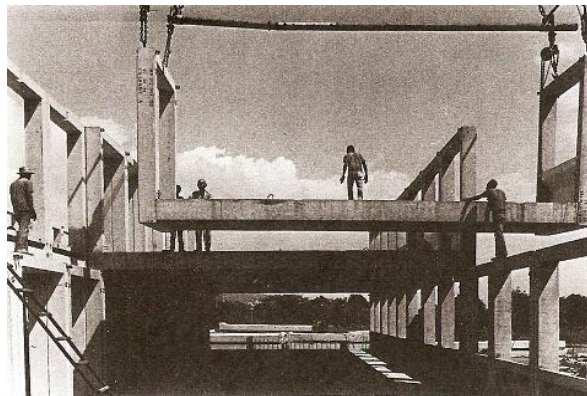
B. Pórtico Frontal. Pórticos de concreto de distintas medidas (la altura del pórtico es generalmente de 3.50 cm.) fijados en la parte frontal, tanto anterior como posterior, de la placa de suelo.

C. Placa de Techo. Placa con un espesor mayormente de 10 cm unida monolíticamente a dos vigas de carga laterales generalmente de 15x40 cm.

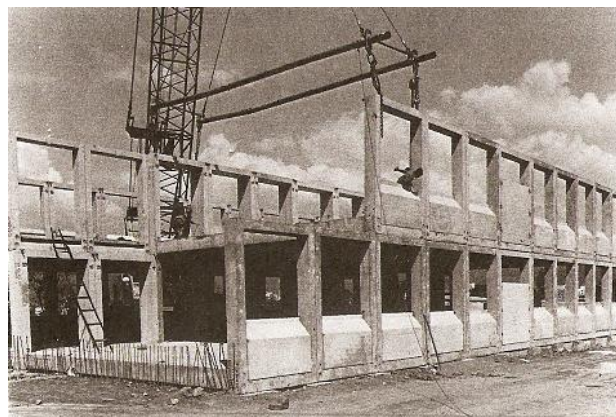
El montaje estructural se efectúa con grúas móviles de 80 ton de capacidad, apoyando cada módulo (elemento volumétrico) en 4 puntos, por tanto los pórticos como elementos de transmisión de cargas deben colocarse exactamente uno encima del otro. Las siguientes figuras (4.15.2a, 4.15.2b y 4.15.2c) muestran la secuencia en el montaje de un elemento volumétrico:



**Figura 4.15.2a.- Grúa iniciando el Levantamiento del Módulo.**



**Figura 4.15.2b.- Módulo Levantado hasta el Nivel de Ensamblaje.**



**Figura 4.15.2.c.- Módulo Ensamblado.**

**Figura 4.15.2.- Secuencia de Montaje de un Elemento Volumétrico. Fuente: FEDE.**

El sistema Variel fue usado solo para unidades educativas y hospitales; en el país nunca se realizaron viviendas ni conjuntos residenciales con este sistema constructivo. La única planta en Venezuela que fabricaba los elementos de concreto se ubicaba en Valencia, Edo. Carabobo, esto limitó el uso del sistema Variel a la Región Central del país. Una de las construcciones emblemáticas de este sistema constructivo es el Hospital Militar de Maracay, Edo. Aragua.

- Medición:

Con el uso de la cinta métrica se midieron en primer lugar las distancias entre ejes de columnas, luego se procedió a medir las secciones de vigas y columnas, aberturas de puertas y ventanas y por último las alturas de entresijos y paredes. Con las medidas antes mencionadas se determinaron de manera indirecta los espesores de las losas y en algunos casos el de las paredes.

A continuación se presentan las dimensiones de los elementos prefabricados que componen los edificios de la U.E Colomine:

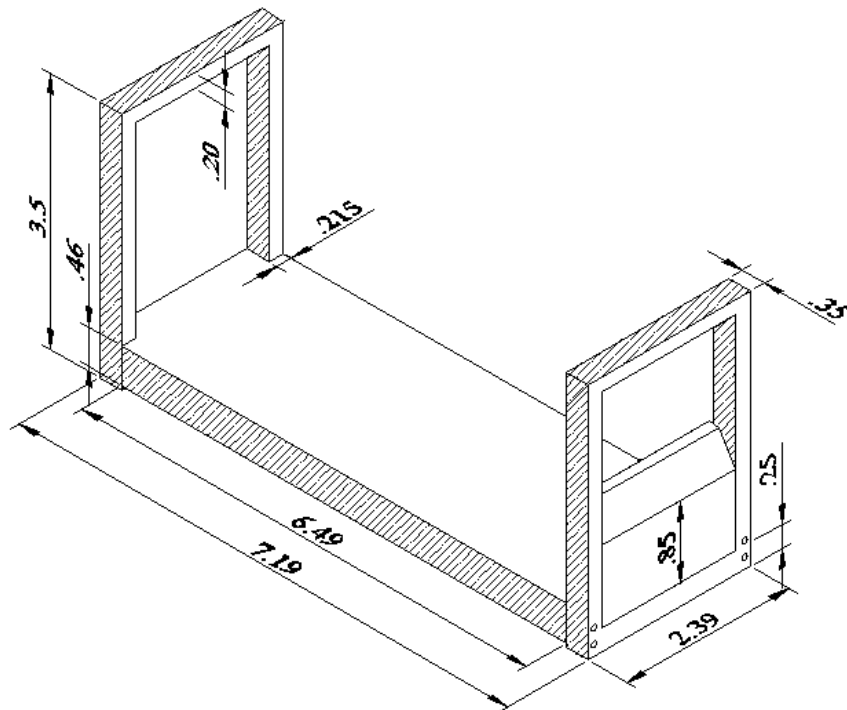
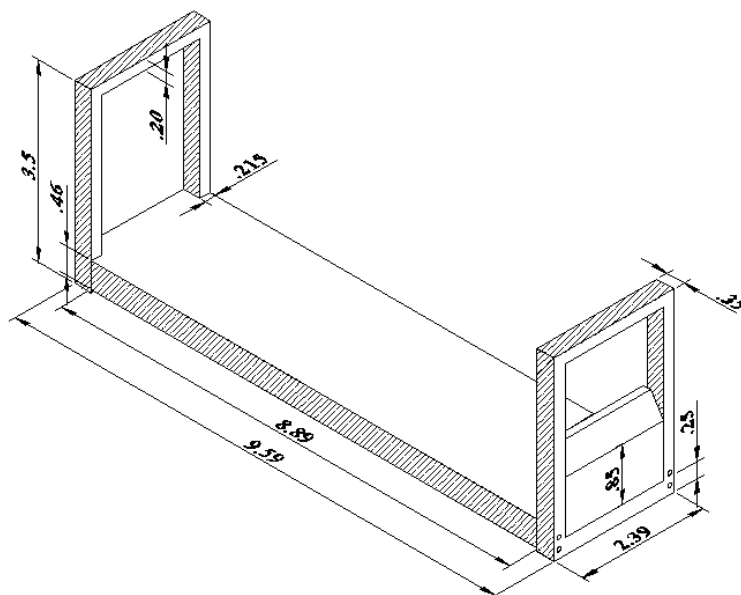


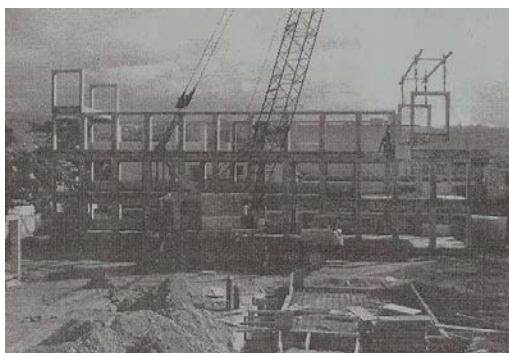
Figura 4.15.3.- Elemento Volumétrico Tipo 1. Fuente: Elaboración Propia.





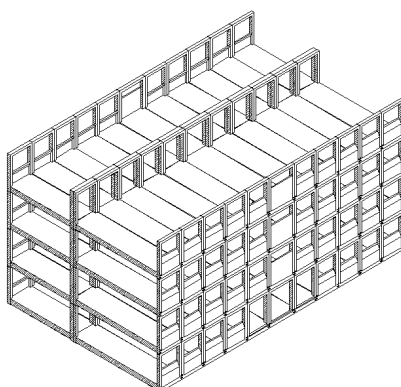
**Figura 4.15.4.- Elemento Volumétrico Tipo 2. Fuente: Elaboración Propia.**

La unidad educativa la forman dos edificios (A y B) de 4 niveles cada uno. En el edificio A, cada nivel está compuesto por un grupo de 11 elementos volumétricos Tipo 1 (ver Figura N° 4.15.3) agrupados en transposición por los lados y por otro grupo de 11 elementos volumétricos Tipo 2 (ver Figura N° 4.15.4) agrupados de la misma manera, estos dos grupos se acoplan frontalmente entre sí (ver Figura N° 4.15.6). Para el edificio B, cada nivel está compuesto por un grupo de 13 elementos volumétricos Tipo 1 y por otro de 13 elementos volumétricos Tipo 2, al igual que en el edificio A los elementos volumétricos se agrupan en transposición por los lados y al final ambos grupos se acoplan frontalmente entre sí. Entre un nivel y otro los elementos volumétricos están simplemente apoyados.



**Figura 4.15.5.- Montaje de la Estructura. Fuente: FEDE.**

En resumen, el edificio A está formado por 88 elementos volumétricos (44 del Tipo 1 y 44 del Tipo 2) y el edificio B por 104 elementos (52 del Tipo 1 y 52 del Tipo 2). En la Figura 4.15.6 se muestra la estructura del edificio A.



**Figura 4.15.6.- Estructura del Edificio A. Fuente: Elaboración Propia.**

Los resultados obtenidos de las mediciones se muestran a continuación:

**Tabla 4.15.1.- Dimensiones de los Elementos Constructivos.**

Elementos	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Espesor (m)
Columnas	.35	.215	3.50	-
Vigas del Pórtico Frontal	.35	.215	3.50	-
	1.96	.35	.20	-
	2.36	.35	.20	-
	1.96	.35	.25	-
	2.36	.35	.25	-
Vigas de Carga de las Losas	6.49	.155	.46	-
	8.89	.155	.46	-
	6.49	.155	.45	-
	8.89	.155	.45	-
Losas de Entrepiso	7.04	2.06	-	.15
	9.44	2.06	-	.15
	7.04	2.46	-	.15
	9.44	2.46	-	.15
Losas de Techo	7.19	2.06	-	.10
	9.59	2.06	-	.10
	7.19	2.46	-	.10
	9.59	2.46	-	.10
Sobrepiso	-	-	-	.04
Muros Frontales	1.96	-	1.25	.15
	2.36	-	2.25	.15
Muros Laterales	16.8	-	14.45	.20
	3.395	-	14.45	.20
Paredes Internas	Variable	-	2.20	.07
		-	3.35	.07
		-	3.35	.10
Ventanas Externas	-	1.96	1.80	-
	-	2.36	.80	-
Ventanas Internas	-	2.00	.80	-
	-	1.96	.55	-
Puertas	-	.60	2.20	.04
	-	.70	2.20	.04
	-	.80	2.20	.04
	-	.90	2.20	.04
	-	1.10	2.20	.04

Una vez obtenidas las dimensiones de los elementos que conforman cada edificio se procedió a realizar las mediciones en los módulos de escaleras, obteniéndose para los escalones una huella de 35 cm y una contrahuella de 18 cm. La losa del descanso está formada por tres (3) paneles prefabricados de concreto de 2 cm de espesor. La estructura del módulo está compuesta por perfiles de acero cuyas especificaciones se muestran en la Tabla 4.15.2.

**Tabla 4.15.2.- Dimensiones de Perfiles que Componen el Módulo de Escaleras.**

Designación	Peso	Área	Dimensiones			
	P	A	Altura	Alas		Alma
			d	bf	tf	tw
kgf/m	cm <sup>2</sup>	mm				
IPE 100	8.1	10.3	100	55	5.70	4.10
IPE 200	22.4	28.5	200	100	8.50	5.60
U 100×40	8.3	10.6	100	40	8.00	5.00

- Elaboración de los Planos Arquitectónicos y Estructurales de la Edificación:

Luego de obtener las mediciones del levantamiento geométrico se procedió a elaborar los planos arquitectónicos y estructurales de los dos edificios que conforman la unidad educativa. Dichos planos contienen información de la disposición de las células tridimensionales de concreto prefabricadas, de su refuerzo estructural y de cómo se distribuyen las aulas de clases, baños, dirección, bibliotecas y demás oficinas administrativas.

- Instrumento Utilizado.

La herramienta usada para la elaboración de los planos arquitectónicos fue el programa AutoCad 2006.

- Procedimiento:

- Planos en 2D:

Los planos en 2D que se elaboraron de la unidad educativa se dividen en 3 grupos: Topográficos (T), Arquitectónicos (A) y Estructurales (E). Los topográficos constan del Plano de Ubicación y los referentes a la disposición de los ejes de construcción. Los Arquitectónicos se componen en total de 22 planos: Plantas, Fachadas Principales, Corte Longitudinal y Transversal y Módulo de Escalera. Los Estructurales lo conforman 5 planos: Losas de Entrepiso y Techo, Pórticos y disposición del Refuerzo Estructural.

- Planos en 3D:

Los planos en 3D que se realizaron se dividen en Arquitectónicos y Estructurales. Los Arquitectónicos constan de Isometrías y Proyección Oblicua tanto de las fachadas como del módulo de escaleras. Los Estructurales están conformados por isometrías tanto de toda la estructura como de un módulo individual y detalles de los elementos que integran a éste último.

En total se realizaron 38 planos, 31 en 2D y 7 en 3D. Contabilizándolos por grupos se tienen 3 Topográficos, 27 Arquitectónicos y 8 Estructurales.

- Identificación de los Materiales que Componen la Edificación:

En esta fase se procedió a identificar la separación y diámetro del refuerzo transversal y longitudinal en elementos de concreto armado.

- ✓ Muestra

Para esta fase la muestra está conformada por los elementos estructurales ensayados, los cuales son: columnas C1, C2, viga C entre columnas C1 Y C2 y muro lateral este, localizados en la planta baja del edificio A. Para el edificio B: Columna A3, viga A entre columnas A3 y A4, losa de entrepiso LE – 1 y muro lateral oeste, ubicados todos igualmente en la planta baja.

- ✓ Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La técnica utilizada en esta fase fue la observación indirecta realizada a través de un equipo tipo Ferrosan, con el cual se recolectaron los datos en los elementos antes mencionados.

Procedimiento:

- Medición:

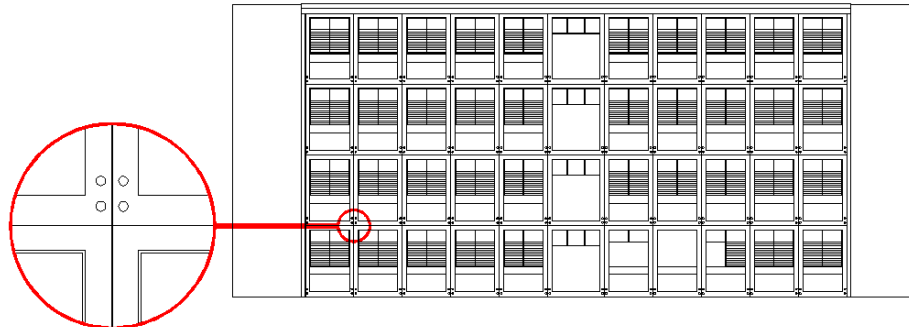
El día 29/05/2008 se realizó, conjuntamente con el equipo técnico del IMME, una visita a la U.E. Colomine para realizar las mediciones con el Ferrosan, éstas permitieron conocer el diámetro y la separación del acero de refuerzo en los elementos volumétricos (específicamente en el pórtico frontal y la losa de entrepiso) y los muros laterales que forman parte del módulo de escaleras.

Se iniciaron las mediciones en la planta baja del edificio A, más específicamente en una esquina de la fachada norte tomando como muestra las columnas C1 y C2, en la segunda se identificó el diámetro y separación del acero de refuerzo en el nodo superior, el centro y el nodo inferior, de igual forma se procedió en la primera solo que esta vez se tomó el nodo inferior. Posteriormente se identificó el diámetro y separación del acero de refuerzo en la viga ubicada entre las columnas C1 y C2 y por último la separación del acero en el muro lateral este.

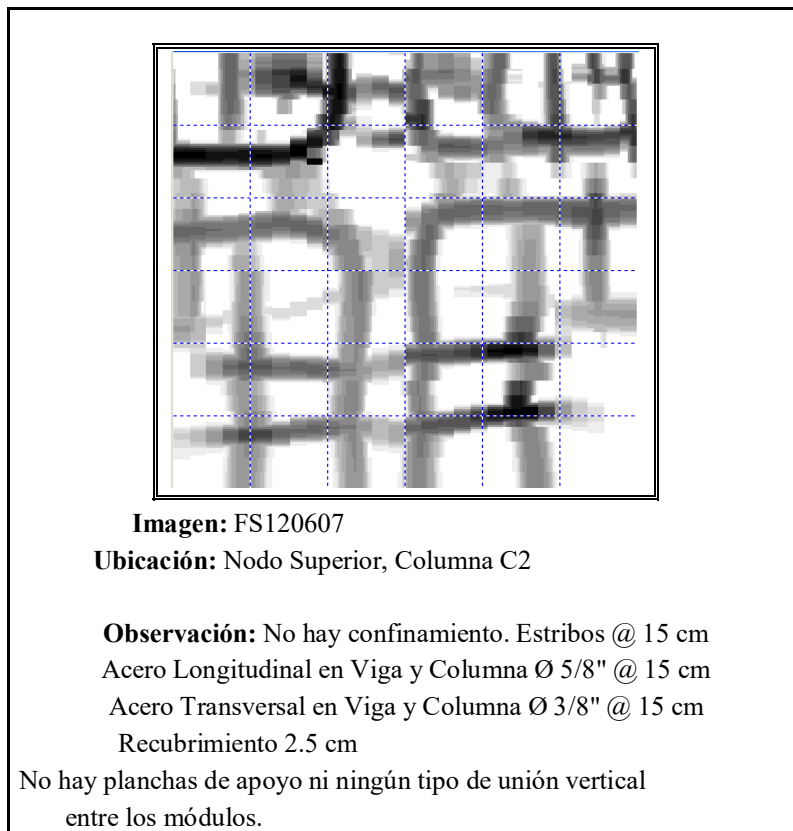
Para el edificio B se tomó como muestra la columna A3, en donde se identificó el diámetro y separación del acero de refuerzo en el nodo superior y en el centro, luego se identificó la separación del acero en la viga ubicada entre las columnas A3 y A4 y en la losa de entrepiso LE – 1. Finalmente se identificó el diámetro y la separación del acero de refuerzo en el muro lateral oeste y solo el diámetro del acero en la viga de carga que se encuentra junto al muro.

- Obtención de Resultados:

El día 05/06/2008 el IMME hizo llegar vía email las imágenes escaneadas con el ferrosan, las cuales se muestran en las Figuras 4.15.7 a 4.15.14 con su respectiva ubicación.

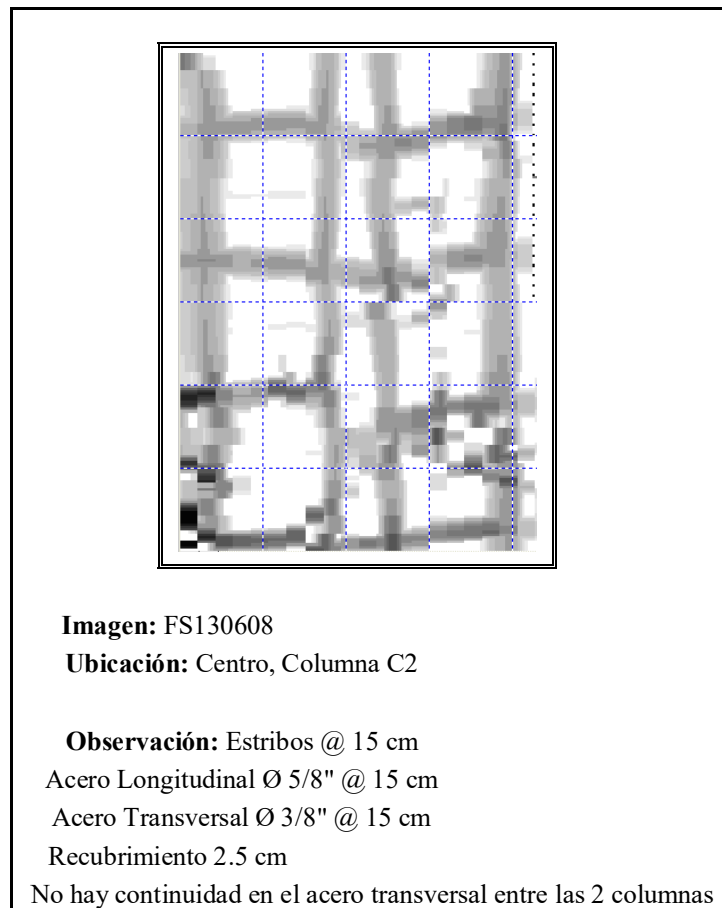


**EDIFICIO A, FACHADA POSTERIOR**

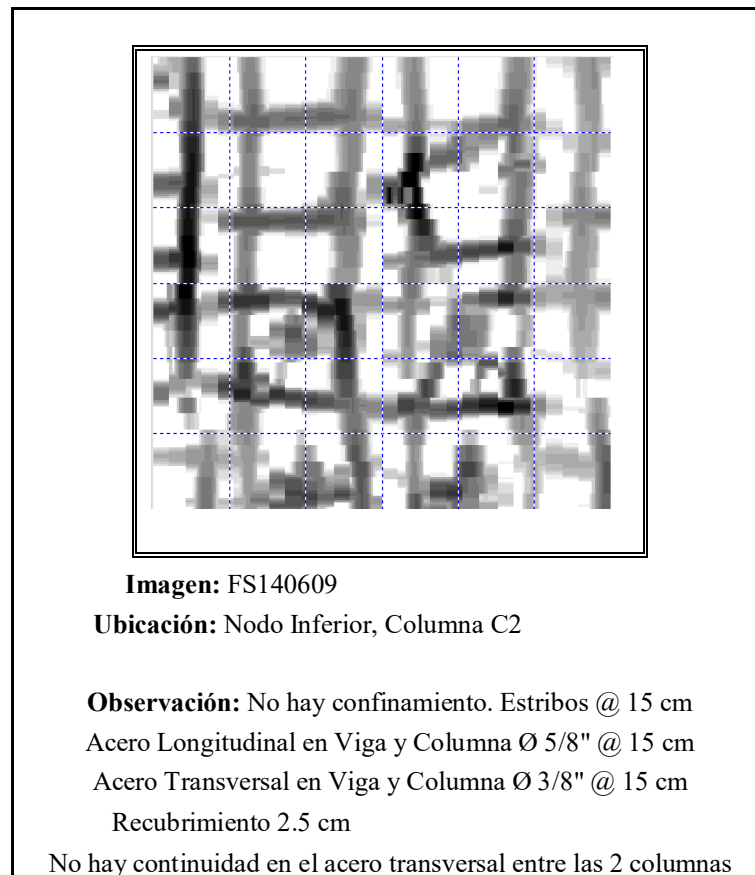


**Figura 4.15.7.- Escáner de Nodo. Edificio A. Fuente: IMME.**

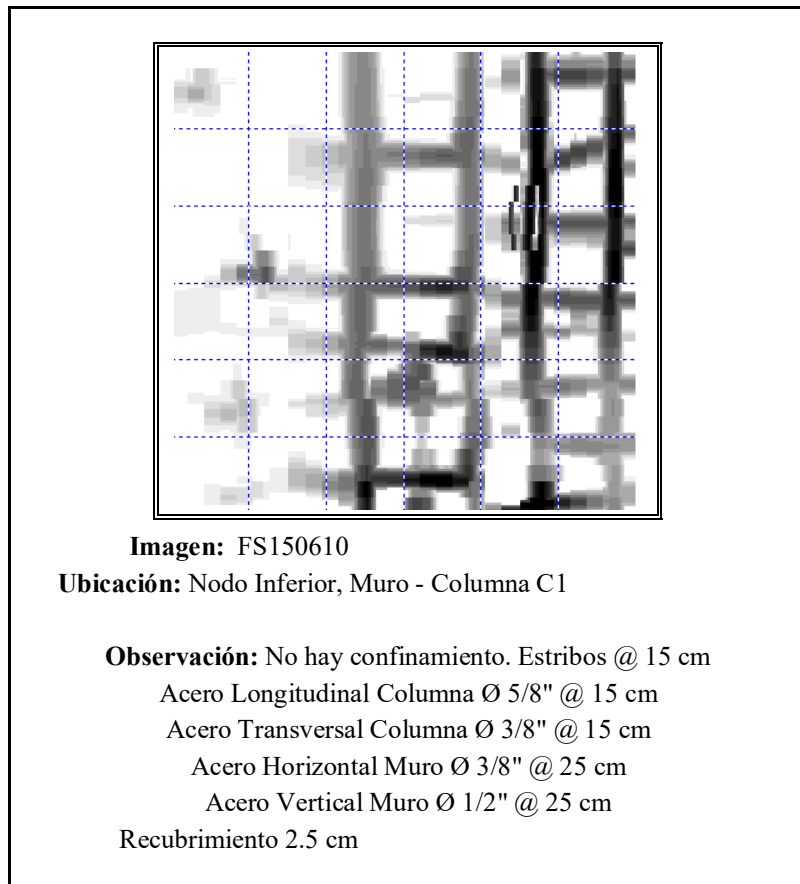
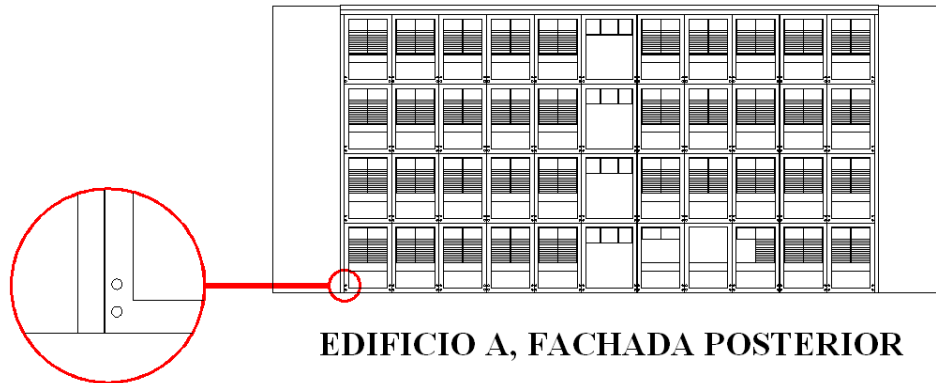




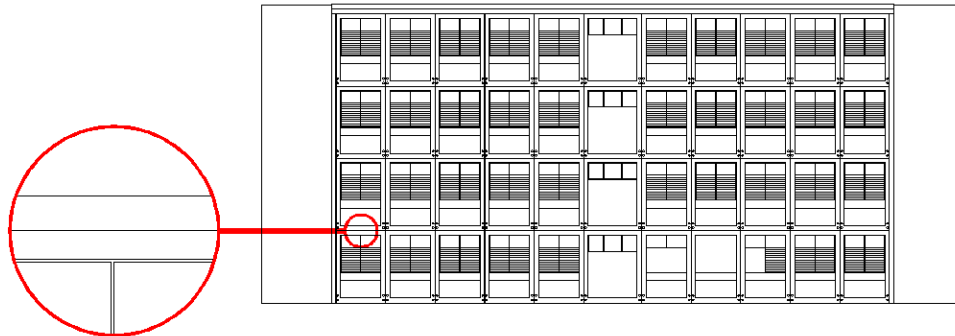
**Figura 4.15.8.- Escáner de Columna. Edificio A. Fuente: IMME.**



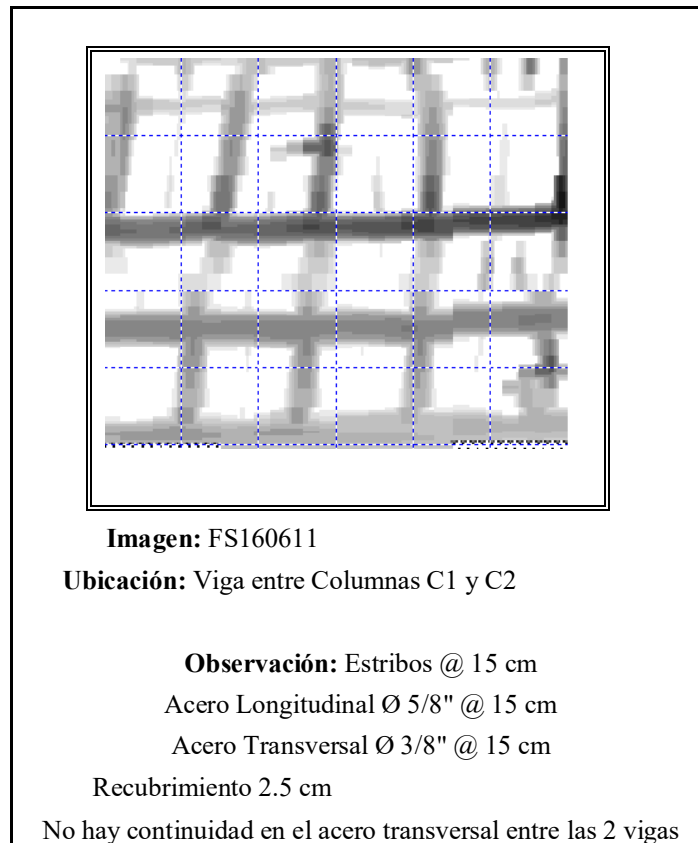
**Figura 4.15.9.- Escáner de Nodo. Edificio A. Fuente: IMME.**



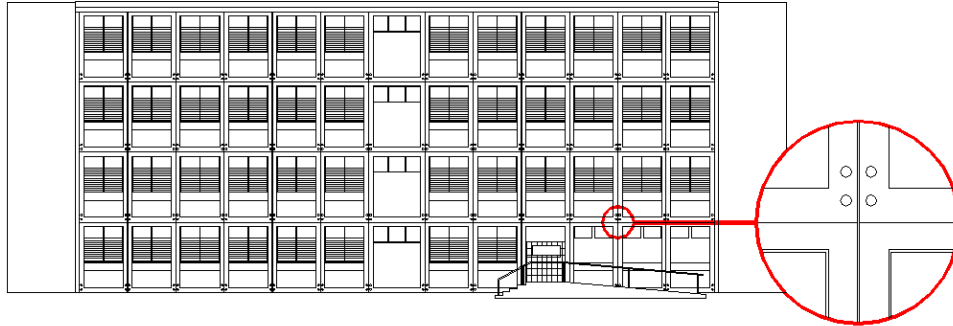
**Figura 4.15.10.- Escáner de Nodo. Edificio A. Fuente: IMME.**



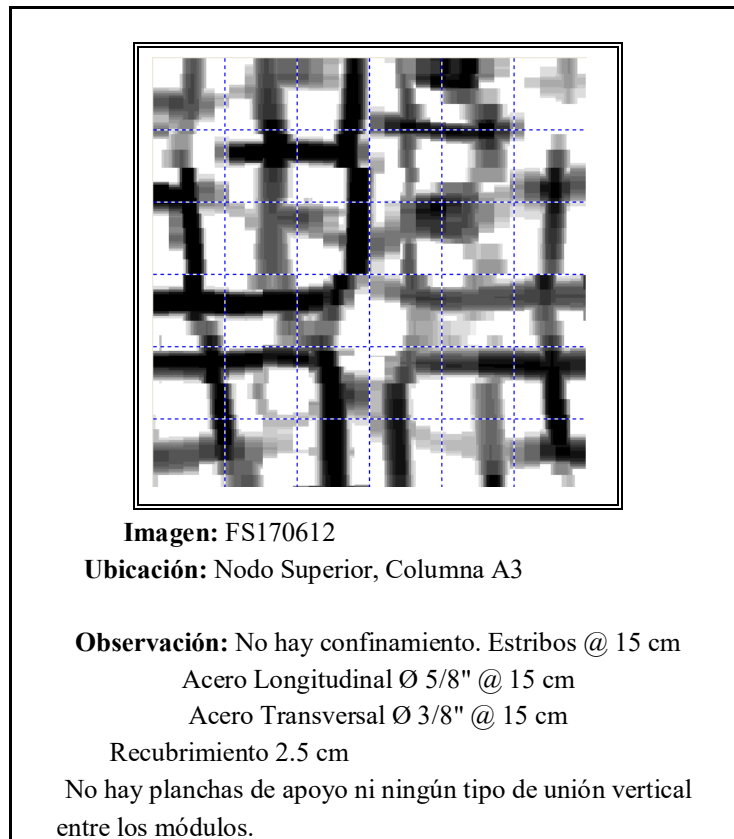
**EDIFICIO A, FACHADA POSTERIOR**



**Figura 4.15.11.- Escáner de Viga. Edificio A. Fuente: IMME.**



**EDIFICIO B, FACHADA POSTERIOR**



**Imagen:** FS170612

**Ubicación:** Nodo Superior, Columna A3

**Observación:** No hay confinamiento. Estribos @ 15 cm

Acero Longitudinal Ø 5/8" @ 15 cm

Acero Transversal Ø 3/8" @ 15 cm

Recubrimiento 2.5 cm

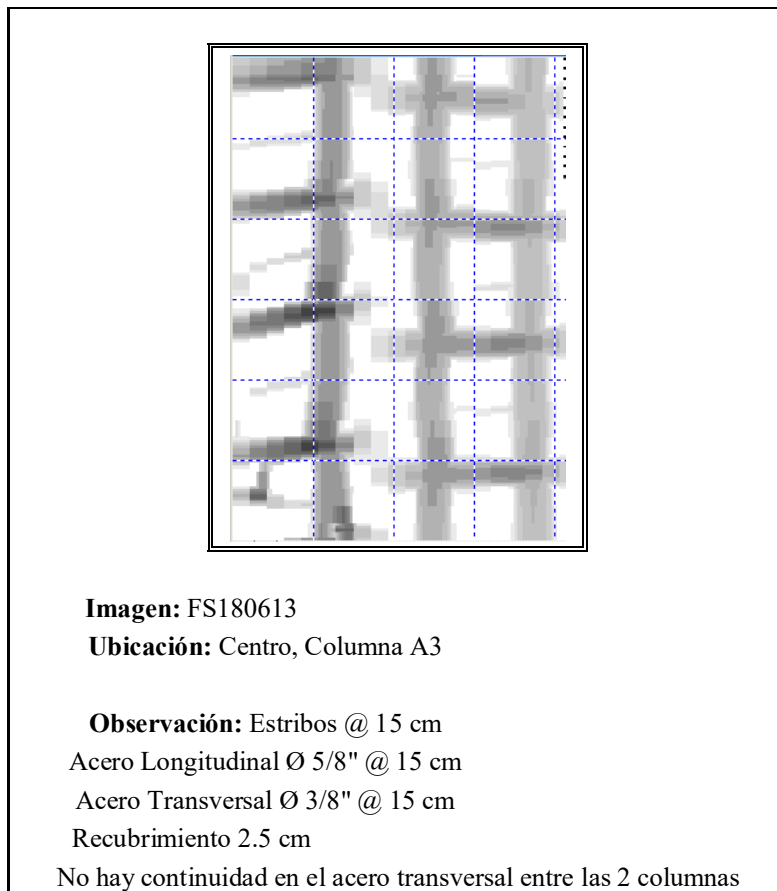
No hay planchas de apoyo ni ningún tipo de unión vertical entre los módulos.

**Figura 4.15.12.- Escáner de Nodo. Edificio B. Fuente: IMME.**

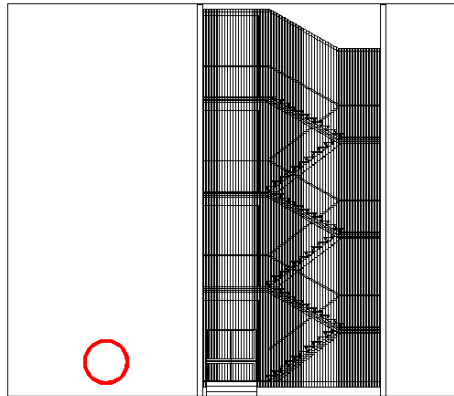




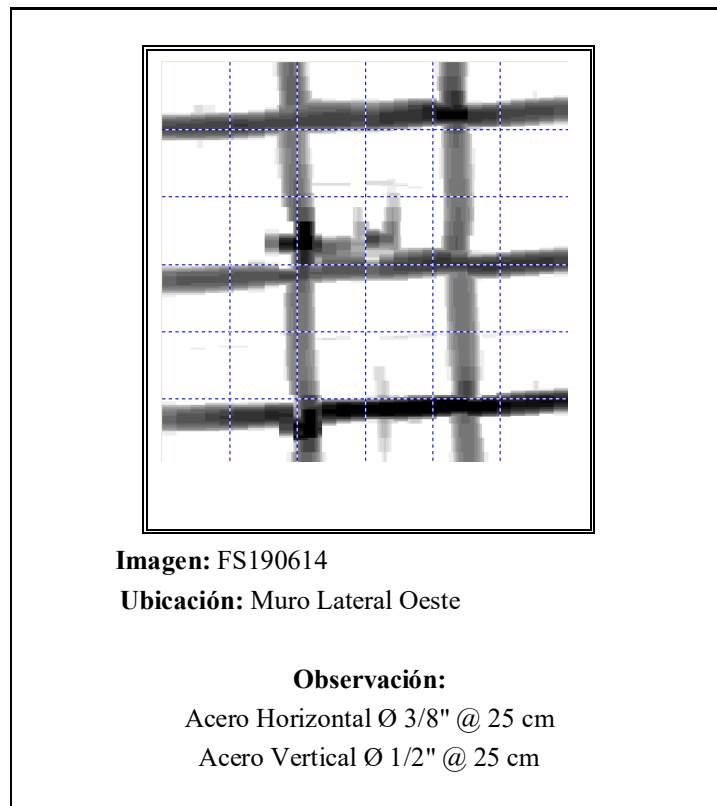
**EDIFICIO B, FACHADA POSTERIOR**



**Figura 4.15.13.- Escáner de Columna. Edificio B. Fuente: IMME.**



## EDIFICIO B, FACHADA LATERAL OESTE



**Imagen:** FS190614

**Ubicación:** Muro Lateral Oeste

**Observación:**

Acero Horizontal  $\text{Ø } 3/8'' @ 25 \text{ cm}$

Acero Vertical  $\text{Ø } 1/2'' @ 25 \text{ cm}$

**Figura 4.15.14.- Escáner de Muro. Edificio B. Fuente: IMME.**

Una vez observadas las imágenes se pudo verificar que los elementos volumétricos están simplemente apoyados unos sobre otros, es decir, no hay planchas de apoyo o ningún otro tipo de unión estructural. También carecen de uniones estructurales las juntas en sentido horizontal, lo que hace que en cada nivel los elementos volumétricos sean independientes entre sí.

La descripción de la edificación se obtuvo mediante la visita técnica realizada por el equipo del IMME a la institución; se realizaron las siguientes observaciones:

- Se confirmó la ausencia de vigas planas en el sentido longitudinal, de la estructura.
- A través de un escaneo realizado a las losas de techo y de entrepiso, se verificó que la losa es de tipo maciza, y no nervada como se pensaba en principio, por el espesor de la misma (15 cm).
- Un aspecto observado durante los análisis en los nodos, es la ausencia de acero de refuerzo transversal en los mismos, lo cual es un factor determinante a la hora de asignarle un nivel de diseño en el análisis sísmico. Esta característica de deficiencia en el detallado cumple con los requerimientos de la Norma técnica MOP 1967, mas no con los niveles de exigencia que establece la normativa sismorresistente vigente.
- En las zonas centrales, generalmente correspondientes, a la longitud libre en las columnas, se observó una separación de estribos que llega a alcanzar un valor de 20 cm.
- Así mismo, mediante el uso del Ferroskan, fue posible la verificación del número de barras de refuerzo longitudinal, en comparación con los planos del Stac, lo cual le da confiabilidad al uso de esta información para estimar la capacidad de la estructura del Módulo 02. Sin embargo no fue posible determinar con exactitud el diámetro del refuerzo, debido a que el Ferroskan no ofrecía precisión al respecto.

#### 4.15.4.- Evaluación Sismorresistente

##### *a) Análisis de los Materiales que Componen la Edificación*

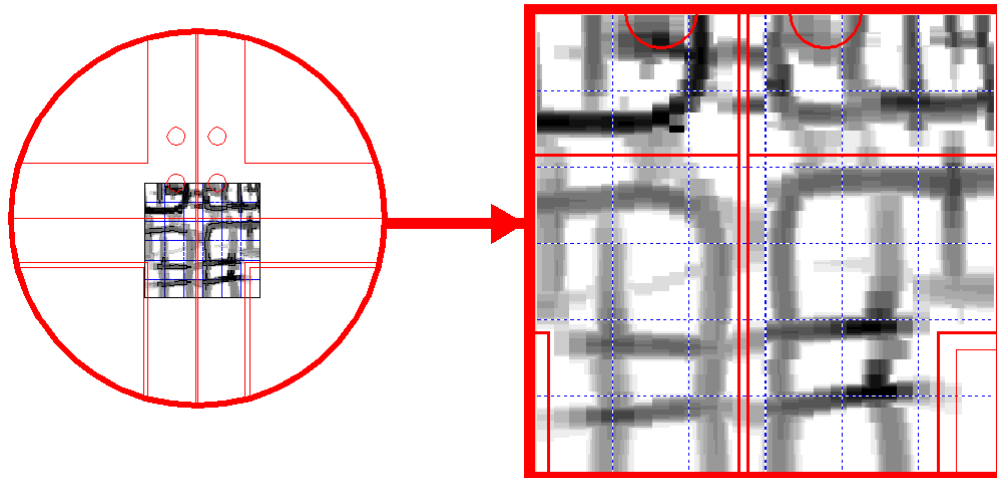
- Juntas

A continuación se muestra la fachada posterior del edificio A, donde se marca con un círculo rojo la zona donde se realizó el escáner con el Ferroskan:



**Figura 4.15.15.- Ubicación de la Zona Escaneada. Edificio A. Fuente: Elaboración Propia.**

En la siguiente figura se le añade al círculo que indica la zona escaneada un rectángulo con la imagen del escáner en su interior:



**Figura 4.15.16.- Imagen de la Zona Escaneada. Edificio A. Fuente: Elaboración Propia.**

Se puede observar el lugar exacto donde se realizó el escáner y a cuáles elementos estructurales pertenecen los aceros visualizados en dichas imágenes. Estos pertenecen a 4 elementos volumétricos distintos, sin presentar continuidad en el armado entre un elemento y otro, tampoco se observan planchas de apoyo.

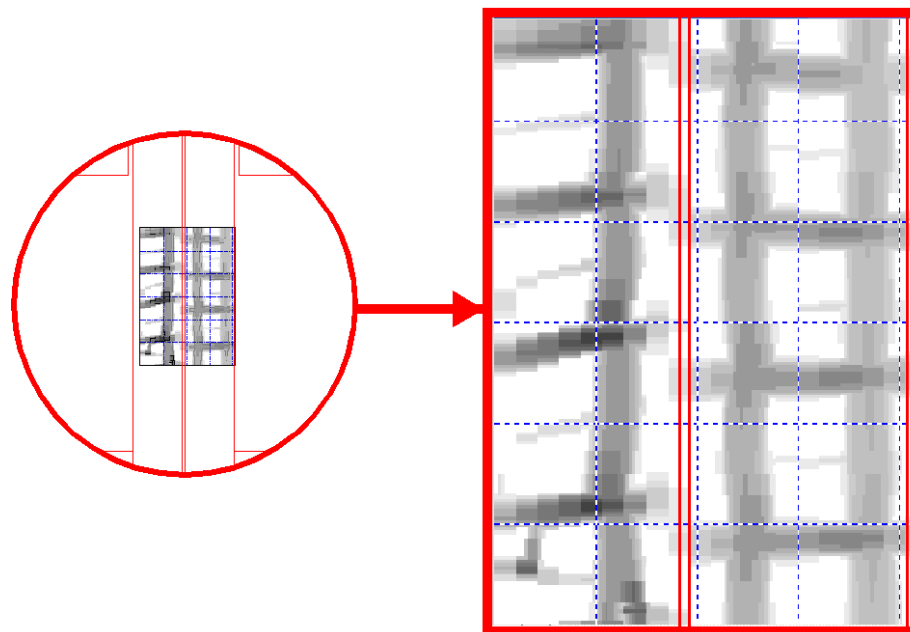
- Columnas

A continuación se muestra la fachada posterior del edificio B, donde se marca con un círculo rojo la zona donde se realizó el escáner con el Ferroscaan:



**Figura 4.15.17.- Ubicación de la Zona Escaneada. Edificio B. Fuente: Elaboración Propia.**

En la siguiente figura se le añade al círculo que indica la zona escaneada un rectángulo con la imagen del escáner en su interior:



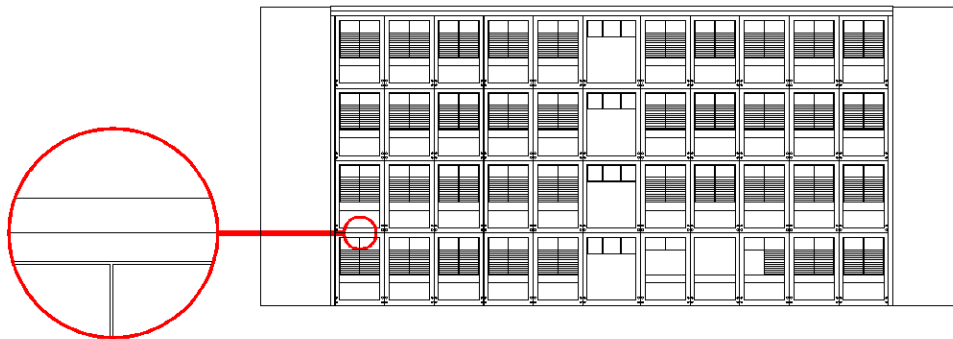
**Figura 4.15.18.- Imagen de la Zona Escaneada. Edificio B. Fuente: Elaboración Propia.**



Se observa claramente que la armadura de acero de la izquierda pertenece a una columna y la de la derecha a otra, en ningún momento las dos armaduras llegan a unirse. Esto quiere decir que los elementos volumétricos no presentan uniones laterales.

- Vigas

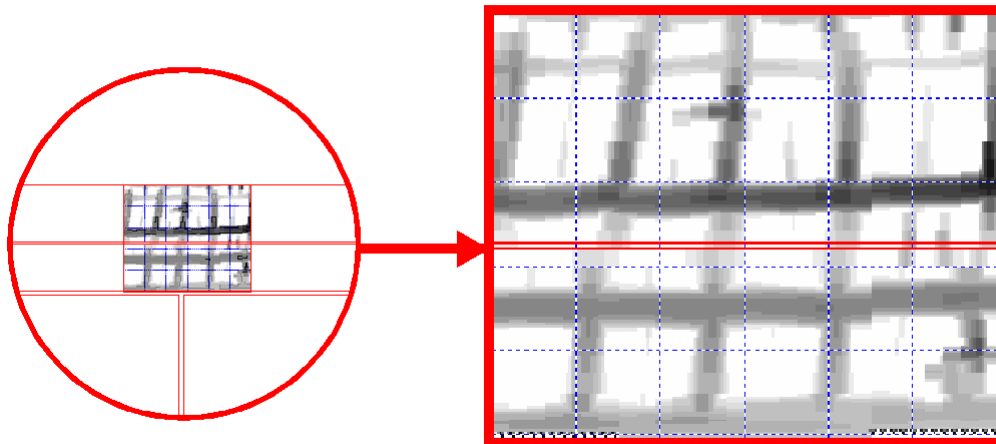
A continuación se muestra la fachada posterior del edificio A, donde se marca con un círculo rojo la zona donde se realizó el escáner con el ferroskan:



**EDIFICIO A, FACHADA POSTERIOR**

**Figura 4.15.19.- Ubicación de la Zona Escaneada. Edificio A. Fuente: Elaboración Propia.**

En la siguiente figura se le añade al círculo que indica la zona escaneada un rectángulo con la imagen del escáner en su interior:



**Figura 4.15.20.- Imagen de la Zona Escaneada. Edificio A. Fuente: Elaboración Propia.**

Se observan las armaduras de acero pertenecientes a la viga superior e inferior. La viga superior pertenece al módulo del 2do nivel mientras que la inferior forma parte del módulo del 1er nivel. A primera vista se podría decir que las armaduras de acero de las dos vigas están unidas, pero se observa que las cabillas que proporcionan la supuesta unión están desfasadas, por lo tanto no son más que salientes del acero transversal, quedando de forma independiente el armado del acero en ambas vigas.

De lo observado en las figuras 4.15.16, 4.15.18 y 4.15.20 se comprueba que los elementos volumétricos o módulos prefabricados no presentan ningún tipo de unión entre ellos, ya sea planchas de apoyo o continuidad en el armado del acero, por lo tanto cada uno se comportara de manera independiente cuando la estructura sea sometida a fuerzas laterales.

*b) Fuerza Cortante*

Las fuerzas cortantes  $V_{oi}$  para cada nivel arrojan los valores indicados en la Tabla 4.15.3.

**Tabla 4.15.3.- Cortantes Sísmicos por Nivel.**

Nivel	$V_{oi}$ (ton)
techo	17,35
3	12,70
2	12,70
1	12,70

Cada uno de estos cortantes representan la reacción en la base de un módulo, que se genera por la acción individual de su propia fuerza inercial. Al sumar los  $V_{oi}$  para cada uno de los niveles se obtienen los valores indicados en la Tabla 4.15.4.

**Tabla 4.15.4.- Sumatoria de los Cortantes Sísmicos por Nivel.**

Nivel	$\sum V_{oi}$ (ton)
techo	17,35
3	30,05
2	42,75
1	55,45

Estas sumatorias representan la reacción en la base de cada módulo, generadas por la actuación de todas las fuerzas inerciales  $F_i$  ubicadas por encima de dicha base, por tanto al ir bajando de nivel las  $F_i$  actuantes se irán sumando y esto hace que la reacción aumente en magnitud. En caso de que la relación Demanda/Capacidad arroje un valor menor a 1, el  $V_{oi}$  del 1er nivel (55,45 ton.) no será otra cosa que el cortante basal de la estructura.

c) *Fuerza de Roce*

La fuerza de roce estática para cada nivel arroja los valores indicados en la Tabla 4.15.5.

**Tabla 4.15.5.- Fuerza de Roce Estática por Nivel.**

Nivel	FRi (ton)
techo	6,47
3	11,21
2	15,96
1	20,70

La fuerza de roce se hace más grande a medida que se acerca al nivel base de la edificación, esto es debido a que el peso acumulado de los módulos hace que la fuerza de compresión que se genera entre ellos aumente con la proximidad a dicho nivel, así, al ser el roce proporcional a la fuerza de compresión este también aumenta.

d) *Relación Demanda/Capacidad*

La relación Demanda/Capacidad por nivel se calculó suponiendo que la estructura es capaz de transmitir hasta su nivel base la totalidad de las fuerzas inerciales a la que es sometida, es decir, el comportamiento de su diagrama de cortante es similar al de una viga en voladizo. Los resultados se muestran en la Tabla 4.15.6.

**Tabla 4.15.6.- Relación Demanda/Capacidad por Nivel.**

Nivel	Demanda/Capacidad
techo	2,68
3	2,68
2	2,68
1	2,68

Como se observa, la relación arroja el mismo valor para cada uno de los niveles, el por que de ello se demuestra a continuación:

$$\frac{\text{Demanda}}{\text{Capacidad}} = \frac{\sum_{i=1}^N V_{oi}}{FR_i} = \frac{\mu \times Ad \times \sum W_i}{\mu_s \times \sum W_i} \quad [4.15.1]$$

La relación Demanda/Capacidad no se ve afectada por el peso de los elementos volumétricos que integran la estructura, por lo tanto, al tener los mismos valores las variables Ad,  $\mu$  y  $\mu_s$ , la relación será la misma para el resto de los elementos.

Ahora bien, al arrojar valores mayores que 1 la suposición de que la estructura es capaz de transmitir hasta su nivel base la totalidad de las fuerzas inerciales es errada, por lo tanto la relación Demanda/Capacidad se recalcula con la ecuación 4.15.1.

**Tabla 4.15.7.- Relación Demanda/Capacidad Definitiva por Nivel.**

Nivel	Demanda/Capacidad
techo	2,68
3	1,71
2	1,50
1	1,38

Los valores observados en la tabla 4.15.7 no son otra cosa que la proporción en que el cortante supera a la fuerza de roce estática. Ese elemento faltante para que ambas fuerzas se igualen el sistema sismo-estructura lo compensa acelerando los módulos.

e) *Expansión de Resultados*

Las relaciones Demanda/Capacidad obtenidas pertenecen a los elementos volumétricos tipo 1. Esto quiere decir que las relaciones Demanda/Capacidad mostradas en la tabla 4.15.6 y 4.15.7 se pueden expandir a todos los elementos volumétricos tipo 1 que forman parte del Edificio A. Lo mismo ocurre para el Edificio B, ya que ambos tienen una estructura similar.

Los resultados mostrados en la tabla 4.15.6 representan también las relaciones Demanda/Capacidad de los elementos volumétricos tipo 2 para ambos edificios. Esto es posible debido a que la altura  $h_n$  es la misma para los dos módulos, lo que hace que el  $A_d$  tenga el mismo valor en todos los casos. Además, el peso de los módulos no tiene influencia en la relación Demanda/Capacidad mostrada en la tabla 4.15.6, como ya se demostró.

Ahora bien, sin realizar ningún cálculo adicional ya se sabe que las fuerzas inerciales que actúan en los elementos volumétricos tipo 2 tampoco son transmitidas en su totalidad a la base de la estructura, lo que quiere decir que la relación Demanda/Capacidad para este caso también tiene que ser recalculada, usando la ecuación. En esta ocasión, la única variable distinta es el peso de los módulos ( $W_i$ ).

Con el peso de los elementos volumétricos tipo 2 se aplica la ecuación (4.15.1), obteniendo los valores indicados en la Tabla 4.15.8.

**Tabla 4.15.8.- Relación Demanda/Capacidad Definitiva por Nivel para los Elementos Volumétricos Tipo 2**

Nivel	Demanda/Capacidad
techo	2,68
3	1,70
2	1,49
1	1,38

Los resultados son casi idénticos a los obtenidos para los elementos volumétricos tipo 1.

En resumen, una vez obtenida la proporción en que el cortante supera a la fuerza de roce estática para los elementos volumétricos tipo 1 solo hace falta calcular el peso de los elementos volumétricos tipo 2 para obtener la proporción en estos últimos.

Para los dos tipos de elementos volumétricos la relación arroja valores mayores a 1, esto quiere decir que bajo la acción del sismo especificado en la Norma COVENIN 1756:2001 todos los módulos del nivel 1, 2, 3 y 4, tanto del edificio A como del B, se aceleran.

#### 4.15.5.- Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez aplicados los instrumentos de recolección de datos, procesados los mismos y obtenida la información que se generó del análisis, se obtuvieron unos resultados que permiten presentar las siguientes conclusiones:

- En lo referido a la elaboración de los planos arquitectónicos en 2D y 3D, el objetivo planteado se cumplió a cabalidad, a pesar de la poca información referente no solo a los planos de la U.E. Colomine sino también al sistema constructivo en general. Para alcanzar este objetivo se llevó a cabo una recopilación documental referente al sistema constructivo, la cual permitió conocer cómo están integrados los elementos que conforman a la edificación.
- La identificación de los materiales que componen al edificio se realizó satisfactoriamente, permitiendo la elaboración de los planos estructurales de la unidad educativa. A través del ensayo realizado con el Ferroskan se pudo constatar que los módulos prefabricados se encuentran simplemente apoyados, despejándose la interrogante que se tenía en cuanto a la existencia o no de planchas de acero los apoyos. A partir de esta revelación se condicionó la investigación a determinar si el sismo especificado en la Norma COVENIN 1756:2001 es capaz de acelerar a cualquiera de los módulos.
- El modelo matemático desarrollado para determinar el comportamiento estructural de la edificación no requiere de la utilización de un software ya que el sistema “Variel” fue concebido para trabajar solo bajo la acción de cargas verticales, por lo tanto al usarse en zonas de elevada amenaza sísmica las estructuras construidas con este sistema se vuelven vulnerables. Para obtener este grado de vulnerabilidad no se hace necesario conocer la respuesta dinámica de las estructuras, solo basta saber si los módulos prefabricados presentan desplazamientos entre ellos.
- La respuesta estructural de la unidad educativa ante acciones sísmicas, definida en base a la Norma COVENIN 1756:2001, no determina directamente el grado de vulnerabilidad de la edificación, sino que permite obtener un primer parámetro (el cortante sísmico) que luego es comparado



con lo único que proporciona resistencia al desplazamiento lateral de los módulos (la fuerza de roce estático).

- La vulnerabilidad sísmica estimada mediante un formato de evaluación estandarizado por criterios FUNVISIS-UCV no representa la vulnerabilidad real de la edificación, ya que en ella no se consideran parámetros como la posibilidad que tienen las losas de considerarse o no un diafragma rígido y si las columnas presentan una unión monolítica hasta el nivel base. Son precisamente estos dos parámetros los que determinan la vulnerabilidad de la U.E. Colomine.
- La comparación de las demandas con las capacidades de la estructura arrojan valores alarmantes ya que se determinó que ante las acciones sísmicas definidas en la Norma COVENIN 1756:2001 todos los módulos prefabricados de los niveles 1, 2, 3 y 4 presentan un desplazamiento relativo. En el caso más favorable, el cortante sísmico es 1,38 veces mayor que fuerza de roce estático, esto indica que la edificación carece de elementos capaces de proporcionarle la resistencia suficiente a los niveles para que cada módulo permanezca exactamente uno encima del otro.
- Desde 1981 la estructura de la U.E. Colomine trabaja satisfactoriamente bajo cargas verticales. Sin embargo se comportará como un sistema hipoestático cuando ésta sea sometida a las acciones sísmicas, por lo tanto, ante este desfavorable resultado la edificación se clasifica como vulnerable.

#### Recomendaciones

Se propone una rehabilitación estructural de la edificación, en la cual se tienen que cumplir los siguientes aspectos:

- Garantizar que, en cada uno de los niveles, no exista desplazamiento horizontal relativo entre las losas que componen cada elemento volumétrico, de manera que para este caso particular todo el conjunto de losas se desplace como un solo elemento, conformando así un diafragma rígido por nivel.
- Garantizar una unión vertical entre los elementos volumétricos, de manera que no sea el roce la única fuerza que se interponga al desplazamiento relativo entre ellos, logrando que los 2 pórticos frontales de los cuales dispone cada elemento volumétrico formen parte del sistema resistente.
- Se recomienda a FEDE la realización de un censo para determinar la cantidad de edificaciones escolares construidas en el país con el sistema “Variel”, ya que esta institución tiende a clasificarlas erróneamente como “Módulo de Barrio”. De esta manera se podrán tomar acciones orientadas a iniciar un programa de rehabilitación estructural que cumpla con los aspectos anteriormente mencionados.

- Cuando se implementen en Venezuela sistemas constructivos concebidos en otros países, se verifique en primera instancia si este cumple con todos los requerimientos antisísmicos de la Norma COVENIN 1756 “Edificaciones sismorresistentes”, evitando así que sistemas constructivos diseñados en un principio para trabajar bajo cargas verticales sean usados en zonas de elevada amenaza sísmica.

#### 4.15.6.- Localización de otros Edificios del mismo Tipo.

Para la realización del censo para determinar la cantidad de edificaciones escolares construidas en el país con el sistema “Variel” se propone la siguiente comunicación:

Caracas, 23 de Abril de 2009

A Todas las Coordinaciones Estadales de FEDE

### SOLICITUD

Por medio de la presente le solicito, a la brevedad posible, listado de planteles: nombre y ubicación exacta (municipio y dirección), construidos en el país con el SISTEMA PREFABRICADO (**VARIEL**): es un sistema de losas postensadas y pórticos prefabricados de patente Suiza. [1], que se ensamblan en sitio (Figura 4.15.21).

La importancia de la información radica en que los estudios que se efectuaron, a través del Proyecto “Reducción de Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela”, Convenio IMME (UCV)-FUNVISIS-FEDE (FONACIT N° 2005000188), a la Unidad Educativa Luís A. Colomine de cuatro pisos, construida en 1.981 con el Sistema Constructivo **VARIEL**, ubicada en el municipio Valencia, Estado Carabobo, indican que esos sistemas estructurales son **altamente vulnerables**:

1. Las exploraciones hechas con el equipo de detección de metales no indica la existencia de elementos de conexión y anclaje entre los diferentes módulos prefabricados, lo que permite concluir que están simplemente apoyados uno sobre otro.
2. Es muy limitada la capacidad del edificio para resistir las cargas horizontales que se generan con los movimientos sísmicos. Se estima que movimientos sísmicos del orden de 0,15g provocarían el deslizamiento entre los módulos. La norma nacional sismorresistente (COVENIN 1756), para una zona sísmica, por ejemplo N° 5, especifica 0,39g para el diseño en un edificio escolar.

Para identificar la tipología **VARIEL**, en las dos páginas continuas se anexan seis fotografías mostrando el Sistema Constructivo.

Agradeciendo de antemano su atención a esta solicitud, que nos permitirá tomar las medidas necesarias a fin de garantizar la seguridad de nuestra población escolar,

Atentamente,

Arq. Ariella Liscano  
Gerente de Proyecto

La información solicitada deberá ser enviada a la Gerencia de Proyecto con atención al Ing. Ramón Alberto Vielma (Representante del Proyecto “Reducción de Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela”) Telf.(s): (0212) 564.03.29/03.53.  
e\_mail: [rvielma1980@hotmail.com](mailto:rvielma1980@hotmail.com)



**Figura 4.15.21.- Construcción de un edificio con el sistema Variel**

Anexo A.  
Archivo Fotográfico.





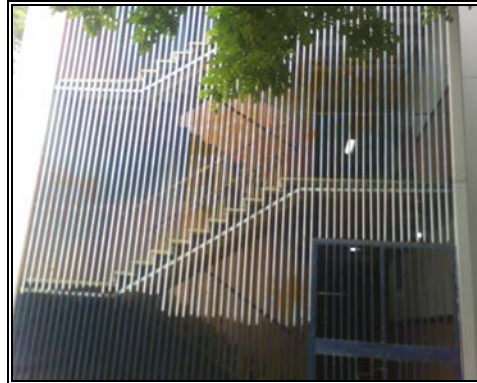
**Anexo 4.15.1.- Fachada Norte, edificio A.**



**Anexo 4.15.2.- Fachada Sur, edificio A.**



**Anexo 4.15.3.- Fachada Este, edificio A.**



**Anexo 4.15.4.- Fachada Oeste, edificio A.**



**Anexo 4.15.5.- Fachada Norte, Unión Estructura-Fundación, edificio A.**



**Anexo 4.15.6.- Esquina Noroeste, Unión Estructura-Fundación, edificio A.**



**Anexo 4.15.7.- Ventana Interna, planta baja, edificio A.**



**Anexo 4.15.8.- Losas de Entrepiso, planta baja, edificio A.**



**Anexo 4.15.9.- Separación Escalera-Edificio, planta baja, edificio A.**



**Anexo 4.15.10.- Descanso, vista inferior, planta baja, edificio A.**



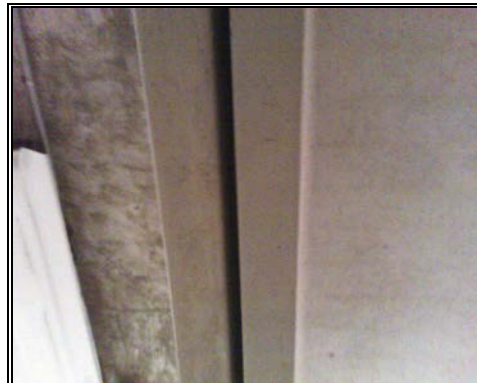
**Anexo 4.15.11.- Descanso, Perfiles, planta baja, edificio A.**



**Anexo 4.15.12.- Unión Muro-Perfil, planta baja, edificio A.**



**Anexo 4.15.13.- Soldadura Muro-Perfil, planta baja, edificio A.**



**Anexo 4.15.14.- Unión Losas de Entrepiso, planta baja, edificio A.**

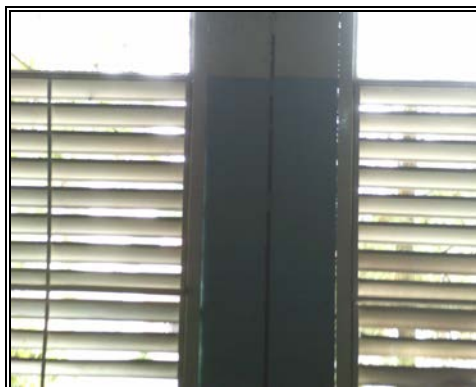




**Anexo 4.15.15.- Vigas de Carga, primer piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.16.- Unión Losa-Columna, primer piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.17.- Columna Perimetral, primer piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.18.- Junta, primer piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.19.- Oficina, primer piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.20.- Pasillo, primer piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.21.- Pared Interna, primer piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.22.- Unión Descanso-Muro, primer piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.23.- Salón, primer piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.24.- Módulo de Escaleras, Vista Inferior, primer piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.25.- Columna Interior, segundo piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.26.- Salón, segundo piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.27.- Junta, segundo piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.28.- Unión de Módulos, Columnas Perimetrales, segundo piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.29.- Unión de dos Módulos, segundo piso, edificio A.**





**Anexo 4.15.30.- Unión de Módulos, Columnas Interiores, segundo piso, edificio A.**



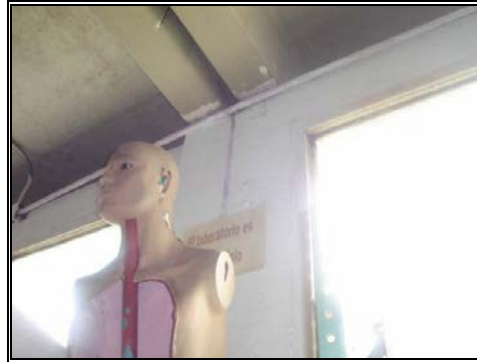
**Anexo 4.15.31.- Descanso, segundo piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.32.- Unión Descanso-Edificio, segundo piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.33.- Junta, Columna Interior, tercer piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.34.- Junta, Columna Perimetral, tercer piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.35.- Unión Módulos-Losa de Techo, tercer piso, edificio A.**



**Anexo 4.15.36.- Laboratorio, tercer piso, edificio A.**

#### **4.16.- Evaluación Sismorresistente De La U. E. Cirilo Alberto**

##### 4.16.1.- Participantes

- Prof. Clara Alvarado, UC.
- Prof. Oscar A. López, UCV.
- Br. Gabriela Guzmán, Tesista de Pregrado UC.
- Br. Lizardo Rojas, Tesista de Pregrado UC.

##### 4.16.2.- Objetivos

El objetivo general de este trabajo es realizar un estudio sobre la vulnerabilidad sísmica de la Unidad Educativa Cirilo Alberto, tipo “Stac Antiguo”, ubicada en el Municipio Valencia, del Estado Carabobo, a través de un análisis estructural efectuado según Normas Técnicas Vigentes en Venezuela (Normas COVENIN).

Como objetivos específicos se tienen:

- Recabar de los archivos del FEDE y Secretaría de Infraestructura Regional, o en su defecto generar la información necesaria, sobre la edificación escolar tipo “Stac Antiguo” presente en la Unidad Educativa Cirilo Alberto y desarrollar planos arquitectónicos y estructurales correspondientes a la geometría de la estructura.
- Elaborar según la información obtenida, los planos arquitectónicos, generados en dos y tres dimensiones con aplicación del programa Autocad versión 2006 u otros programas pertinentes al caso.
- Desarrollar modelos matemáticos que permitan realizar el cálculo y análisis estructural mediante aplicación de herramientas de software y de métodos desarrollados en el contenido programático de las cátedras de análisis estructural.
- Ensayar posibles respuestas a la aplicación de las fuerzas sísmicas, en el modelo matemático generado, de acuerdo a los parámetros establecidos en las normas técnicas COVENIN 1756:2001, referida a las Edificaciones Sismorresistentes (Requisitos y Comentarios).
- Determinar mediante el ensayo efectuado la vulnerabilidad sísmica presente, en la edificación objetivo de estudio, evaluando los resultados obtenidos para así establecer recomendaciones generales.
- Evaluar la factibilidad de extrapolar los resultados y soluciones obtenidos en esta investigación a otras edificaciones escolares tipo “Stac Antiguo”, construidas a nivel nacional.

##### 4.16.3.- Descripción de la Edificación

La descripción de la edificación se obtuvo mediante la visita técnica realizada por el equipo del IMME a la institución; se realizaron las siguientes observaciones:

- Se confirmó la ausencia de vigas planas en el sentido longitudinal de la estructura.
- A través de un escaneo realizado a las losas de techo y de entrepiso, se verificó que la losa es de tipo maciza, y no nervada como se pensaba en principio, por el espesor de la misma (15 cm).
- Un aspecto observado durante los análisis en los nodos, es la ausencia de acero de refuerzo transversal en los mismos, lo cual es un factor determinante a la hora de asignarle un nivel de diseño para el análisis sísmico. Esta característica de deficiencia en el detallado cumple con los requerimientos de la Norma Técnica MOP 1967, mas no con los niveles de exigencia que establece la normativa sismorresistente vigente.
- En las zonas centrales, generalmente correspondientes a la longitud libre, de las columnas se observó una separación de estribos que llega a alcanzar un valor de 20 cm.
- Así mismo, mediante el uso del Ferroskan, fue posible la verificación del número de barras de refuerzo longitudinal, al comparar con los planos obtenidos de un Stac según se indica en la tabla 4.16.1, lo cual le da confiabilidad al uso de esta información para estimar la capacidad de la estructura del Módulo 2. Sin embargo no fue posible determinar con exactitud el diámetro del refuerzo, debido a que el Ferroskan no ofrecía precisión al respecto.

**Tabla 4.16.1.- Acero de refuerzo en elementos estructurales de la U.E. “Ezequiel Zamora”**

Elemento	Acero Longitudinal	Estribos
Viga Dintel	4 $\Phi$ ½”	$\Phi$ 3/8” sep. Entre 8 y 15 cm
Viga Plana (Dir. Larga)	6 $\Phi$ 5/8”	
Viga Secc. Variable	4 $\Phi$ ¾”	
Viga Dir. Corta		
Columnas	C1=8 $\Phi$ 5/8” y C2=8 $\Phi$ 3/4”	2 $\Phi$ 3/8” sep. 20 cm

#### 4.16.4.- Evaluación Sismorresistente

a) *Obtención de los períodos correspondientes a cada modo de vibración de la estructura.*

- **Modelo 1:** Estructura con inercia gruesa sin tomar en cuenta el efecto de la tabiquería.

**Tabla 4.16.2.- Modos de Vibración y Períodos correspondientes al Modelo 1.**

Modo de Vibración	Períodos (s)
1	0.623
2	0.455
3	0.266
4	0.220
5	0.172
6	0.110

*Fuente: Elaboración Propia*

- **Modelo 2:** Estructura con inercia reducida, sin tomar en cuenta el efecto de la tabiquería.

**Tabla 4.16.3.- Modos de Vibración y Períodos correspondientes al Modelo 2.**

Modo de Vibración	Períodos (s)
1	0.901
2	0.638
3	0.368
4	0.302
5	0.228
6	0.147

*Fuente: Elaboración Propia*

- **Modelo 3:** Estructura con inercia gruesa, considerando el efecto de la tabiquería.

**Tabla 4.16.4.- Modos de Vibración y Períodos correspondientes al Modelo 3.**

Modo de Vibración	Períodos (s)
1	0.303
2	0.220
3	0.134
4	0.127
5	0.094
6	0.075

*Fuente: Elaboración Propia*



- **Modelo 4: Estructura** con inercia reducida, considerando el efecto de la tabiquería.

**Tabla 4.16. 5.- Modos de Vibración y Períodos correspondientes al Modelo 4.**

Modo de Vibración	Períodos (s)
1	0.369
2	0.245
3	0.167
4	0.141
5	0.119
6	0.119

Fuente: Elaboración Propia

En los resultados de los períodos de vibración que presenta la estructura para cada modelo matemático, se puede observar que los mismos son más elevados en los dos primeros modelos debido a que no se consideró la tabiquería y en los modelos para los cuales se tomó en cuenta el efecto rigidizador de la tabiquería los períodos de la estructura disminuyen notablemente, debido a la limitación de los elementos para deformarse ante la restricción que generan las paredes. Así mismo, es de resaltar que una vez que ocurre el agrietamiento de los elementos ante la acción del sismo (modelos con inercia reducida) la estructura experimenta períodos mayores en comparación con los modelos donde se considera la inercia gruesa de los elementos.

b) *Determinación de la relación Demanda/Capacidad para cada modelo.*

- **Modelo 1:** Estructura con inercia gruesa sin tomar en cuenta el efecto de la tabiquería.

1) Considerando un Factor de Reducción de Respuesta de la Estructura  $R = 2$ .

**Tabla 4.16. 6.- Índices de Demanda/Capacidad obtenidos para el Modelo 1, usando un valor de  $R=2$ .**

Modelo	Dirección Larga			Dirección Corta		
	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/Capacidad	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/Capacidad
1 Sin Paredes $I_g$	265,46	111,3	2,39	267,56	146,8	1,82

Fuente: Elaboración Propia

2) Considerando un Factor de Reducción de Respuesta de la Estructura  $R = 3$ .

**Tabla 4.16. 7.- Índices de Demanda/Capacidad obtenidos para el Modelo 1, usando un valor de  $R=3$ .**

Modelo	Dirección Larga			Dirección Corta		
	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad
1 Sin Paredes $I_g$	176,97	111,3	1,59	178,37	146,8	1,21

Fuente: Elaboración Propia

- **Modelo 2:** Estructura con inercia reducida, sin tomar en cuenta el efecto de la tabiquería.

1) Considerando un Factor de Reducción de Respuesta de la Estructura  $R = 2$ .

**Tabla 4.16. 8.- Índices de Demanda/Capacidad obtenidos para el Modelo 2, usando un valor de  $R=2$ .**

Modelo	Dirección Larga			Dirección Corta		
	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad
2 Sin Paredes $I_r$	262,50	111,3	2,36	262,20	146,8	1,79

Fuente: Elaboración Propia

2) Considerando un Factor de Reducción de Respuesta de la Estructura  $R = 3$ .

**Tabla 4.16. 9.- Índices de Demanda/Capacidad obtenidos para el Modelo 2, usando un valor de  $R=3$ .**

Modelo	Dirección Larga			Dirección Corta		
	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad
2 Sin Paredes $I_r$	175,00	111,3	1,57	174,80	146,8	1,19

Fuente: Elaboración Propia

En los resultados de la relación demanda capacidad de los modelos 1 y 2, se evidencia que la estructura por sí sola no está preparada para resistir las combinaciones carga incluyendo el sismo exigido por las normas actuales. En ambos modelos se observa un exceso

de más del 130% de la demanda de cortante basal con respecto a la capacidad de la estructura. Al no existir el efecto rigidizador de las paredes se hace determinante la capacidad dúctil a la hora de calcular la fuerza cortante resistente de la estructura debido a que las columnas pueden deformarse en toda su longitud libre.

- **Modelo 3:** Estructura con inercia gruesa, considerando el efecto de la tabiquería.

1) Considerando un Factor de Reducción de Respuesta de la Estructura  $R = 2$ .

**Tabla 4.16.10.- Índices de Demanda/Capacidad obtenidos para el Modelo 3 usando  $R=2$ .**

Modelo	Dirección Larga			Dirección Corta		
	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad
3 Con Paredes I <sub>g</sub>	283.77	258.2	1.10	280.05	146.8	1.91

Fuente: Elaboración Propia

2) Considerando un Factor de Reducción de Respuesta de la Estructura  $R = 3$ .

**Tabla 4.16.11.- Índices de Demanda/Capacidad obtenidos para el Modelo 3 usando  $R=3$ .**

Modelo	Dirección Larga			Dirección Corta		
	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad
3 Con Paredes I <sub>g</sub>	189.18	258.2	0.73	186.70	146.8	1.27

Fuente: Elaboración Propia

- **Modelo 4:** Estructura con inercia reducida, considerando el efecto de la tabiquería.

1) Considerando un Factor de Reducción de Respuesta de la Estructura  $R = 2$ .

**Tabla 4.16.12.- Índices de Demanda/Capacidad obtenidos para el Modelo 2 usando  $R=2$ .**

Modelo	Dirección Larga			Dirección Corta		
	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad
4 Con Paredes I <sub>r</sub>	276.48	258.2	1.07	269.86	146.8	1.84

Fuente: Elaboración Propia

2) Considerando un Factor de Reducción de Respuesta de la Estructura  $R = 3$ .

**Tabla 4.16.13.- Índices de Demanda/Capacidad obtenidos para el Modelo 4 usando  $R=3$ .**

Modelo	Dirección Larga			Dirección Corta		
	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad	Demanda Vd(Ton)	Capacidad Vr(Ton)	Demanda/ Capacidad
4 Con Paredes Ir	184.32	258.2	0.71	179.90	146.8	1.23

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados obtenidos al incorporar el efecto de la interacción de la tabiquería con los elementos estructurales, se produce una notable reducción del índice Demanda Capacidad, a pesar de que se desprece la capacidad de las paredes de absorber cortante. Este hecho se puede atribuir a lo siguiente, al existir el confinamiento de las columnas, la longitud libre de las mismas disminuye, aumentando la resistencia al corte dúctil, y por tanto, se hace determinante el corte frágil; esto para las columnas de la fachada norte del módulo, mientras que en la fachada sur, también se reduce la longitud libre, sin embargo en este caso, dicha reducción, no lleva al corte dúctil a ser mayor que el frágil, por el contrario, se mantiene como el menor de los cortantes resistentes de la columna, aunque con un aumento en su valor. Por estas dos principales características la capacidad al cortante basal de la estructura se ve incrementada. Del igual modo se observa un ligero incremento en la demanda del corte basal.

Adicionalmente se analizó el efecto de considerar dos factores de reducción de respuesta distintos. Se observó que al utilizar un factor de reducción de respuesta de  $R=3$  se sobreestima la respuesta de la estructura y el índice Demanda Capacidad alcanza un valor menor a uno (1), lo cual significaría que es capaz de resistir las solicitaciones. Al usar un factor de reducción  $R=2$  sobre la misma estructura, ésta no es capaz de resistir el efecto de la acción sísmica, lo cual indica que se debe tener sumo cuidado al seleccionar este valor, relacionado con la ductilidad que posee la estructura.

c) *Evaluación de los desplazamientos y derivas máximas de cada modelo estructural, considerando un factor de reducción de respuesta  $R=2$ .*

- **Modelo 1:** Estructura con inercia gruesa sin tomar en cuenta el efecto de la tabiquería.

**Tabla 4.16.14.- Desplazamientos y Derivas del Centro de Masa, de cada entrepiso, para el Modelo 1, usando  $R=2$ .**

MODELO 1 DESPLAZAMIENTOS (cm)			DERIVA	
ENTREPISO	LARGA (X)	CORTA (Y)	LARGA (X)	CORTA (Y)
2	5,42	2,79	0,017	0,008
1	2,39	1,29	0,013	0,007

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.16.15.- Desplazamientos y Derivas Máximas (Nodo A'1), de cada entrepiso, para el Modelo 1, usando R=2.

MODELO 01 DESPLAZAMIENTOS (cm)			DERIVA	
ENTREPISO	LARGA (X) (cm)	CORTA (Y) (cm)	LARGA (X)	CORTA (Y)
2	5.53	3.13	0.017	0.009
1	2.45	1.48	0.013	0.008

Fuente: Elaboración Propia

- **Modelo 2:** Estructura con inercia reducida, sin tomar en cuenta el efecto de la tabiquería.

Tabla 4.16.16.- Desplazamientos y Derivas del Centro de Masa, de cada entrepiso, para el Modelo 2, usando R=2.

MODELO 02 DESPLAZAMIENTOS (cm)			DERIVA	
ENTREPISO	LARGA (X)	CORTA (Y)	LARGA (X)	CORTA (Y)
2	11.36	5.48	0.036	0.017
1	4.82	2.35	0.026	0.013

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.16.17.- Desplazamientos y Derivas Máximas (Nodo A'1), de cada entrepiso, para el Modelo 2, usando R=2.

MODELO 02 DESPLAZAMIENTOS (cm)			DERIVA	
ENTREPISO	LARGA (X) (cm)	CORTA (Y) (cm)	LARGA (X)	CORTA (Y)
2	11.57	6.09	0.036	0.019
1	4.92	2.68	0.027	0.015

Fuente: Elaboración Propia

- **Modelo 03:** Estructura con inercia gruesa, considerando el efecto de la tabiquería.

Tabla 4.16.18.- Desplazamientos y Derivas del Centro de Masa, de cada entrepiso, para el Modelo 3, usando R=2.

MODELO 03 DESPLAZAMIENTOS (cm)			DERIVA	
ENTREPISO	LARGA (X) (cm)	CORTA (Y) (cm)	LARGA (X)	CORTA (Y)
2	1.32	0.69	0.004	0.002
1	0.67	0.35	0.004	0.002

Fuente: Elaboración Propia



**Tabla 4.16.19.- Desplazamientos y Derivas Máximas (Nodo B'1), de cada entrepiso, para el Modelo 3, usando R=2.**

MODELO 03 DESPLAZAMIENTOS (cm)			DERIVA	
ENTREPISO	LARGA (X) (cm)	CORTA (Y) (cm)	LARGA (X)	CORTA (Y)
2	1.36	0.97	0.004	0.003
1	0.68	0.48	0.004	0.003

Fuente: Elaboración Propia

- **Modelo 04:** Estructura con inercia reducida, considerando el efecto de la tabiquería.

**Tabla 4.16.20.- Desplazamientos y Derivas del Centro de Masa, de cada entrepiso, para el Modelo 4, usando R=2.**

MODELO 04 DESPLAZAMIENTOS (cm)			DERIVA	
ENTREPISO	LARGA (X) (cm)	CORTA (Y) (cm)	LARGA (X)	CORTA (Y)
2	1.95	0.84	0.006	0.002
1	0.91	0.40	0.005	0.002

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4.16.21.- Desplazamientos y Derivas Máximas (Nodo B'1), de cada entrepiso, para el Modelo 04, usando R=2.**

MODELO 04 DESPLAZAMIENTOS (cm)			DERIVA	
ENTREPISO	LARGA (X) (cm)	CORTA (Y) (cm)	LARGA (X)	CORTA (Y)
2	2.03	1.25	0.006	0.004
1	0.94	0.58	0.005	0.003

Fuente: Elaboración Propia

I. Cuadro resumen de derivas para los distintos modelos con un factor de reducción R=2.

**Tabla 4.16.22.- Derivas Máximas en los distintos modelos analizados, usando R=2.**

NIVEL	MODELO 01		MODELO 02		MODELO 03		MODELO 04	
	LARGA (X)	CORTA (Y)	LARGA (X)	CORTA (Y)	LARGA (X)	CORTA (Y)	LARGA (X)	CORTA (Y)
2	0.017	0.009	0.036	0.019	0.004	0.003	0.006	0.004
1	0.013	0.008	0.027	0.015	0.004	0.003	0.005	0.003

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.16.23.- Derivas Máximas (%) en los distintos modelos analizados, usando R=2.

NIVEL	MODELO 01		MODELO 02		MODELO 03		MODELO 04	
	LARGA (X)	CORTA (Y)	LARGA (X)	CORTA (Y)	LARGA (X)	CORTA (Y)	LARGA (X)	CORTA (Y)
2	16.85	9.03	36.37	18.66	3.76	2.67	5.96	3.64
1	13.39	8.10	26.90	14.66	3.70	2.64	5.11	3.19

Fuente: Elaboración Propia

## II. Análisis de resultados de derivas obtenidas para los distintos modelos.

Al aplicar un espectro de diseño a la estructura, afectado con un factor de reducción de respuesta R=2, se obtuvo altas derivas tanto en el Modelo 01, considerando los elementos con inercia gruesa, como en el Modelo 02 en el cual se aplicó un factor de reducción de inercia, a fin de considerar la pérdida de rigidez de los elementos estructurales en presencia de un sismo.

En la dirección longitudinal de ambos modelos, el valor de deriva máxima establecido por la norma para edificaciones pertenecientes al Grupo A (12 %), fue sobrepasado, llegando a un valor de 17%, para el Modelo 01 y 36% para el Modelo 02. Mientras que en la dirección, corta solo se sobrepasa el valor de deriva normativo en el Modelo 02 de inercia reducida, llegando a 19%, esto se puede atribuir a la menor rigidez de la estructura en este modelo.

Los resultados evidencian mayores derivas en la dirección larga, lo cual es lógico debido a la carencia de vigas en dirección longitudinal, la estructura sólo cuenta con las vigas dintel y el efecto que pueda tener la loza maciza, modelado en esta investigación como una viga plana.

Con respecto a los Modelos 02 y 03, la incorporación de las paredes, tiene un efecto rigidizador que disminuye notablemente las derivas, en ambas direcciones, tanto que en ambos modelos, la estructura se mantiene dentro del rango de derivas permitido.

### 4.16.5.- Conclusiones y Recomendaciones.

Una vez realizado el levantamiento geométrico del Módulo 02 de la Unidad Educativa “Cirilo Alberto” se procedió a la elaboración de los planos arquitectónicos del mismo. Igualmente se realizaron los planos del detallado de los elementos estructurales del Stac Antiguo con base en los planos estructurales de la U.E. “Ezequiel Zamora”, clasificada como Stac, y en las verificaciones llevadas a cabo con el Ferrosan en el módulo estudiado.

Basados en los planos desarrollados y la información recopilada, se elaboraron cuatro modelos matemáticos en los cuales se contempla, en primer lugar, el comportamiento de los elementos estructurales para soportar las cargas gravitatorias y la acción sísmica aplicada a través de un espectro de respuesta y, en segundo lugar, se evaluó la respuesta de la estructura bajo las mismas acciones, pero esta vez considerando el agrietamiento y la pérdida de rigidez de los elementos. Los resultados obtenidos muestran una ligera disminución en el índice Demanda/Capacidad por efecto de la baja de la demanda en el segundo caso, siendo éste el más desfavorable, y un incremento de las derivas en los entresijos debido a la consideración

de las inercias reducidas. En ambos casos la estructura sobrepasa el límite de deriva máxima establecida por la norma COVENIN 1756:2001 para edificaciones del Grupo A, superándola en un máximo de 300% para el modelo de inercia reducida sin tabiquería en la dirección larga, la de menor rigidez, y en 225% en la dirección corta. Estos valores de derivas son independientes del factor de reducción usado.

Posteriormente se elaboraron dos modelos en los cuales se incluyó el efecto de las paredes del módulo. En el primer modelo se consideró la inercia gruesa de los elementos y en el segundo se aplicó el factor de inercia reducida. En ambos modelos se observó una reducción del índice Demanda/Capacidad, por el incremento del cortante resistente que genera el confinamiento de las paredes sobre las columnas, así mismo hubo una reducción en ambos modelos de las derivas máximas, obteniéndose que para ninguno de los modelos fue superado el valor límite de 12%.

Del análisis anterior se puede concluir que la presencia de las paredes beneficia a la estructura reduciendo el índice de demanda capacidad y las derivas máximas. Sin embargo, la falla de algunas columnas gracias a la configuración de la tabiquería será del tipo frágil, ocasionando el colapso repentino de los elementos. Es muy importante destacar que, aunque hubo una reducción del índice demanda capacidad, éste se mantuvo por encima del valor de la unidad (para un factor de reducción de respuesta  $R = 2$ ) y por ello se puede concluir que la seguridad de la estructura del Módulo 02 de la U.E. "Cirilo Alberto" se encontrará comprometida ante una acción sísmica como la indicada por la Norma COVENIN 1756:2001 para las características particulares de esta edificación.

Como se determinó en el análisis realizado en puntos clave de la estructura, con el equipo del IMME y el Ferroskan, el acero transversal en los elementos es deficiente según los requerimientos de la normativa actual. Esto se debe a que la norma con la cual se realizó el proyecto de esta edificación (Norma MOP 1967) sólo señala recomendaciones para el detallado del acero de refuerzo transversal en vigas y columnas adyacentes a los nodos. No es hasta la Norma COVENIN MINDUR 1982, donde se hace hincapié en el vínculo que debe existir entre el análisis y el diseño, especialmente de estructuras de concreto reforzado, insistiendo en el detallado del acero de refuerzo y el confinamiento en los elementos para prevenir la falla frágil de los mismos.

De manera general se puede concluir que las principales deficiencias encontradas en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, realizada a la U.E. "Cirilo Alberto", son de carácter conceptual, entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

- 1- La configuración de la tabiquería: la ubicación de las ventanas y las paredes de ventilación generan alturas libres en la columna produciendo, en algunos casos, el efecto de columna corta. Esta condición tiene las siguientes consecuencias: la primera es que incrementa la capacidad de la estructura, reduciendo el índice de demanda capacidad y, la segunda, a la cual se le debe prestar verdadera atención, es que lejos de ayudar, potencia la fragilidad de la estructura, es decir, que la falla frágil de los elementos ante la acción de un sismo de determinada magnitud será repentina y no dúctil, que es la condición que busca el diseño de edificaciones sismorresistentes actual.

- 2- La falta de confinamiento, debida a la carencia del acero de refuerzo transversal en las zonas nodales, la cual se corresponde con un deficiente nivel de diseño para este tipo de estructuras, con respecto a las exigencias de la norma vigente, genera una limitada capacidad de la estructura para disipar la energía proveniente del sismo.
- 3- Otro aspecto irregular, e importante observado en la edificación del Módulo 02 del Stac Antiguo analizado, es que en la dirección transversal se observa la considerablemente mayor rigidez y resistencia de las vigas, en relación a la de las columnas, generando un efecto, muy negativo y opuesto a lo que se procura en el diseño actual, es decir que la estructura posea vigas fuertes y columnas débiles.

Otro de los objetivos de esta investigación, era el de evaluar la factibilidad de extrapolar los resultados obtenidos, a otras edificaciones escolares Tipo Stac Antiguo, mediante un análisis a factores como, semejanzas entre la geometría de la estructura y las dimensiones de los elementos así como la cantidad de acero de refuerzo en vigas y columnas, entre otros. Esta evaluación no fue posible, porque la Tipología Stac Antiguo, se define gracias a este trabajo, y por tanto FEDE no cuenta con información de otras escuelas con esta tipología, la ubicación y descripción de la mismas es un trabajo que se realizará a futuro, al igual que se ha venido realizando con el resto de las tipologías.

#### Recomendaciones:

En primera instancia y con base en los resultados obtenidos de los modelos analizados con o sin mampostería, se recomienda tomar medidas de adecuación estructural, que sirvan de refuerzo y/o de disminución de los efectos de un movimiento sísmico sobre la edificación; y de esa forma, hacer que la estructura sea más segura y pueda salvaguardar vidas, durante y después del evento sísmico.

Se recomienda separar la tabiquería de los elementos estructurales, para evitar la falla de los mismos por concentración de esfuerzo cortante (falla frágil), permitiendo que la falla del elemento sea dúctil.

Las ventanas existentes se podrían colocar a través de aberturas embutidas en la misma pared y no de columna a columna. Adicionalmente se puede emplear una técnica ya utilizada de reforzamiento, que consiste en la colocación de muros estructurales que aporten rigidez a los pórticos y, de ese modo, garantizar la rigidez necesaria que satisfaga las exigencias de las normas en lo referente a desplazamientos máximos permitidos, disminuyendo así la vulnerabilidad sísmica de la edificación.

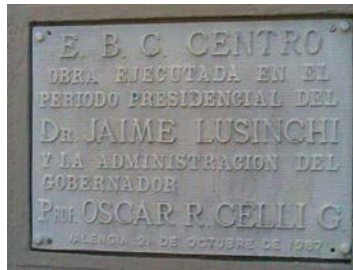
De manera general se recomienda realizar un adecuado mantenimiento y recuperación a la edificación que ya cuenta con deficiencias estructurales además de deterioros como: acero de refuerzo expuesto en losas de pasillos y tuberías que atraviesan elementos, como es el caso de la losa de entrepiso del Módulo 03. Estos problemas lejos de ser de carácter estético, pasan a ser problemas estructurales, comprometiendo la principal función de la edificación, que es resguardar la vida de las personas que hacen uso de ella. Mediante el cumplimiento de las presentes recomendaciones se garantiza una mejora del comportamiento estructural de toda la edificación.

Para finalizar, se recomienda continuar con este tipo de estudios que representan aportes importantes a la línea de investigación nacida recientemente en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, y que ya tiene avances en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela, con el fin de obtener la construcción de escuelas más seguras en el país, o de ser el caso, la rehabilitación de las ya construidas evitando graves pérdidas humanas y económicas, como las ocurridas durante el lamentable hecho del terremoto de Cariaco de 1997.



Anexo.

Levantamiento Fotográfico de la edificación de la U.E. “Cirilo Alberto”,  
ubicada en el Municipio Valencia del Estado Carabobo.



**Anexo 4.16.1.-** La fecha de inauguración del colegio, fue en 1987, sin embargo se construyó entre los años 1982 y 1983.



**Anexo 4.16.2.-** Fotografía Módulo 4, se evidencian las vigas en dirección longitudinal.



**Anexo 4.16.3.-** Viga de apoyo del descanso de la escalera, presente en Módulos 2 y 4.



*a)*



*b)*

**Anexo 4.16.4a y 4.16.4b.-** Acero de refuerzo expuesto en la losa del pasillo que comunica los Módulos 1 y 4.



Anexo 4.16.5.- Agrietamiento en la junta de unión entre el pasillo y el Módulo 4.



a)



b)



c)

Anexo 4.16.6a, 4.16.6b y 4.16.6c. Fachada principal del colegio, coincide con la fachada oeste del Módulo 01. En este módulo, se observa la posible irregularidad de entrepiso débil por la falta de la tabiquería en lo que es la entrada principal. En la planta alta, se ubica la biblioteca, la cual representa una carga elevada, y un peligro para la estructura si el diseño no se realizó tomando en cuenta este importante detalle.



a)



b)



c)

**Anexo 4.16.7a, 4.16.7b y 4.16.7c. Módulo principal visto desde el patio central. En el módulo como tal no se observan fallas a nivel estructural, ni de mantenimiento como en las demás, y es importante destacar que las peores fallas para todos los módulos están en las juntas de dilatación entre ellos y los pasillos que los comunican entre sí, por tanto es en estos lugares donde se observa acero descubierto, grietas, entre otros.**



**Anexo 4.16.8.- Fachada Norte del Módulo 1.**



a)



b)

Anexo 4.16.9a y 4.16.9b. Fachada Sur del Módulo 2.



Anexo 4.16.10.- Módulo N° 2 visto desde patio central del colegio. El efecto de columna corta se encuentra presente en estos módulos, debido a las ventanas intermedias ubicadas en la fachada oeste, y a las paredes de ventilación que se ven en la fachada este, estas paredes tienen una rigidez distinta a la del resto de la pared.



Anexo 4.16.11.- Pasillo que comunica el Módulo 2 con el Módulo 1.





**Anexo 4.16.12.- Fachada oeste del Módulo 2.**



**Anexo 4.16.13.- Junta entre el pasillo y el Módulo 2.**



**Anexo 4.16.14.- Fachada oeste del Módulo 2.**



**Anexo 4.16.15.- Fachada este del Módulo 3.**



**Anexo 4.16.16.-** Parte de la fachada sur del módulo. Este módulo, no tiene escaleras, por lo tanto para acceder a su planta alta, se debe hacer por el pasillo que lo comunica con el Módulo 2.



**Anexo 4.16.17.-** En todos los salones del Módulo 3 se puede ver, como la losa de entrepiso está deteriorada por el paso de un bajante de aguas de lluvia a través de ella.



**Anexo 4.16.18.-** Fachada norte del Módulo 4.



**Anexo 4.16.19.-** Fachada sur del Módulo 4.



**Anexo 4.16.20.- Fachada oeste del Módulo 4.**



**Anexo 4.16.21.- Fachada este del Módulo 4.**

En la fachada oeste se puede apreciar la tabiquería de ventilación, que se encuentra en el área de las escaleras, esta característica es común en los Módulos 2 y 4 que son los que poseen escaleras. En la fachada norte se observa una viga intermedia en planta baja, que sirve de apoyo al descanso de la escalera. En las fachadas que dan hacia el patio central de todos los módulos se aprecia una viga dintel.

#### **OTRAS CARACTERISTICAS GENERALES:**

- Las losas, tanto de entre piso como de techo, son losas macizas.
- En la inauguración del colegio la biblioteca no estaba ubicada en el segundo piso, por tanto se debe considerar la irregularidad de concentración de masas en pisos superiores.
- El mal estado en general se debe a la falta de mantenimiento, esto se evidencia por la existencia de filtraciones y colapso de tuberías de aguas negras, que dicho sea de paso, atraviesan las losas de techo y entrepiso.

#### 4.17.- Evaluación Sismorresistente de la U.E. Manuel Felipe Tovar

##### 4.17.1.- Participantes

- Prof. Clara Alvarado, Investigador UC.
- Br. Wilmer Gil, Tesista de pregrado UC.
- Br. Johan Builes, Tesista de pregrado UC.

##### 4.17.2.- Inspecciones realizadas

U.E. “Manuel Felipe Tovar” (ubicado en la Urbanización “la Viña”, en el municipio Valencia, Edo.Carabobo):

- (11/12/2006) Levantamiento del archivo fotográfico y levantamiento geométrico.
- (15/03/2007) Visita con los representantes del I.M.M.E., para la verificación del acero estructural a través del uso del “ferroscan”.



**Figura 4.17.1.- Identificación del Liceo.**

##### 4.17.3.- Descripción de la edificación

En la sede de MINFRA Carabobo se encontraron una serie de planos de una estructura tipo “Cajetón”. Esta serie contiene planos arquitectónicos y estructurales con fecha de proyecto de 1970 para una zona sísmica tipo 2, los cuales fueron comparados y verificados con la escuela en estudio U.E. Manuel Felipe Tovar, ubicada en la ciudad de Valencia del Estado Carabobo los cuales coincidieron perfectamente con el levantamiento hecho in situ.



**Figura 4.17.2.- Fachada principal (este).**



La información obtenida se ha ido digitalizándola progresivamente, esto incluye los planos arquitectónicos y estructurales de los cuales se dispone a fin de actualizar la mayor cantidad de información posible.

Las escuelas tipo “Cajetón” son estructuras aporricadas de concreto armado construidas según fecha proporcionada por los planos en la década de 1970. Existe información confirmada de dos tipos de estas estructuras: una formada por dos módulos en forma de “C” y separados por una junta de construcción que coincide con la descripción de la U.E. Raimundo Martínez Centeno que colapso durante el sismo de Cariaco de 1997, y otra formada por solo un módulo donde no existen juntas de construcción tal cual es el caso del edificio de la U.E. Manuel Felipe Tovar que es el objeto de investigación de este trabajo.



a) Antes del terremoto  
(Cortesía de E. Castilla)



b) Después del terremoto; aplastamiento  
del primer entrepiso  
(Cortesía de E. Castilla)

**Figura 4.17.3.- Liceo “Raimundo Martínez Centeno”.**



**Figura 4.17.4.- Fachada sur de la U.E. “Manuel Felipe Tovar”.**

La estructura consta de tres niveles identificados como planta baja, primer piso y segundo piso, donde todos los niveles poseen aulas, laboratorios, seccionales y oficinas administrativas (secretarías, coordinación y dirección). Es importante destacar que en la actualidad existe un módulo de dos niveles anexo a la estructura en la fachada posterior del edificio que no es original del proyecto y que fue construido independientemente años después para satisfacer una posible demanda de capacidad o con otros fines administrativos. Para efectos de esta investigación no será tomado en cuenta el módulo anexo y solo se estudiará el edificio principal según lo especificado en el proyecto mostrado por los planos originales.





**Figura 4.17.5.- Módulo anexo conectado al módulo principal en la fachada oeste.**

La estructura cuenta con ocho pórticos transversales separados 7.2m entre sí (identificados con los números del “1” al “8”), seis pórticos longitudinales separados 7.2m y 3.6m (identificados de la “A” a la “F”), con un total de 44 columnas por nivel y todas de sección cuadrada de 40cm x 40cm cuyos ejes poseen continuidad en todos los niveles. Hay que destacar que tanto en la dirección longitudinal como en la transversal todos los pórticos no son continuos, ya que existe un patio central que interrumpe los pórticos “4” y “5” (transversalmente) y “C” y “D” (longitudinalmente), esta situación se repite para los tres niveles. La estructura en dirección longitudinal posee vigas altas de dimensiones 40cm x 70cm para todos los pórticos pero para los pórticos “B”, “C”, “D”, y “E” existe una extensión de la viga en los extremos en forma de cantiléver donde la viga se convierte en plana quedando embutida en la losa con dimensiones 40cm x 25cm. En la dirección transversal todos los pórticos están conformados por vigas planas (embutidas en la losa) de dimensiones 50cm x 25cm. Existen en las fachadas delantera y trasera una viga de amarre en el extremo del cantiléver con dimensiones menores 20cm x 25cm donde va apoyada la tabiquería de bloques de ventilación que forman la fachada del edificio en los pisos superiores. Dicha tabiquería se ayuda a sostener con machones de dimensiones 20cm x 15cm que funcionan como amarre. La altura de los entrepisos de 2.85m en todos los niveles. La planta baja consta de un patio central y pasillos en forma de corredores alrededor de este, ubicando de 5 a 6 aulas de 7m x 6.7m aproximadamente a cada lado, con capacidad para albergar aproximadamente treinta alumnos, dos baños, laboratorios y áreas administrativas. Los niveles superiores están distribuidas de manera parecida, repitiendo siempre la ubicación de los pasillos alrededor de los salones, dos baños laboratorios y zonas administrativas.

La tabiquería existente en todos los niveles está compuesta por bloques de arcilla de 20cm de ancho, donde solo las paredes internas están frisadas por ambas caras con friso de espesor 2.5cm aproximadamente, las paredes se encuentran vinculadas a los elementos estructurales, las aulas de clase y laboratorios poseen ventanas que van de cara a cara de columna sobre paredes de 1.05m de altura, las paredes que limitan con los pasillos poseen en la parte superior una hilera de bloques de ventilación de concreto de altura 20cm. La vinculación de las paredes a las columnas y la presencia de ventanas genera el efecto de “columnas cortas” en los pórticos longitudinales “A” y “F”, otro elemento de mampostería que está presente y que se vincula a los elementos estructurales son los parasoles ubicados a los

laterales del edificio en la zona de la losa que queda en cantiléver, constituidos por bloques de arcilla de 15 cm con friso por ambas caras de espesor 2.5 cm aproximadamente.

Las losas de todos los niveles son losas nervadas de 25 cm de espesor armadas siempre en la misma dirección transversal, aligeradas con bloques de arcilla (piñatas). Las propiedades de los materiales se estimaron de acuerdo a lo indicado en los planos y con una inspección técnica hecha en sitio. El concreto utilizado para los elementos estructurales, según indican los planos del proyecto con fecha de 1970, reflejan una resistencia promedio a compresión de  $200\text{kgf/cm}^2$  en vigas, columnas y losas. La tensión de cedencia del acero utilizado para el armado de vigas y columnas es  $2100\text{kg/cm}^2$  según el proyecto original, pero se observa una nota con fecha de 1974 sobre la modificación en la tensión de cedencia del acero la cual fue elevada a  $2400\text{kg/cm}^2$  que era la mínima exigida por la norma del MOP vigente en ese momento.



**Figura 4.17.6.- Entrada principal (fachada este). Nótese la ausencia de vigas altas en dirección transversal.**



**Figura 4.17.7.- Patio central visto desde el este.**



**Figura 4.17.8.- Corredor del ala norte del 1er. piso, visto desde el este hacia el oeste.**



**Figura 4.17.9.- Pared interior de concreto, separada de las columnas.**



Figura 4.17.10.- Detalle de puerta y ventanas, ala norte.

**RADIOGRAFIAS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES  
“FERROSCAN”**

Nota: dimensión de cuadrícula 15cm x 15 cm.

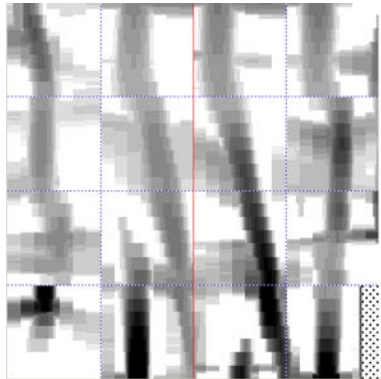


Figura 4.17.11.-Nodo de columna (D6) donde se aprecian 4 barras sin estribos.

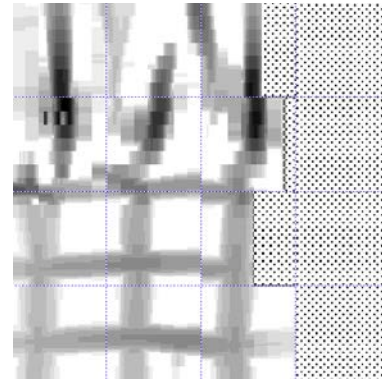


Figura 4.17.12.- Columna (D6) donde se pueden apreciar los estribos a cada 12.5 cm aproximadamente.

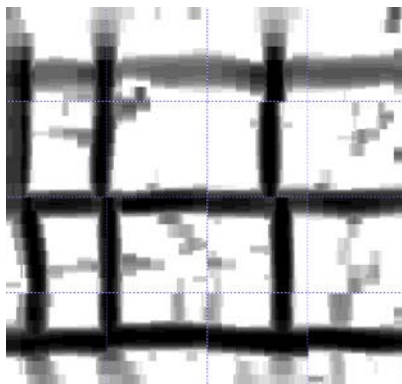


Figura 4.17.13.- Vista inferior de viga plana eje 6, se verificó la disminución de la separación entre ligaduras en las cercanías del nodo.

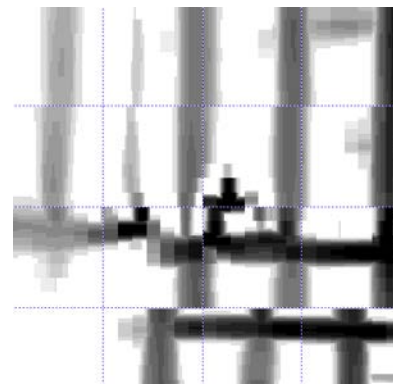
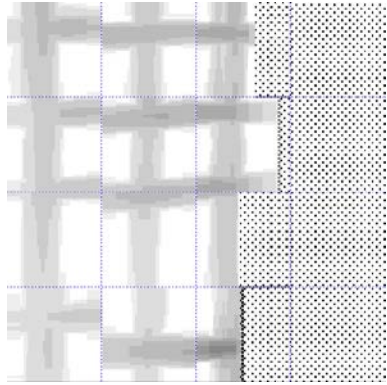
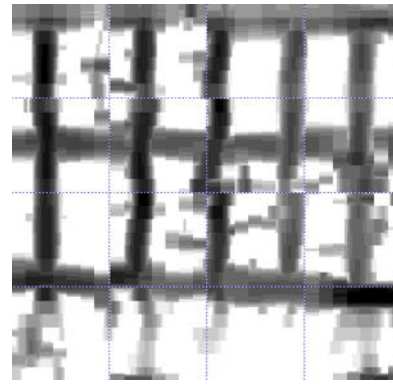


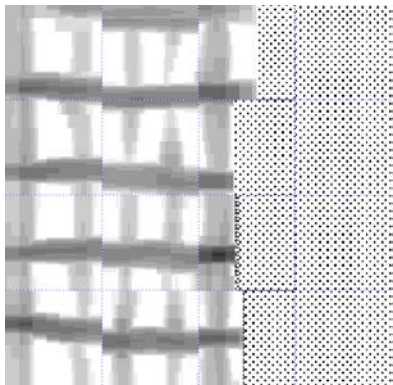
Figura 4.17.14.- Nodo de la columna (C-3), se aprecia la ausencia de ligaduras en el nodo.



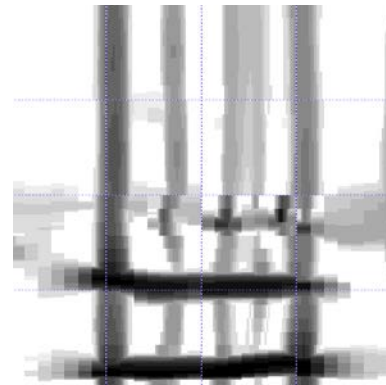
**Figura 4.17.15.-** Columna C3, se puede apreciar la disminución de la separación en los estribos a medida que se acerca al nudo.



**Figura 4.17.15.-** Viga plana del eje 2, ligaduras aproximadamente a 12.5cm de separación.



**Figura 4.17.16.-** Columna B4, se aprecian los estribos separados aproximadamente a 13cm.



**Figura 4.17.17.-** Nudo de columna B4, se aprecia ausencia de ligaduras o estribos en el nudo.

Es importante destacar que todas las radiografías tomadas coinciden de manera muy precisa con lo especificado en los planos del proyecto, lo que indica que lo construido obedece a lo indicado en los planos. Esto permite concluir que la información disponible es confiable.

PLANOS

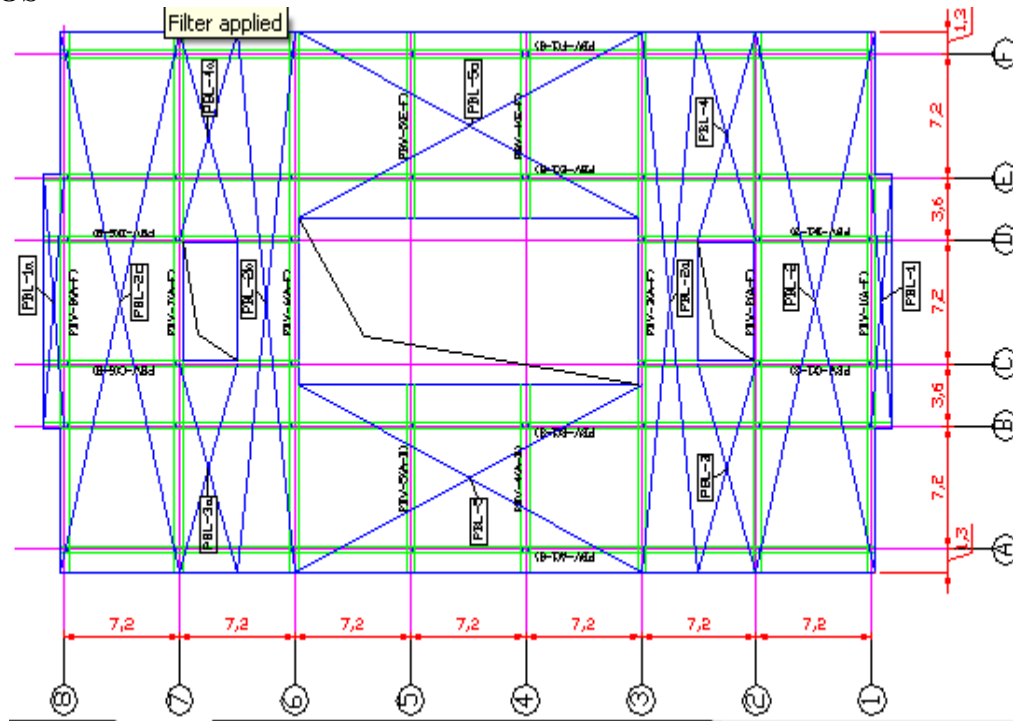


Figura 4.17.18.- Plano de losa planta baja.

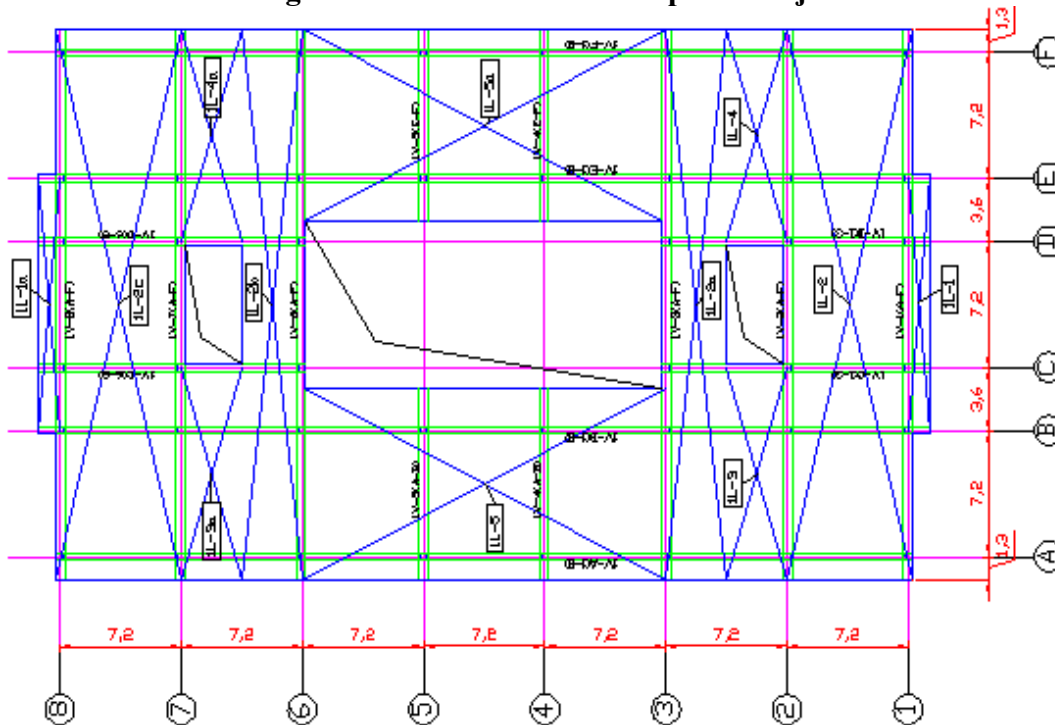


Figura 4.17.19.- Plano losa primer piso.



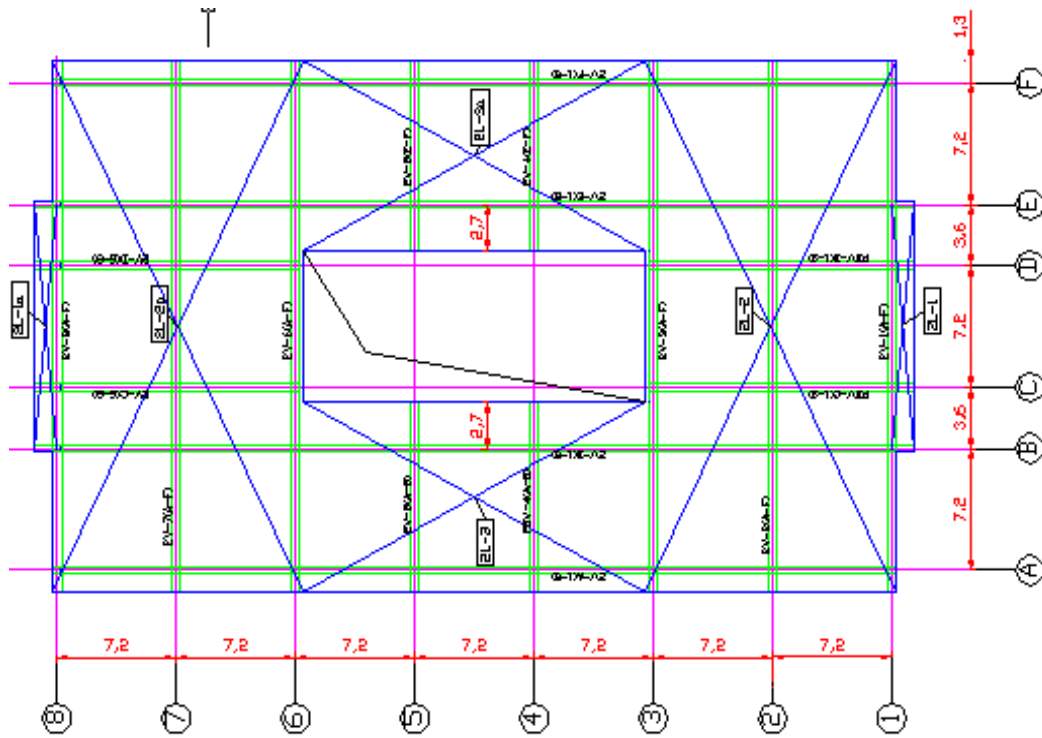


Figura 4.17.20.- Plano de losa segundo piso.

#### 4.18.- Evaluación Sismorresistente de la E. B. Ambrosio Plaza

##### 4.18.1.- Participantes

- Prof. Oscar A. López, UCV.
- Prof. Ricardo Bonilla, UCV.
- Ing. Carlos Lee (Tesista de Postgrado)
- Ing. Abou Firas (Tesista de Postgrado)

##### 4.18.2.- Introducción

El sistema estructural de numerosas escuelas presentes hoy en día en Venezuela es muy similar al de las que fallaron durante el terremoto de Cariaco. Uno de estos sistemas semejantes son los llamados Tipo Antiguo II, construidos entre los años 1950 y 1960, de los cuales se estima que existen aproximadamente un centenar en todo el país. Este estudio tiene como objetivo identificar las características estructurales y arquitectónicas de las Escuelas Tipo Antiguo II, evaluar el nivel de riesgo sísmico presente bajo el marco de las normas vigentes y proponer recomendaciones generales para reducir su vulnerabilidad hasta niveles aceptados en las mismas.

##### 4.18.3.- Descripción de la edificación

No se pudieron localizar planos de estas construcciones hechas hace unos 50 años por lo que se hizo necesario conseguir información directamente en las escuelas existentes. Se realizó un levantamiento exhaustivo en sitio de la arquitectura y estructura de escuelas de Caracas, Guarenas, Santa Lucía y Nueva Esparta, comparándose con la información disponible de otras ubicadas en Mérida, Trujillo y Nueva Esparta, concluyéndose que poseen una gran similitud entre ellas y comprobando su carácter repetitivo. Las escuelas examinadas fueron la “E. B. Ambrosio Plaza” de Guarenas, la “E. B. Miguel Villavicencio” de Caracas, la “E. B. Francisco Espejo” de Santa Lucía, la “E. B. Doctor Luis Ortega” de Nueva Esparta, la “E. B. Nueva Esparta” de Mérida, la “E. B. Samuel Darío Maldonado” y la “E. B. Padre Miguel Lorenzo” ubicada en Trujillo. En la Figura 4.18.1 se observan fotografías del Módulo Principal de las escuelas de Guarenas y Caracas.



**Figura 4.18.1. Fotografías del Módulo Principal de dos escuelas del Tipo Antiguo II, localizadas en Guarenas (foto izquierda) y en Caracas (foto derecha). Fotografías tomadas por Lee y Abou.**

Con la información recopilada se elaboraron planos detallados de la arquitectura (Figura 4.18.2) y la estructura (Figura 4.18.3), además de modelos en tres dimensiones con sus

correspondientes imágenes y videos de animación digital (Figura 4.18.4). Las escuelas Tipo Antiguo II son estructuras aporricadas de concreto armado construidas entre los años 1950 y 1960, formadas por dos módulos contiguos, el Módulo Principal y el Módulo Anexo. Ambos módulos están conectados rígidamente en algunas escuelas (Figura 4.18.3), pero en otras se observaron módulos separados por medio de juntas de construcción.

El Módulo Principal posee dos niveles identificados como Planta Baja y Planta Alta. Este módulo funciona como edificio de aulas y oficinas administrativas (Secretaría, Coordinación y Dirección). El Módulo Anexo consta de un solo nivel, cuya función original aparentemente fue albergar el comedor y la cocina, aún cuando actualmente es utilizado con fines diferentes.

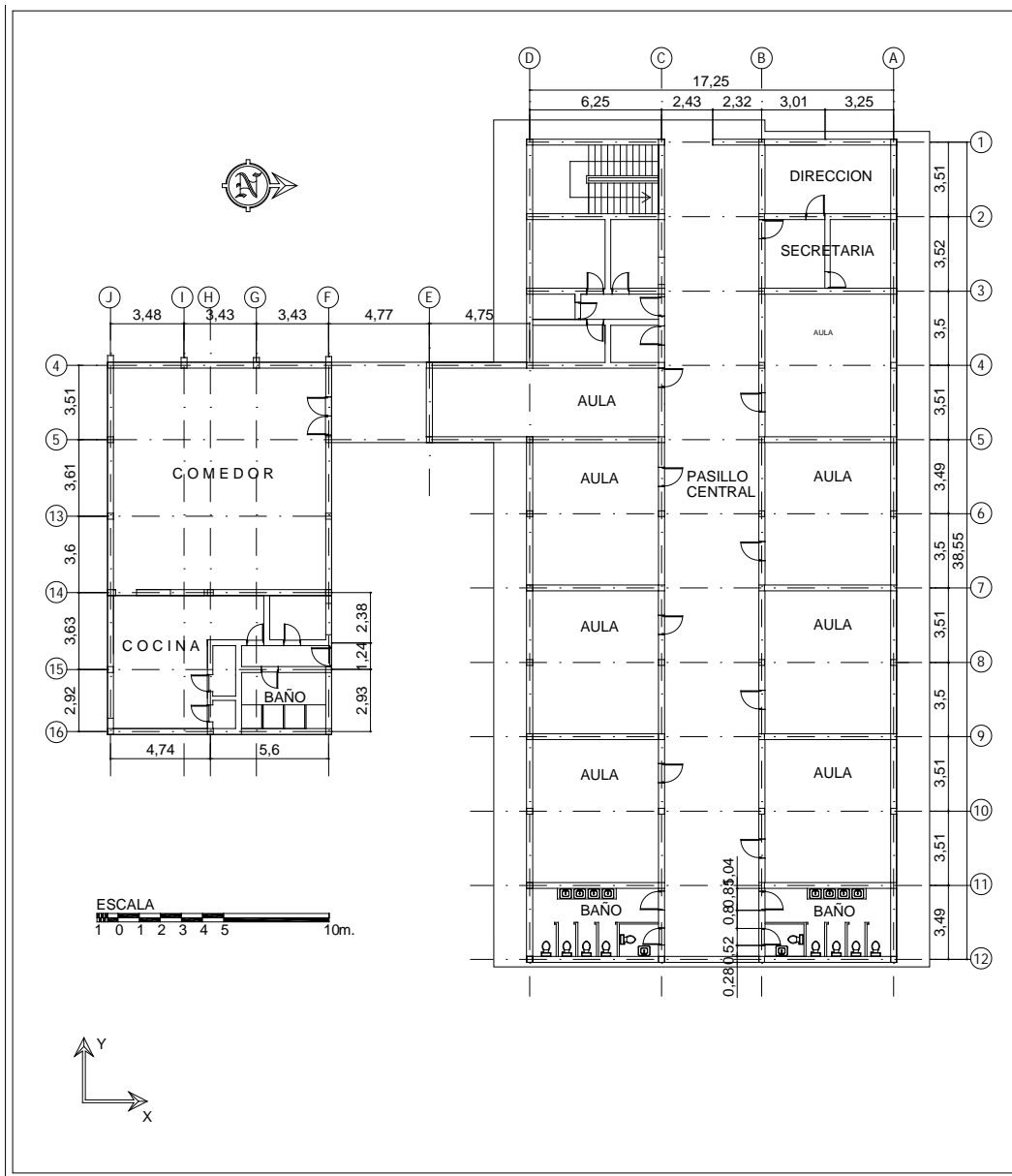


Figura 4.18.2. Plano de arquitectura de la planta baja del edificio.

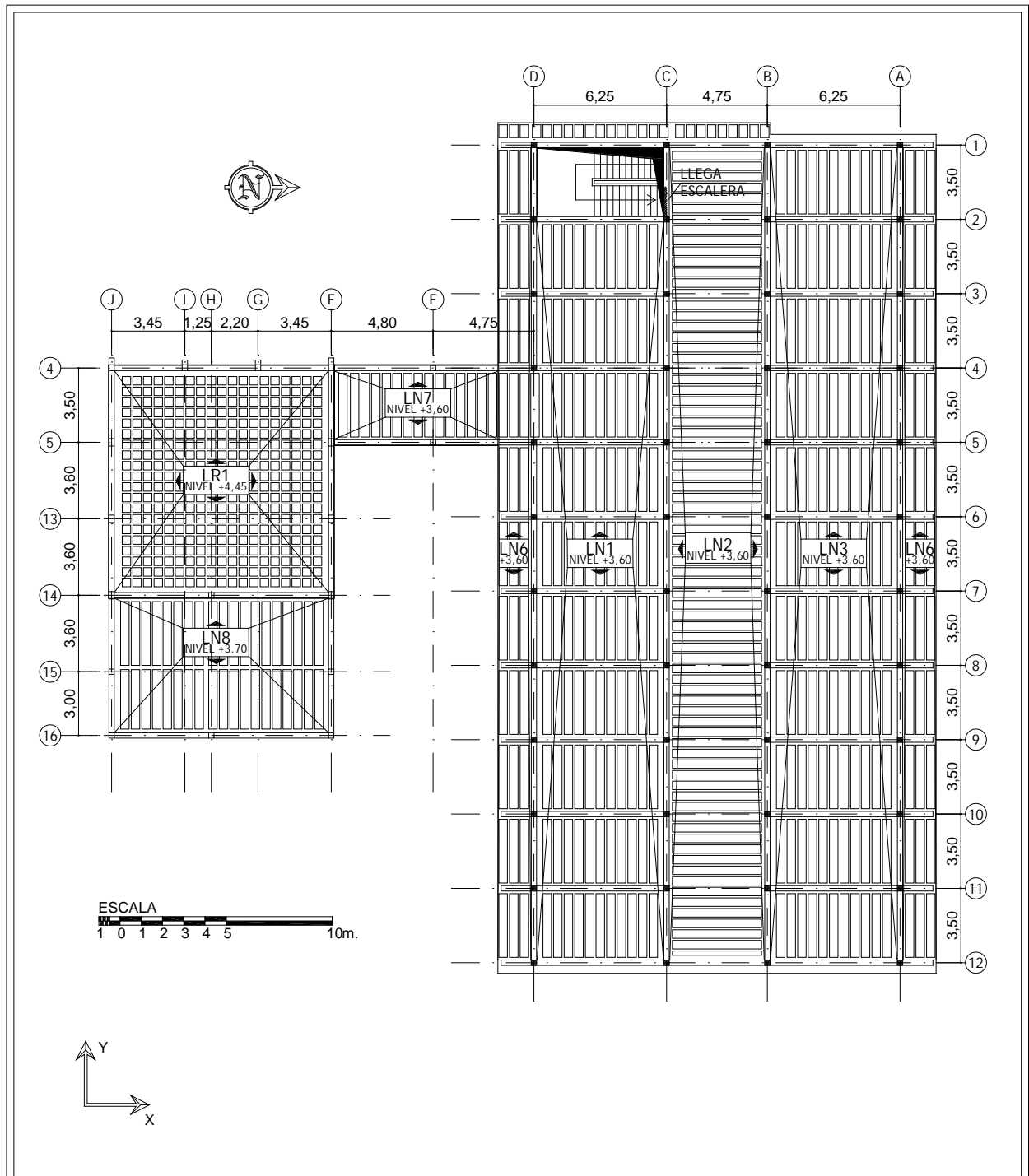


Figura 4.18.3. Plano del envigado de la planta alta. Nótese que el Módulo Principal y el Módulo Anexo están conectados rigidamente.

a).- Módulo Principal

El Módulo Principal cuenta con doce pórticos transversales separados a 3,50 m (identificados del 01 al 12) y cuatro longitudinales separados a 6,25 m y 4,75 m (identificados de la A a la D). En total 48 columnas conforman este módulo, todas con sección cuadrada de 25 cm x 25 cm, cuyos ejes poseen continuidad en todos los niveles (Figuras 4.18.4 a 4.18.6).

La estructura posee vigas altas en la dirección longitudinal, las mismas son de 25 cm x 60 cm. En la dirección trasversal se presentan dos situaciones: en los pórticos extremos (1 y 12) se encuentran vigas altas de 25 cm x 60 cm entre los ejes A-B, B-C y C-D. En los pórticos interiores (2 al 11) estas vigas sólo se encuentran entre los ejes A-B y C-D, es decir, la estructura carece de vigas entre los ejes B-C. En la Planta Alta se detectaron vigas de corona en los pórticos longitudinales A y D que sostienen la tabiquería superior a las ventanas, estas vigas son de 25 cm x 40 cm y están localizadas a un metro por debajo de las vigas principales. La altura de entrepiso de Planta Baja es de 3,60 m. La altura de entrepiso en la Planta Alta es variable, producto de la inclinación de la losa de techo, la cual es a dos aguas; en los tramos externos la altura de entrepiso es igual a 4,40 m disminuyendo en altura hasta llegar a 3,65 m. En el tramo central la altura de entrepiso es uniforme e igual a 3,25 m.

La Planta Baja está constituida por un pasillo central de 4,75 m de ancho, aulas de clase con una capacidad promedio de treinta alumnos por salón y unas dimensiones de 6,00 m x 6,75 m cada una, áreas administrativas, dos baños y un pasillo que comunica el Módulo Principal con el anexo; este pasillo se ha observado en varias ocasiones usado como aula de clase adicional. La Planta Alta consta al igual que la planta inferior de un pasillo central con las mismas dimensiones, aulas de clase con la misma capacidad de las aulas del nivel inferior y dos baños.

La tabiquería existente en ambos pisos de la edificación principal, está compuesta por bloques de arcilla de 20 cm de ancho con un friso en ambas caras de aproximadamente 2,5 cm de espesor. Las paredes no están desvinculadas o separadas de los elementos estructurales. Todas las aulas de clase cuentan con ventanas que van de cara a cara de columna, situadas a 1,20 m de la losa de piso, con dimensiones de 3,25 m de ancho por 1,80 m de altura. Las paredes que separan las aulas del pasillo central poseen en su parte superior, una ventilación formada por dos filas de bloques huecos de ventilación de concreto de 20 cm x 20 cm x 40 cm. La configuración de las paredes generan columnas cortas a todo lo largo de los pórticos longitudinales (Figura 4.18.5): En los pórticos “B” y “C” las columnas son de 0,45 m de longitud, mientras que en los pórticos “A” y “D” son de 1,80 m. En la dirección transversal (Figura 4.18.6) se presentan alternadamente unos vanos con paredes completas, otros sin paredes y otros en donde se generan columnas cortas de longitud igual a 0,80 m en el pórtico 12 y de 1,60 m de longitud en el pórtico 1.

En el Módulo Principal la losa de piso es nervada con un espesor de 25 cm y está aligerada con bloques de arcilla. Entre los ejes A-B y C-D (aulas) la losa está armada en la dirección longitudinal, mientras que entre los ejes B-C (pasillo) la losa está armada en la dirección transversal. La losa de entrepiso posee volados en sus cuatro fachadas. En los volados de las fachadas longitudinales se encuentran en total 21 parasoles de forma trapezoidal compuestos por bloques de arcilla de 10 cm, frisados por ambos lados (Figuras 4.18.1 y 4.18.4). El espesor aproximado de este friso es de 2,5 cm. La Planta Techo es a dos aguas en la mayor parte de su extensión, el agua escurre desde las losas inclinadas hacia un

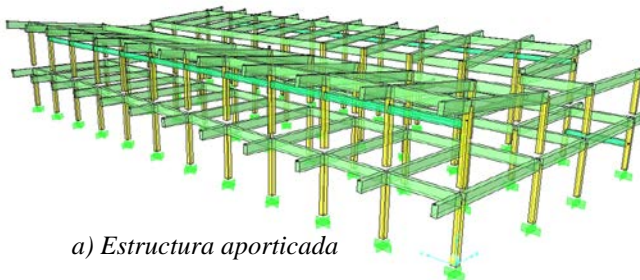


tramo central, el cual a través de una ligera pendiente permite que el agua fluya hacia la fachada oeste. En la Planta Techo se ubican dos estanques elevados de almacenamiento de agua de concreto armado de aproximadamente 10 mil litros de capacidad cada uno, los mismos están ubicados hacia el este del techo de la edificación (Figura 4.18.4b).

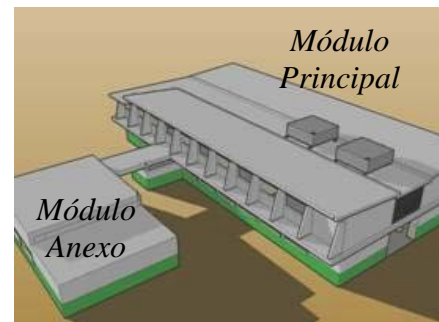
**b).- Módulo Anexo**

El Módulo Anexo posee cinco ejes longitudinales (de la F a la J) y seis ejes transversales (4, 5, 13, 14, 15, 16). En total son 16 columnas de concreto armado, con secciones de 25 cm x 60 cm, 25 cm x 50 cm, 25 cm x 35 cm y de 25 cm x 25 cm. Las vigas perimetrales del anexo son de 25 cm x 60 cm. En la zona perimetral se detectaron vigas de corona que sostienen los sectores de pared que se hallan sobre las ventanas, de sección 25 cm x 40 cm.

El Módulo Anexo está constituido por un comedor de 10,05 m x 10,45 m, una zona de cocina, baño y vestidores de 10,05 m x 6,30 m. La entrada principal de este módulo se encuentra en el pasillo que lo comunica con el edificio de aulas. Posee una entrada secundaria, la cual conduce a la cocina. Las vigas de este pasillo son la extensión de las vigas de los ejes 4 y 5 del Módulo Principal. Las vigas del pasillo sostienen una losa nervada armada en la misma dirección que las losas del Módulo Principal. En el comedor la altura de entrepiso es de 4,45 m, pero en el área destinada a la cocina es de 3,70 m. La losa de techo está armada en ambas direcciones, aligerada con bloques de arcilla. En la zona de la cocina la losa es nervada, armada en la dirección longitudinal, aligerada con bloques de arcilla. Las ventanas del comedor son de cara a cara de columna, las mismas son de 1,80 m de altura y se encuentran ubicadas a 0,38 m de la losa de piso. Las ventanas de la cocina también son de cara a cara de columna, se ubican a 1,60 m de la losa de piso y poseen una altura de 0,80 m. En el Módulo Anexo las paredes son de 30 cm de espesor, constituidas por ladrillos de arcilla de 6 cm x 12 cm x 25 cm frisadas por ambas caras.



a) Estructura aporticada



b) Modulo Principal y Modulo Anexo unidos mediante un pasillo.



c) Modulo Principal, mostrando las escaleras, las paredes y los parasoles

**Figura 4.18.4. Imágenes en tres dimensiones de la estructura y arquitectura del edificio.**

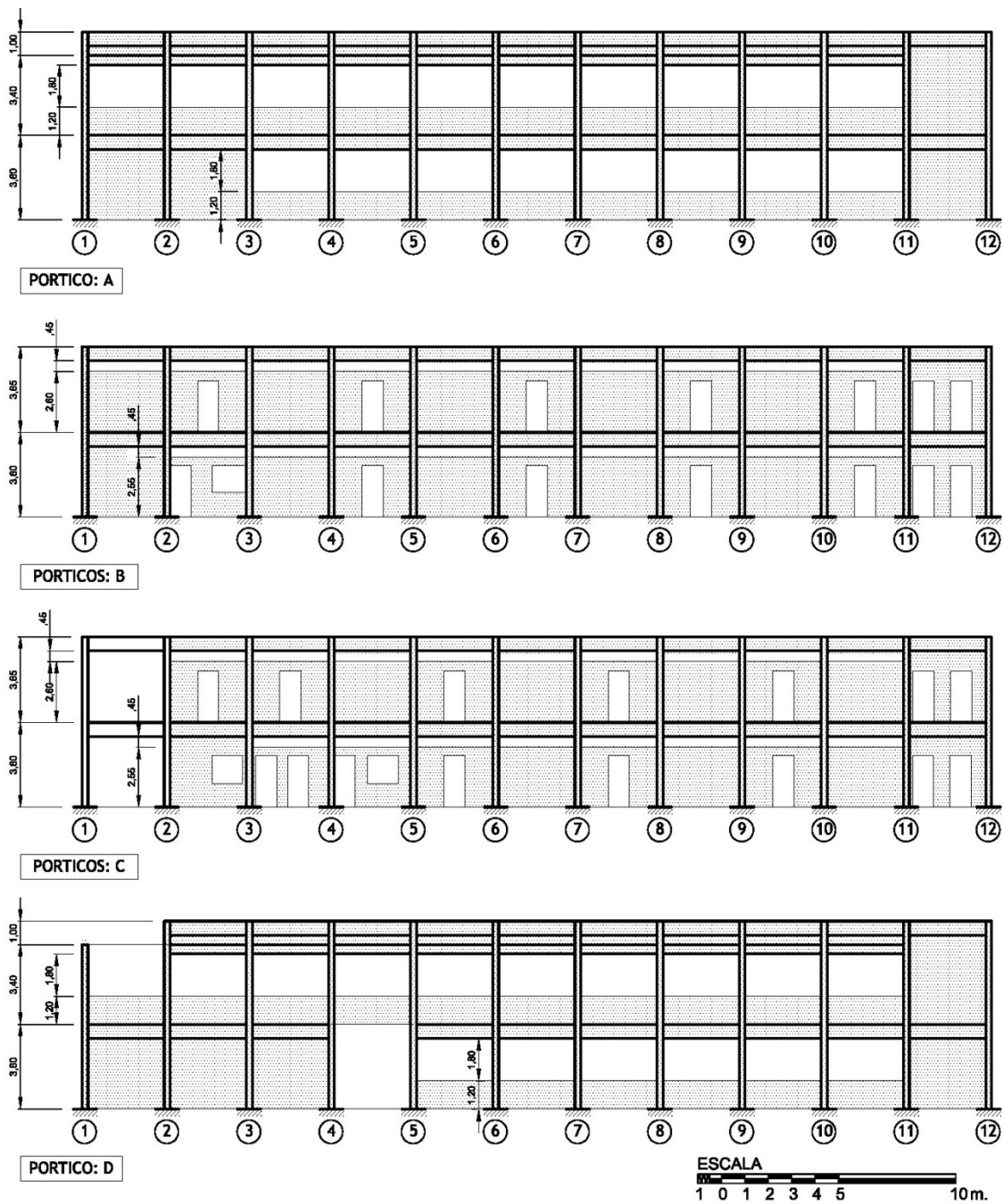


Figura 4.18.5. Pórticos longitudinales (Y) del Módulo Principal mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de las columnas.

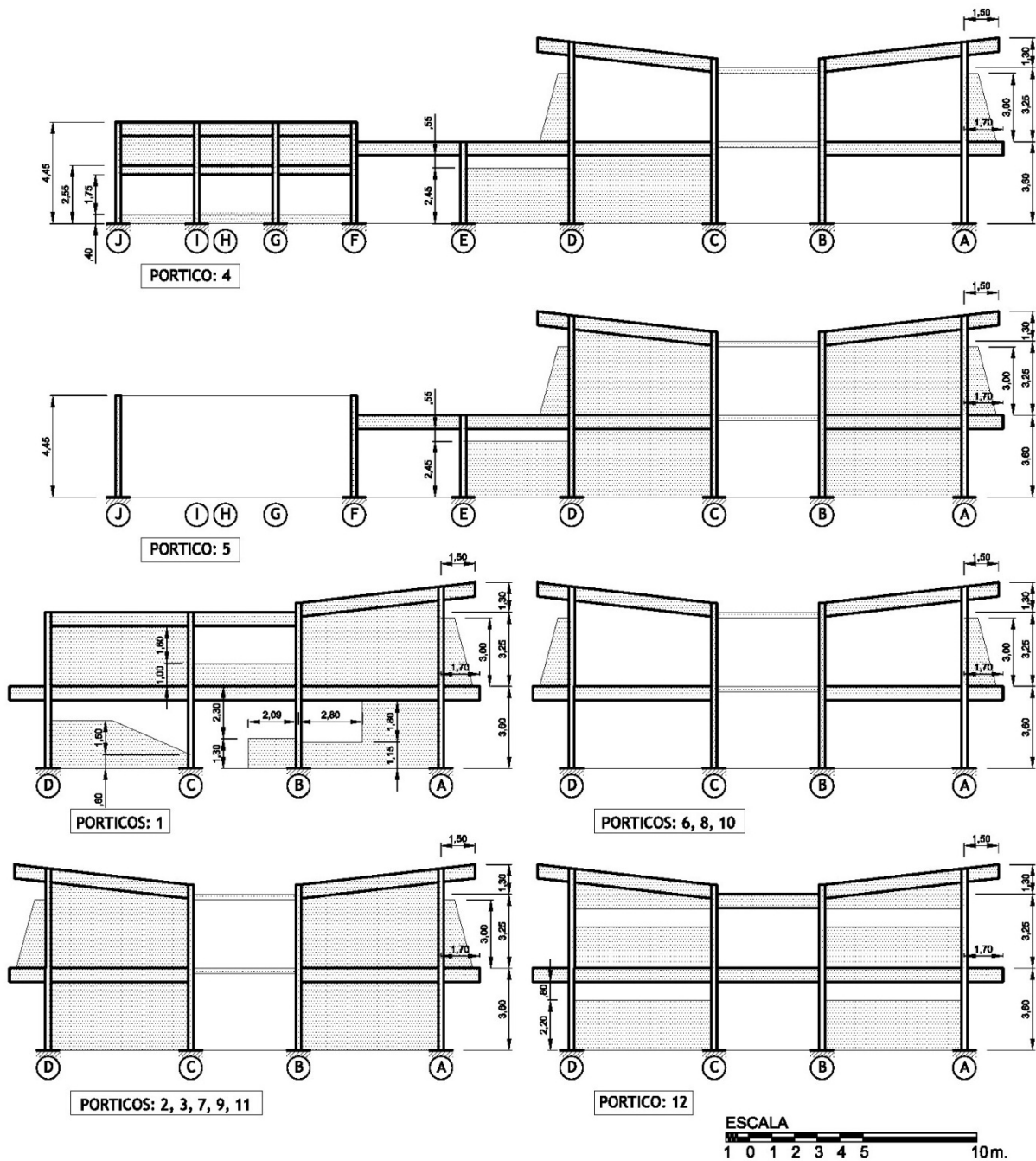


Figura 4.18.6. Pórticos transversales (X) del Módulo Principal mostrando las paredes de mampostería y la longitud efectiva de las columnas.

c).- Materiales

Las propiedades de los materiales se estimaron con base a una recopilación de información correspondiente a edificaciones escolares en Venezuela de similar antigüedad. El concreto utilizado para la construcción de los elementos estructurales se estima con una

resistencia promedio a compresión de 163 Kgf/cm<sup>2</sup>, en vigas, columnas y losas [Del Re, 2006].

El acero utilizado para el armado longitudinal de los elementos estructurales se estima con un límite elástico  $f_y = 2400 \text{ Kgf/cm}^2$  (clasificación A-24) y para el armado transversal  $f_y = 2800 \text{ Kgf/cm}^2$  (clasificación A-28) [Del Re, 2006]. Con base en las exploraciones efectuadas y a la información encontrada de un edificio del mismo tipo, se adoptó un acero longitudinal de 4 cabillas de 5/8" en cada columna; son barras estriadas como se observó en una de las columnas cuyo acero estaba expuesto. El acero transversal presente en columnas (ligaduras) y en vigas (estribos) tiene un diámetro de 3/8" y son barras lisas. Todas las barras de refuerzo transversal, en vigas y en columnas, están separadas 25 cm de eje a eje en toda la longitud de los elementos, valores obtenidos de las mediciones hechas en sitio con el detector de metales. No se detectó la existencia de zonas con menor espaciamiento entre barras de refuerzo transversal. Se consideró un módulo de elasticidad de la mampostería de bloques de arcilla de  $20.000 \text{ Kgf/cm}^2$  y un módulo de elasticidad de la mampostería de ladrillo de  $80.000 \text{ Kgf/cm}^2$  [Fundación ICA, 1999].

#### 4.18.4.-Modelos matemáticos

Con la información recabada se elaboraron modelos detallados de la estructura, incluyendo las paredes de mampostería que están enmarcadas por los pórticos. Las cargas variables nominales se toman de la Norma COVENIN 2002 [COVENIN, 1988], a saber 400 kgf/m<sup>2</sup> en aulas y 300 kgf/m<sup>2</sup> en pasillos. Como cargas variables efectivas durante un sismo se considera el 50% de la carga variable de servicio correspondiente a edificaciones educacionales, de acuerdo con la Norma COVENIN 1756 vigente [COVENIN, 2001]. Se cargó la estructura distribuyendo los pesos propios de losas, paredes, parasoles y la carga variable sobre las vigas correspondientes, incluyendo el peso propio de los elementos estructurales (vigas y columnas). El peso de los tanques fue asignado a las columnas que lo soportan directamente. El peso del edificio es de 1434 toneladas.

Se realizaron seis modelos de la edificación en los que se variaron algunos elementos para evaluar su influencia en las propiedades dinámicas de la estructura. Los elementos a variar son: la presencia o no de la tabiquería, el Módulo Anexo, los parasoles, los tanques y el número de grados de libertad de los diafragmas (Tabla 4.18.1). Los modelos 1 a 5 consideran tres grados de libertad dinámicos (GDL) en cada nivel, por lo que el edificio tiene un total de 6 GDL. El Modelo 6 agrega tres GDL en el Módulo Anexo y otros tres en el pasillo por lo que el edificio tiene un total de 12 GDL.

**Tabla 4.18.1. Modelos matemáticos del edificio.**

MODELO	MODULO ANEXO	TABIQUERIA	TANQUES	PARASOLES	Nº DE GDL
1	NO	NO	SI	SI	6
2	NO	SI	SI	NO	6
3	NO	SI	SI	SI	6
4	NO	SI	NO	SI	6
5	SI	SI	SI	SI	6
6	SI	SI	SI	SI	12

La rigidez adicionada por la tabiquería se incorporó mediante el uso de bielas equivalentes [Paulay y Priestley, 1992]. Las rigideces de las bielas equivalentes fueron comparadas y ajustadas con las obtenidas en modelos con elementos finitos. Se consideró la estructura empotrada en la base en ambas direcciones. Para definir la longitud de los elementos estructurales se consideró un brazo rígido en la junta del 50% para vigas y columnas.

#### 4.18.5.- Acción sísmica

El espectro utilizado para el análisis posee un Coeficiente de Aceleración Horizontal ( $A_0$ ) igual a 0,30 correspondiente a una zona sísmica 5 o de peligro sísmico elevado. El Factor de Importancia ( $\alpha$ ) usado fue de 1,30 por ser edificación educacional (Grupo A). Las respuestas a ambas componentes sísmicas horizontales definidas para el mismo espectro se combinaron con el criterio del 30% [COVENIN, 2001].

Para la selección del Factor de Reducción de Respuesta ( $R$ ) se considera que la capacidad global del sistema para disipar energía es baja. Tomando en cuenta la antigüedad de la construcción (década de 1950) se adoptó un valor de  $R$  igual a 2, el cual se puede asociar a una ductilidad admisible del edificio del mismo orden.

Con el fin de obtener resultados conservadores aplicables en cualquier escuela Tipo Antiguo II, se estudiaron todos los casos de formas espectrales aplicables eligiéndose el tipo de suelo más desfavorable para cada uno de los modelos realizados.

#### 4.18.6.- Respuesta sísmica

Se determinó la respuesta sísmica mediante el Método de Superposición Modal con Tres Grados de Libertad por Nivel descrito en la Norma COVENIN 1756 [COVENIN, 2001]. Los cálculos se realizaron con ayuda del programa SAP2000 [CSI, 2004]. En la Tabla 4.18.2 se presentan los períodos de los seis primeros modos de vibración de cada modelo del edificio. El efecto de la tabiquería en la rigidez global de la estructura, y por consiguiente en el comportamiento dinámico de la misma, es de gran importancia. Comparando los modelos 1 y 2 se observa una disminución del período fundamental de 1,10 a 0,36 segundos al incluir la tabiquería. Los tanques, los parasoles y el número de GDL tienen una influencia menor en los períodos de vibración (Tabla 4.18.2).

**Tabla 4.18.2. Períodos (segundos) de los primeros seis modos de vibración en cada modelo.**

MODELO	MODOS					
	1	2	3	4	5	6
<b>1</b>	1,10	1,0	0,94	0,44	0,39	0,36
<b>2</b>	0,36	0,35	0,27	0,15	0,14	0,10
<b>3</b>	0,36	0,35	0,27	0,15	0,14	0,10
<b>4</b>	0,34	0,32	0,27	0,15	0,13	0,10
<b>5</b>	0,35	0,30	0,24	0,15	0,13	0,11
<b>6</b>	0,35	0,33	0,26	0,16	0,14	0,13



Se determinaron las derivas máximas de cada entrepiso en cada dirección horizontal del edificio (Tabla 4.18.3). En el modelo sin paredes las derivas máximas se encuentran en el orden de 36 por mil, valores que son muy elevados y exceden tres veces el valor límite de 12 por mil impuesto por la norma vigente para edificaciones educacionales. En los modelos con paredes las derivas disminuyen debido al aumento considerable de rigidez ocasionado por el efecto de las paredes de mampostería; estas derivas pasan a estar por debajo de las admisibles, no excediendo el valor de 6 por mil. En el Modelo 5 en el cual se considera el Módulo Anexo conectado al Módulo Principal, se puede observar que el cambio de geometría introduce una disminución apenas perceptible en las derivas máximas de entrepiso, a pesar de la aparición de un importante comportamiento torsional no deseado en la edificación.

**Tabla 4.18.3. Derivas máximas (‰) en cada dirección (X e Y) y en cada entrepiso.**

MODELO	DESCRIPCIÓN	Planta Alta		Planta Baja	
		X	Y	X	Y
1	Estructura sola	23,1	14,8	35,9	30,9
2	+ Paredes	3,8	4,0	5,6	3,4
5	+Paredes + Módulo Anexo	3,9	4,0	3,6	3,7

Se determinó el cociente demanda/capacidad en términos del cortante de cada entrepiso. La demanda de fuerza cortante se determinó utilizando un modelo elástico ( $R=1$ ). Este cociente demanda/capacidad suministra una estimación de la demanda de ductilidad global del entrepiso. La capacidad o cortante resistente fue estimada suponiendo un modo de falla global asociado a la falla individual de todas las columnas del entrepiso en consideración. La fuerza resistente de cada columna es la menor entre las fuerzas cortantes asociadas a una falla dúctil (por flexión) o a una falla frágil (por cortante). La fuerza cortante resistente de cada entrepiso es por tanto la suma de las fuerzas cortantes que resisten sus columnas.

La Tabla 4.18.4 presenta el cociente demanda/capacidad para el edificio sin paredes (Modelo 1), en cada entrepiso y en cada dirección (X e Y). Promediando todos los cocientes se obtiene un valor de 6,3 el cual se puede interpretar como un valor medio de la demanda de ductilidad sobre el edificio. Este valor excede aproximadamente tres veces la ductilidad de 2 que es considerada como admisible para este edificio. Cuando se consideran las paredes dentro de los pórticos (Modelo 2), los resultados cambian sustancialmente como se indica en la Tabla 4.18.5. El cortante resistente aumenta debido al incremento de los cortantes resistentes de las columnas, que al ser bastante más cortas no pueden desarrollar su capacidad a flexión y fallan frágilmente por cortante. Por otro lado la demanda de fuerza cortante sobre las columnas disminuye sustancialmente debido a la presencia de las paredes que toman la mayor parte de la carga lateral. Como resultado, el valor medio de la demanda para ambas direcciones y ambos entrepisos, es aproximadamente 1,4 veces la capacidad. Debe sin embargo destacarse que la estructura aun siendo más resistente por la presencia de las paredes, posee un comportamiento bastante más frágil que la estructura sin paredes.

**Tabla 4.18.4. Cociente Demanda/Capacidad para la estructura sin paredes (Modelo 1); cortantes de entrepiso en cada dirección.**

		DEMANDA (Ton)	CAPACIDAD (Ton)	DEMANDA/CAPACIDAD
Planta Baja	Vx	862	136	6,3
	Vy	975	136	7,2
Planta Alta	Vx	510	107	4,8
	Vy	676	107	6,7

**Tabla 4.18.5. Cociente Demanda/Capacidad para la estructura con paredes (Modelo 2); cortantes en columnas de entrepiso, para cada dirección.**

		DEMANDA (Ton)	CAPACIDAD (Ton)	DEMANDA/CAPACIDAD
Planta Baja	Vx	166	188	0,9
	Vy	446	291	1,5
Planta Alta	Vx	110	234	0,5
	Vy	619	222	2,8

#### 4.18.7.- Conclusiones y recomendaciones

Se ha comprobado la existencia del tipo estructural de edificación escolar denominado Antiguo II, construido hace unos 50 años y constituido por pórticos de concreto armado, el cual posee carácter repetitivo a nivel nacional. En las siete escuelas estudiadas no se hallaron diferencias estructurales ni arquitectónicas significativas. Se comprobó que los tanques elevados al igual que el Módulo Anexo son parte del diseño original de la edificación escolar, y este último puede encontrarse conectado o desconectado del Modulo Principal. Se comprobó la presencia de vigas altas en ambas direcciones de la estructura, con la excepción del paño longitudinal intermedio donde sólo existen vigas en la zona perimetral de la estructura; esto marca una diferencia con otras edificaciones de igual edad que carecen de vigas en una de sus direcciones principales

Las paredes de relleno de 25 cm de espesor están enmarcadas por los pórticos y tienen una gran influencia en la rigidez del edificio, ocasionando una reducción del período fundamental de 1,10 s a 0,36 s. La mayoría de estas paredes generan columnas cortas, potenciando un mayor comportamiento frágil en la estructura que de por sí posee una muy poca capacidad de disipación de energía.

Las derivas máximas del edificio, calculadas para las acciones sísmicas estipuladas en la zona 5 de la norma venezolana vigente, se encuentran aproximadamente tres veces por encima de los valores permisibles cuando se considera la estructura sin paredes. Al incorporar las paredes las derivas cumplen holgadamente las máximas permitidas, demostrando el efecto rigidizador de las mismas.

La relación demanda/capacidad en términos del cortante de entrepiso de la estructura sin paredes, la cual suministra un estimado de la demanda global de ductilidad, excede tres veces el valor considerado como tolerable para esta edificación. Al incorporar las paredes la demanda de cortante en las columnas se reduce sensiblemente y es aproximadamente 1,4

veces la capacidad, aun cuando debe destacarse que a pesar de ser la estructura más resistente su comportamiento pasa a ser indeseablemente más frágil.

Debido al pobre desempeño de los pórticos una posible opción de adecuación estructural consistiría en utilizar las paredes como elementos sismorresistentes, suministrándoles el refuerzo necesario para garantizar su estabilidad y su capacidad de deformación, resolviendo previamente las indeseadas situaciones de columnas cortas.

Aún cuando la masa de los tanques de agua no influye significativamente sobre las propiedades dinámicas y la respuesta global de la edificación, es recomendable sin embargo eliminarlos a fin de disminuir su influencia local en las sollicitaciones sobre las columnas que lo soportan.

El Módulo Principal posee un mejor comportamiento dinámico cuando se encuentra desconectado del Módulo Anexo, por su regularidad y simetría. La conexión introduce una respuesta torsional indeseable por lo que se recomienda su separación tal como existe en otras escuelas del mismo tipo. Para evitar el desprendimiento de trozos o secciones completas de los parasoles durante la ocurrencia de sismos, se recomienda anclarlos adecuadamente a la estructura o en su defecto sustituirlos por elementos más livianos.

#### 4.18.8.-Referencias

- Alonso J., Bermúdez, M. (1998). El Terremoto de Cariaco. Revista CIV 370, pp.17-44.
- CSI (2004). SAP2000 Nonlinear 8.3.3. Estructural Analysis Program. Computer and Structures Inc., Berkeley, California, Estados Unidos.
- COVENIN (1988). Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 2002-88, COVENIN-MINDUR Caracas.
- COVENIN (2001). Edificaciones Sismorresistentes. Norma 1756:2001, MCT-MINDUR-FUNVISIS, Caracas.
- Del Re G. (2006). Evaluación de los Métodos de Análisis Estático No Lineal para determinar el desempeño sísmico en estructuras aporricadas de concreto armado. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería. UCV. Caracas.
- Fundación Ica (1999). Edificaciones de Mampostería para Vivienda. Ciudad de México. México.
- López O. A., Hernández JJ, Del RE G, Puig J. (2004). *Reducción del Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela*. Boletín Técnico IMME Vol.42, N° 3.
- Pauley T., Priestley M. J. N. (1992). Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. John Wiley & Sons, INC.
- Rangel A. (1999). Crónicas de Desastres-Terremoto de Cariaco, Venezuela. Organización Panamericana de la Salud. Quito.

## 4.19 Evaluación y Refuerzo Sismorresistente de la U. E. Luis Alfredo Colomine(2da. Parte)

### 4.19.1.- Participantes

- Prof. Fernando Villalobos (Tutor Académico), UC.
- Prof. Enrique Castilla (Tutor Metodológico), IMME-FI-UCV.
- José A. Quintana (Tesista), UC.
- Paolo Morreale (Tesista), UC.

### 4.19.2.- Objetivos y Alcance

#### Objetivo General

Diseñar un modelo estructural para mejorar el comportamiento sísmico de la Unidad Educativa Luis Alfredo Colomine.

#### Objetivos específicos

- Obtención y verificación de datos geométricos y revisión del comportamiento estructural de la Unidad Educativa Luis Alfredo Colomine.
- Proponer modelos de rehabilitación sísmica.
- Análisis de los modelos de rehabilitación propuestos, mediante el software SAP 2000 V12.
- Selección de un modelo de rehabilitación.
- Concluir en un modelo para la rehabilitación sísmica de la Unidad Educativa Luis Alfredo Colomine.

#### Alcance y Limitaciones

La Unidad Educativa Luis Alfredo Colomine está ubicada en Valencia, Edo. Carabobo y fue construida en el año 1981, mediante un sistema prefabricado de células tridimensionales conocido como sistema Variel el cual, según investigación realizada por los Bachilleres Chang Mayerlin y Sequera Luis titulada “Estimación de la vulnerabilidad sísmica en la Unidad Educativa Colomine en Valencia Estado Carabobo”, se demostró no ser capaz de resistir las demandas causadas por un sismo, ya que la única fuerza que se opone a dichas demandas corresponde a la fuerza de roce que se genera entre los módulos tridimensionales los cuales se posan uno simplemente apoyado sobre el otro para formar un conjunto de cuatro niveles, es decir, la edificación está compuesta por una serie de hileras (una junto la otra) de dicho conjunto de módulos de cuatro niveles. Conociendo que el roce es el único capaz de soportar dicha acción se ha evaluado su efectividad resultando insuficiente por lo que existen desplazamientos relativos entre cada módulo del sistema alterándose la estabilidad de la misma.

Esta investigación se propone como alcance, la formulación de un modelo de rehabilitación sísmica de la Unidad Educativa Luis Alfredo Colomine que garantice la capacidad de soportar las acciones horizontales inducidas por un sismo, planteándose la

importante limitación de no alterar el sistema estructural para cargas verticales existente y garantizando el desplazamiento de cada nivel como un diafragma rígido. Para lograr esto se diseñan una serie de muros posicionados de manera específica, que posteriormente se arriostran en la parte superior mediante vigas en ambas direcciones, con el objetivo de relacionar los desplazamientos de los muros y de esta manera lograr que la estructura se comporte como un solo sistema, creando una compatibilidad de deformaciones relativa a los muros ubicados en paramentos opuestos. Adicionalmente se formulan tres opciones que garanticen el comportamiento de los sistemas de piso como un diafragma rígido, dejando abierta la elección de una de estas propuestas para el momento en el cual se decida llevar a cabo el proyecto de rehabilitación. Aunque se proponen diversos métodos para garantizar dicho diafragma se hace necesaria la aplicación de alguno de ellos conjuntamente con los muros, es decir no se puede obviar la inclusión de una de dichas propuestas en el diseño.

Basados en el tipo de vulnerabilidad determinada en la estructura según la investigación antecesora citada previamente, se concluye que es necesario realizar un modelo de rehabilitación para subsanar las siguientes deficiencias:

- Desplazamientos relativos horizontales entre las losas del sistema Variel impidiendo el comportamiento de diafragma rígido.
- La fuerza de roce es la única encargada de impedir los desplazamientos relativos entre elementos volumétricos.
- Se ha determinado que dicha fuerza de roce es insuficiente para absorber las cortantes sísmicas.
- Este modelo debe ser tal que no altere el funcionamiento por cargas verticales de la estructura constituida por los módulos tridimensionales del sistema Variel ya que a lo largo de su vida útil ha demostrado ser eficiente para acciones o cargas verticales.
- La factibilidad del modelo desde los puntos de vista: Económico, Estructural, Arquitectónico (funcionalidad de la estructura).

#### **4.19.3.- Propuestas de Reforzamiento Estructural**

En el desarrollo conceptual del modelo de rehabilitación hay tres premisas que han gobernado el diseño, las premisas son las siguientes:

- A) El modelo de rehabilitación debe ser tal que no altere el funcionamiento por cargas verticales de la estructura constituida por los módulos tridimensionales del sistema Variel, ya que a lo largo de su vida útil han demostrado ser eficientes para acciones o cargas verticales. Por lo que el sistema de rehabilitación es una estructura totalmente independiente de la edificación, diferenciando así el sistema de cargas verticales al sistema resistente a sismos; en Estados Unidos es muy común este tipo de esquema donde diferentes sistemas estructurales se conciben para soportar diferentes tipos de acciones.
- B) La idea principal es “sostener” la estructura a la hora que sea perturbada por acciones horizontales causadas por los eventos sísmicos y que los elementos que constituyan el modelo de rehabilitación presenten el total de la oposición a las

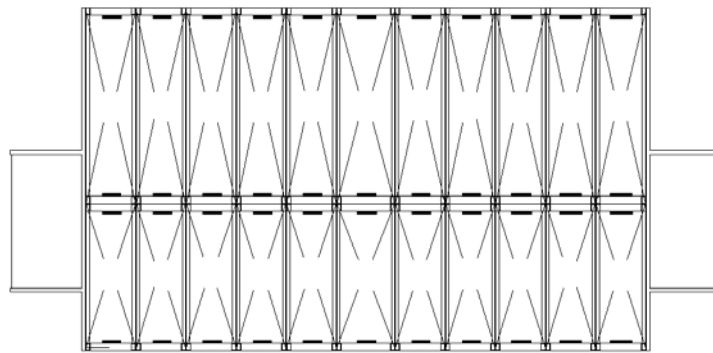


fuerzas generadas por tales acciones, siendo capaz de transmitir dichas acciones al suelo o disipar la energía mediante deformaciones inelásticas.

- C) El modelo debe ser económico y factible sin interrumpir el libre desenvolvimiento de la institución desde el punto de vista funcional.

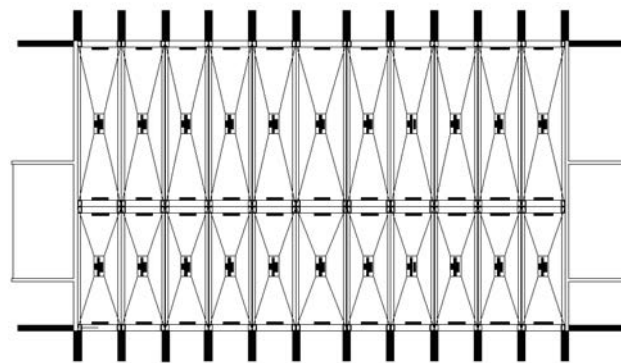
Una vez conocidas estas premisas y el objetivo que debe cumplir el modelo de rehabilitación se genera una primera hipótesis:

**Hipótesis 1:** Se considera la posibilidad de proyectar muros de concreto armado ubicados estratégicamente en cada una de las juntas de construcción existentes en los puntos de contacto entre módulos tridimensionales (ver figura 4.19.1).

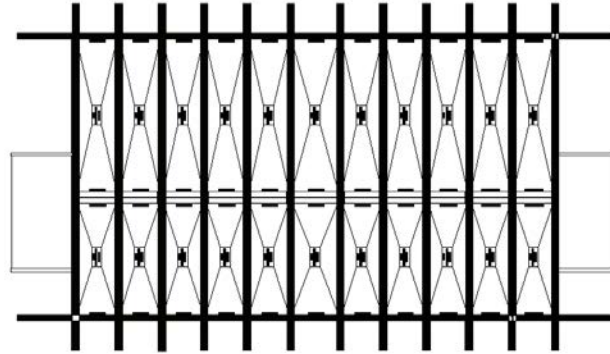


**Figura 4.19.1. Vista de planta tipo torre A, disposición de los módulos Variel.**

En la figura 4.19.1 se aprecia la planta de una de las torres en este caso la torre A donde cada una de las líneas diagonales representan las losas de cada uno de los módulos tridimensionales por lo que es claro que cada módulo está en contacto con el vecino, adicionalmente no existe ningún tipo de vinculación entre módulos por lo que cada punto de contacto representa una junta de construcción, en dichas juntas es donde la primera hipótesis considera que deben ser colocados una serie de muros que permita garantizar las condiciones 1 y 2 expuestas anteriormente, una vez planteada la idea de los muros dispuestos a lo largo de cada junta se decide incorporar la idea de colocar vigas que relacionen a los muros en dirección “X” e “Y”, la idea planteada se observa en las figuras 4.19.2 y 4.19.3.



**Figura 4.19.2. Planta Torre A niveles 1,2 y 3 con primera hipótesis de rehabilitación.**



**Figura 4.19.3. Planta Torre A nivel techo con primera hipótesis de rehabilitación.**

Una vez determinadas las características que presenta la primera hipótesis del modelo de rehabilitación se hizo necesario realizar el diseño preliminar de la misma, considerando el análisis de cargas mostrado en la etapa 1. Este proceso ha sido realizado mediante el método estático equivalente para estimar fuerzas cortantes aproximadas generadas por las acciones sísmicas mostradas en las tablas 4.19.1 a 4.19.3.

**Tabla 4.19.1. Variables de importancia.**

METODO ESTÁTICO EQUIVALENTE	
ZONIFICACION SÍSMICA	FORMAS ESPECTRALES
ZONA 5	FORMA S2
Ao = 0.30	FACTOR CORRECCIÓN= 0.95

R	T* (seg)	To(seg)	T+ (seg)	Ta(seg)	Ad (g)
4	0.7	0.175	0.175	0.36	0.24

**Tabla 4.19.2. Cortantes sísmicos por nivel en la Torre A.**

NIVEL	Wi (tf)	Hi (m)	Wi*Hi	Fi (Kgf)	Vi(Kgf)
TECHO	455.04	14	6370.60	85954.54	85955
N3	964.70	10.5	10129.39	116396.9	202351
N2	964.70	7	6752.93	77597.92	279949
N1	964.70	3.5	3376.46	38798.96	318748

**Tabla 4.19.3. Dimensiones requeridas de muros en la torre A en dirección Y.**

NIVEL	Vi(Kgf)	d (cm)
TECHO	3581.44	8.55
N3	8431.31	20.12
N2	11664.56	27.84
N1	13281.18	31.70

Es importante señalar que fueron considerados 24 muros de 50 cm de espesor. Por tratarse de la primera hipótesis de rehabilitación y que las dimensiones mostradas en la tabla 4.19.3 han sido determinadas partiendo de la resistencia al cortante que presentan los elementos de concreto armado, a continuación se presenta un ejemplo de cálculo:

$$V_c = d * b * 0.53 \sqrt{f'c} \quad (4.19.1)$$

Esta permite determinar la resistencia teórica al corte de un elemento de concreto armado, partiendo de esta será despejada la variable “d” que corresponde a la altura útil de la sección transversal del muro,  $V_c$  se considera igual al cortante que actúa en el nivel y la resistencia a compresión del concreto es  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .

$$d_{techo} = \frac{85995}{24 * 50 * 0.53 \sqrt{250}} = 8.54 \text{ cm} \quad (4.19.2)$$

Este valor puede ser inspeccionado en la Tabla 4.19.3 como la dimensión de muro requerida para el nivel techo, en la Tabla 4.19.4 se presentan las dimensiones de los muros de la misma torre pero en dirección X, por lo que el número de muros se ve disminuido pero mantienen el mismo espesor de 50 cm.

**Tabla 4.19.4. Dimensiones requeridas de muros en la torre A en dirección X.**

NIVEL	$V_i(\text{Kgf})$	d (cm)
TECHO	21488.63	51.29
N3	50587.85	120.73
N2	69987.33	167.03
N1	79687.07	190.18

Análisis de hipótesis 1: Se puede concluir sobre la hipótesis 1 como un posible modelo a ser analizado formalmente, consistente de un conjunto de 24 muros dispuestos en dirección X, divididos en 12 muros por fachada, y 4 muros dispuestos en dirección Y, divididos en 2 muros por fachada, con las siguientes dimensiones:

$B = 50 \text{ cm}$  (ancho del muro en dirección de la fuerza cortante).

$d = 40 \text{ cm}$  (altura de la sección transversal del muro).

La altura  $d = 40 \text{ cm}$  se determinó redondeando el máximo valor de las “d” requeridas calculadas en la tabla 4.19.3, ya que para el nivel 1 se exige una  $d = 31 \text{ cm}$ , este valor fue llevado a  $40 \text{ cm}$  considerando el recubrimiento y adicionalmente por razones de redondeo para darle mayor factibilidad constructiva. Las dimensiones de los muros deben ser ajustadas, para cumplir con los requerimientos dimensionales expuestos por la norma COVENIN 1753-2006 en su artículo 14.2.1:

El espesor mínimo de un muro estructural no será menor que la mayor de las siguientes dimensiones:

**a.** 10 cm;

**b.** El menor entre los valores que resulten de  $L_n/25$  y  $L_w/25$ .

Donde  $L_n$ , es la altura libre del muro o segmento, y  $L_w$ , es la longitud del muro o del segmento considerado, medido en la dirección de la fuerza cortante.

De este artículo se obtiene lo siguiente:

$$L_n/25 = 0,56$$

$L_w/25 =$  no aplica porque  $L_w$  es el espesor propiamente dicho.

Según este artículo el espesor mínimo que debe tener el muro es de 0,56 m pero por razones arquitectónicas es necesario mantener 0,50m, posteriormente se proporcionaría algún tipo de arriostramiento para disminuir  $L_n$  y así poder colocar un espesor de 0,50.

Luego, para determinar la altura mínima de la sección transversal del muro permitida por la norma se lleva a cabo la siguiente relación tomada del artículo 18.4.2 donde se expresa que el lado menor dividido entre el lado mayor no debe ser menor que 0,40 para considerar el elemento estructural como una columna. Partiendo de dicha relación, se consideró el inverso de la misma para clasificar al elemento estructural como un muro y no como una columna, es decir, el lado menor dividido entre el lado mayor de la sección transversal, no debe ser mayor a 0,40 para que el elemento sea considerado un muro. Por lo tanto la altura mínima es:

$$b = 0,50.$$

$$\frac{b}{h} \leq 0,40.$$

Despejando la altura de esta relación y llevándola al límite se obtiene  $h = 1,25$ .

Comparando las alturas de la sección transversal “h” mínima requerida por la norma y la exigida por el predimensionado y considerando las cortantes sísmicas se obtiene lo siguiente:

$$h_{min} = 1,25m.$$

$$h_{pred} = 0,40m.$$

Se puede observar la ineficiencia de la hipótesis al comparar los valores de las dimensiones mínimas requeridas y obtenidas en el predimensionado, ya que es necesario colocar un valor de altura 3 veces mayor al requerida solo por exigencias normativas para garantizar el comportamiento del muro. Debido a esto se rechaza la hipótesis 1 para ambas torres ya que este problema se reflejaría incluso en la torre B. Partiendo de esta situación se analiza la posibilidad de optimizar la hipótesis para dar origen a una segunda.

**Hipótesis 2:** Se considera la posibilidad de proyectar muros de concreto armado ubicados alternadamente en algunas de las juntas de construcción existentes en los puntos de contacto entre módulos tridimensionales y, adicionalmente, se garantizará el diafragma rígido mediante un cinturón de acero o viga que rodee el perímetro de la edificación confinando así aquellos módulos que no se vinculen directamente a los muros (ver figura 4.19.4). Esta disminución del número de muros se realiza con la finalidad de obtener una “d” requerida (altura útil de la sección transversal del muro) mayor, para así disminuir la gran diferencia entre las dimensiones mínimas normativas y la requeridas por el predimensionado discutidas en la hipótesis 1.

Para el desarrollo de esta hipótesis es requerido aumentar las dimensiones de los muros debido a la disminución del número de ellos, por lo tanto el cortante sísmico se distribuye de manera distinta, castigando aún más a los mismos. En las tablas 4.19.5 a 4.19.7 se exponen las tablas de los cortantes y dimensiones de los muros de la Torre B.

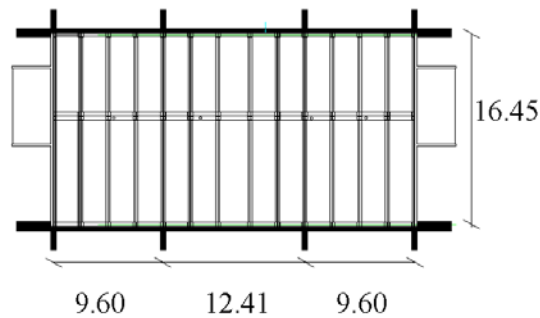


Figura 4.19.4. Planta Torre B niveles 1,2 y 3 con segunda hipótesis de rehabilitación.

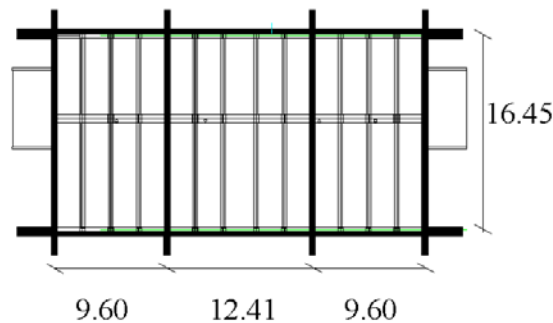


Figura 4.19.5. Planta Torre B nivel techo con segunda hipótesis de rehabilitación.

Tabla 4.19.5. Cortantes sísmicos por nivel en la Torre B.

NIVEL	Wi (tf)	Hi (m)	Wi*Hi	Fi (Kgf)	Vi(Kgf)
TECHO	449.28	14	6289.96	101582.64	101583
N3	952.49	10.5	10001.17	137559.94	239143
N2	952.49	7	6667.45	91706.63	330849
N1	952.49	3.5	3333.72	45853.31	376703

Tabla 4.19.6. Dimensiones requeridas de muros en la torre B en dirección Y.

NIVEL	Vi (Kgf)	d (cm)
TECHO	12697.83	30.30
N3	29892.82	71.34
N2	41356.15	98.70
N1	47087.82	112.38

Tabla 4.19.7. Dimensiones requeridas de muros en la torre B en dirección X.

NIVEL	Vi (Kgf)	d (cm)
TECHO	25395.66	60.61
N3	59785.64	142.69
N2	82712.30	197.40
N1	94175.63	224.76

Se plantea por hipótesis 2 un conjunto de 8 muros dispuestos en dirección Y, divididos en 4 muros por fachada, y 4 muros dispuestos en dirección, X divididos en 2 muros por fachada, con las siguientes dimensiones (Torre B, dirección Y):



$B=50\text{cm}$  (ancho del muro en dirección de la fuerza cortante).

$d=150\text{cm}$  (altura de la sección transversal del muro)

La altura  $d=150\text{cm}$  fue determinada redondeando el máximo de las “d” requeridas calculadas en la tabla 4.19.6, ya que para el nivel 1 exige una  $d=112.38\text{cm}$ , este valor fue llevado a  $150\text{cm}$  considerando el recubrimiento y adicionalmente por razones de redondeo para darle mayor factibilidad constructiva. Las dimensiones de los muros deben ser ajustadas, para cumplir con los requerimientos dimensionales expuestos por la norma COVENIN 1753-2006 en su artículo 14.2.1.

El espesor mínimo de un muro estructural no será menor que la mayor de las siguientes dimensiones:

a.  $10\text{ cm}$ ;

b. El menor entre los valores que resulten de  $L_n/25$  y  $L_w/25$ .

Donde  $L_n$ , es la altura libre del muro o segmento, y  $L_w$ , es la longitud del muro o del segmento considerado, medido en la dirección de la fuerza cortante.

De este artículo se obtiene lo siguiente:

$$L_n/25 = 0.56$$

$L_w/25 =$  no aplica porque  $L_w$  es el espesor propiamente dicho.

Según este artículo el espesor mínimo que debe tener el muro es de  $0.56\text{ m}$  pero por razones arquitectónicas es necesario mantener  $0.50\text{m}$ , posteriormente se proporcionaría algún tipo de arriostramiento para disminuir  $L_n$  y así poder colocar un espesor de  $0.50$ .

Luego, para determinar la altura mínima de la sección transversal del muro permitida por la norma se lleva a cabo la siguiente relación tomada del artículo 18.4.2 donde se expresa que el lado menor dividido entre el lado mayor no debe ser menor que  $0.40$  para considerar el elemento estructural como una columna. Partiendo de dicha relación, se consideró el inverso de la misma para clasificar al elemento estructural como un muro y no como una columna, es decir, el lado menor dividido entre el lado mayor de la sección transversal, no debe ser mayor a  $0.40$  para que el elemento sea considerado un muro. Por lo tanto la altura mínima es:

$$b = 0,50\text{m}.$$

$$\frac{b}{h} \leq 0,40.$$

Despejando la altura de esta relación y llevándola al límite se obtiene  $h=1.25\text{m}$ .

Comparando las alturas de la sección transversal “h” mínima requerida por la norma y la exigida por el predimensionado considerando las cortantes sísmicas se obtiene lo siguiente:

$$h_{\text{min}} = 1.25\text{m}. \text{ (Altura mínima normativa)}$$

$$h_{\text{pred}} = 1.12\text{m}. \text{ (Altura del diseño preliminar)}$$

Se puede observar la eficiencia de la hipótesis 2 al comparar los valores de las dimensiones mínimas requeridas y las obtenidas en el predimensionado, ya que son valores

bastante cercanos siendo la altura mínima 1.11 veces la altura determinada por el diseño preliminar.

Una vez encontrado un resultado satisfactorio para la dirección Y de la torre B se procede de igual manera en la dirección X de la misma torre y ambas direcciones de la torre A donde finalmente los resultados obtenidos en el diseño preliminar de la hipótesis 2 son los mostrados en las tablas 4.19.8 y 4.19.9.

**Tabla 4.19.8. Resultados del predimensionado de la hipótesis 2 torre A.**

Torre A		
Dimensiones	Muros en X	Muros en Y
B (m)	0.80	0.50
h (m)	2.00	1.00

**Tabla 4.19.9. Resultados del predimensionado de la hipótesis 2 torre B.**

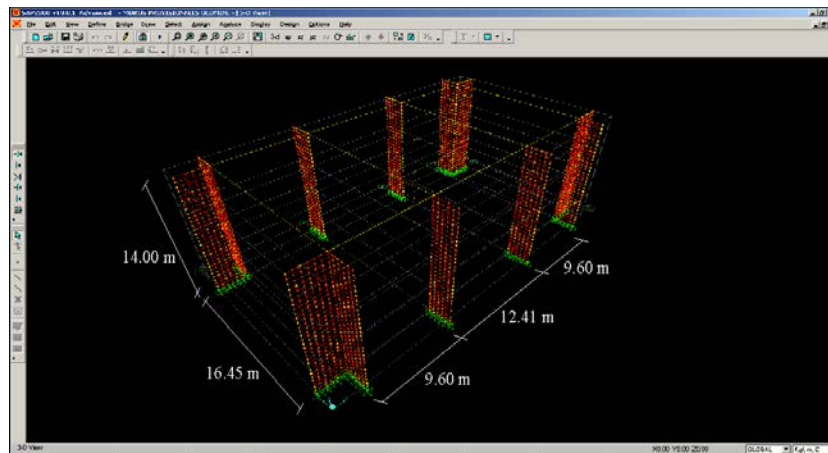
Torre B		
Dimensiones	Muros en X	Muros en Y
B (m)	0.80	0.50
h (m)	2.50	1.50

#### 4.19.4.- Análisis y Diseño

Elección de software, método de análisis sísmico y concepción del modelo matemático:

Partiendo de los resultados expuestos en las tablas 4.19.8 y 4.19.9 se continúa con el análisis estructural refinado mediante el software Sap2000 v12. Primeramente es necesario definir el método de análisis a utilizar, para este caso se ha decidido por el método de análisis dinámico espacial de superposición modal con tres grados de libertad por nivel, especificado en la norma COVENIN 1756:2001 en su artículo 9.6. Una vez determinado el método de análisis y el software de cálculo, se procede a la concepción del modelo matemático, en el cual los muros estructurales serán modelados con las características determinadas en el predimensionado de la hipótesis 2 (ver tablas 4.19.8 y 4.19.9) mediante elementos finitos utilizando secciones área tipo *shellthin* particionadas de forma cuadrada en elementos de 50x50cm, para completar las dimensiones de base altura y espesor antes dichas. Para el caso de las vigas se ha creado un elemento tipo *framesection* con sección transversal rectangular y constante de las dimensiones obtenidas en el predimensionado dando como resultado una b=40cm y h=100cm cumpliendo con los requerimientos de la norma.

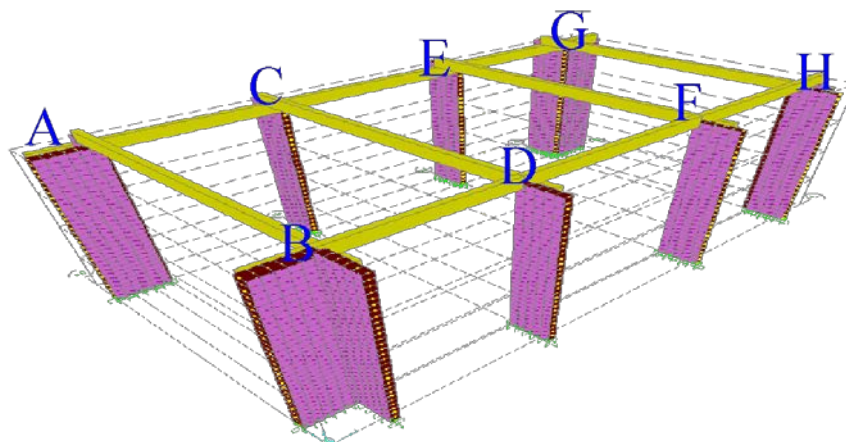
Posteriormente se ha incluido cada uno de estos elementos dentro del sistema coordinado o malla el cual tiene las características mostradas en la figura 4.19.6.



**Figura 4.19.6. Imagen del modelo matemático torre B software SAP 2000 v12.**

En la figura 4.19.6 se aprecia la separación bajo la cual se están considerando los muros, recordando que se trata de la hipótesis 2. Es importante señalar que el primer cálculo será realizado para la torre B la cual presenta mayor masa por lo que todo el análisis que se desarrolla a continuación se refiere a dicha estructura.

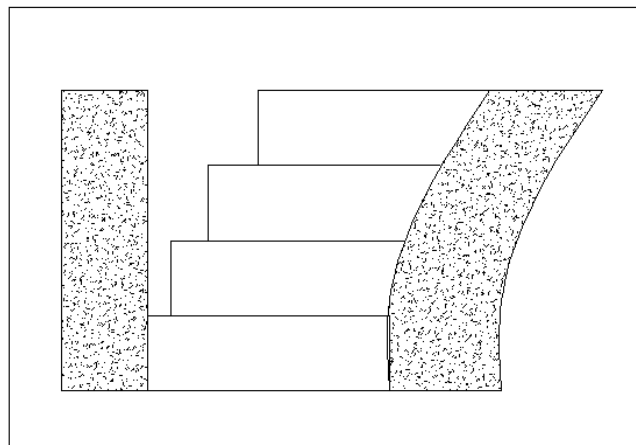
Una vez creada la malla en el software y modelados todos los elementos estructurales, se procedió a crear juntas especiales las cuales están ubicadas en el centro de masas de la estructura, que a su vez se sitúa en el centro geométrico de cada planta. A estas juntas especiales se les colocó la masa de la planta considerando el mismo valor de masa tanto para la dirección X como para la Y. Adicionalmente se colocó un momento polar de inercia en dirección Z. Una vez cargada esta información se procedió a vincular la estructura interna y externamente otorgándole un diafragma rígido a cada nivel para cumplir con la hipótesis de cálculo exigida por el método de análisis seleccionado el cual está especificado en la norma COVENIN 1756:2001, posterior a esto se relacionaron los desplazamientos del nivel techo de todos los muros que estuviesen alineados (véase la Fig. 4.19.7).



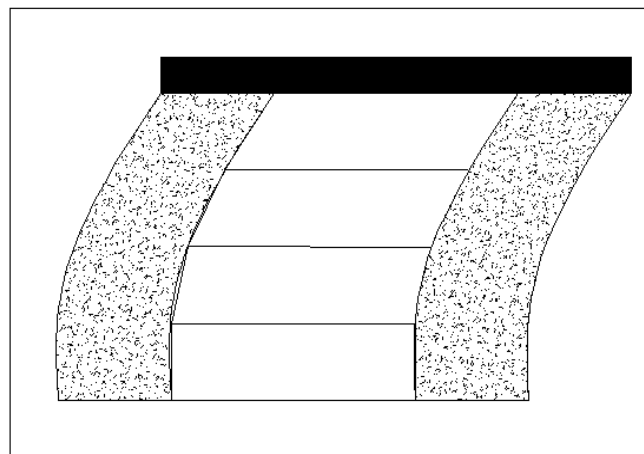
**Figura 4.19.7. Nodos clasificados por letras torre B.**

Mediante el comando *constraint, equal* se relacionan los desplazamientos de los muros alineados, es decir, los nodos A y B se desplazarán de la misma manera en dirección Y al igual

que los nodos C y D, E y F, G y H (véase la figura 4.19.7). Recíprocamente en la dirección X ocurre esta vinculación relativa en los nodos B y H, A y G. De esta manera se está simulando el comportamiento de la estructura apoyando la hipótesis de diafragma rígido, impidiendo el desplazamiento relativo entre la estructura de rehabilitación y la edificación como tal, esto se entiende de mejor manera si se piensa en la posibilidad de que la masa de la estructura de la unidad educativa constituida por los módulos del sistema Variel se desplazara toda en una misma dirección y en un mismo sentido, traduciéndose así en un efecto de empuje para aquellos muros que se encuentren del lado del desplazamiento, aumentándose la fuerza normal de contacto existente entre estos y la estructura, por lo contrario el efecto sobre los muros que se ubican en la otra cara de la estructura tienden a perder dicha fuerza normal (véase las figuras 4.19.8 y 4.19.9).



**Figura 4.19.8. Desplazamiento unidireccional de la masa para un modelo sin viga.**



**Figura 4.19.9. Desplazamiento unidireccional de la masa para un modelo con viga.**

Referente a las vinculaciones externas se ha decidido articular cada uno de los elementos finitos que comparten relación con tierra restringiendo los desplazamientos y permitiendo los giros de cada uno de ellos para generar el comportamiento global de empotramiento del muro en tierra.

Análisis Estructural, comprobación y ajuste del modelo:

Luego de obtener los valores de las dimensiones definitivas del predimensionado, se realizó el análisis estructural y se calcularon los desplazamientos de las juntas para posteriormente calcular las derivas en X e Y; cabe señalar que éstas han sido calculadas con el total de la carga sísmica en cada dirección de estudio sin combinación alguna, es decir, para deriva en X se tomaron en cuenta los desplazamientos de junta causados solo por sismo en X y en Y se hizo de manera análoga.

Se observó que la estructura presenta mayor desplazamiento en dirección U2 para el caso de sismo Y, en vista de este suceso se decidió determinar solo los valores de deriva para ese caso de carga y en esa dirección, para iniciar un proceso de chequeo (véase la tabla 4.19.10).

**Tabla 4.19.10. Cálculo de derivas y desplazamientos relativos por nivel.**

Nivel	Desplazamiento U2 del diafragma (cm)	$\Delta$ cm	h cm	$\delta$ por mil	$\delta \cdot 0.8 \cdot R$ Requerimiento ductilidad por mil	$\Delta$ cm
Nivel4	1.473	0.745	3.500	2.128	6.811	2.384
Nivel3	0.728	0.509	3.500	1.455	4.657	1.630
Nivel2	0.219	0.219	3.500	0.625	2.000	0.700
Nivel1	0.000	0.000	3.500	0.000	0.000	0.000

Una vez conocidos los desplazamientos relativos por nivel se procedió a calcular el momento que esta deformación causa sobre las columnas del sistema Variel, el procedimiento consiste en determinar el momento de empotramiento asumiendo que la unión viga columna de los pórticos del sistema Variel son lo suficientemente detallados y dotados como para comportarse como una junta rígida. Una vez obtenido dicho momento se procede a estimar una carga axial de servicio a la que se pueda estar sometiendo la columna y así determinar la capacidad resistente de la columna mediante su diagrama de interacción, los resultados de este análisis se presentan en la tabla 4.19.11.

**Tabla 4.19.11. Capacidad resistente de la columna.**

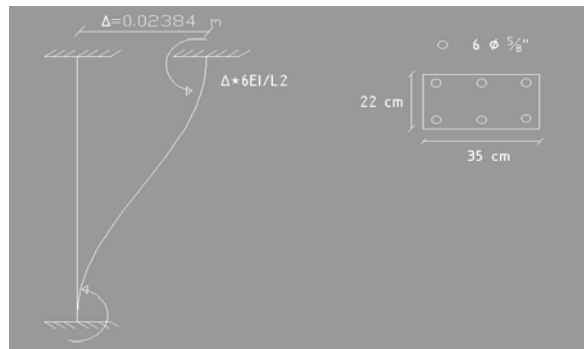
Acero colocado (cm <sup>2</sup> )	11.88
f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	210
b (cm)	22.5
d (cm)	35

6  $\Phi$  5/8.

$$\delta = 0.68\% \text{ (Máxima distorsión)}$$

$$\Delta = 2.38\text{cm}$$





**Figura 4.19.10. Desplazamiento impuesto a las columnas del sistema Variel debidas a la deriva de la estructura rehabilitada.**

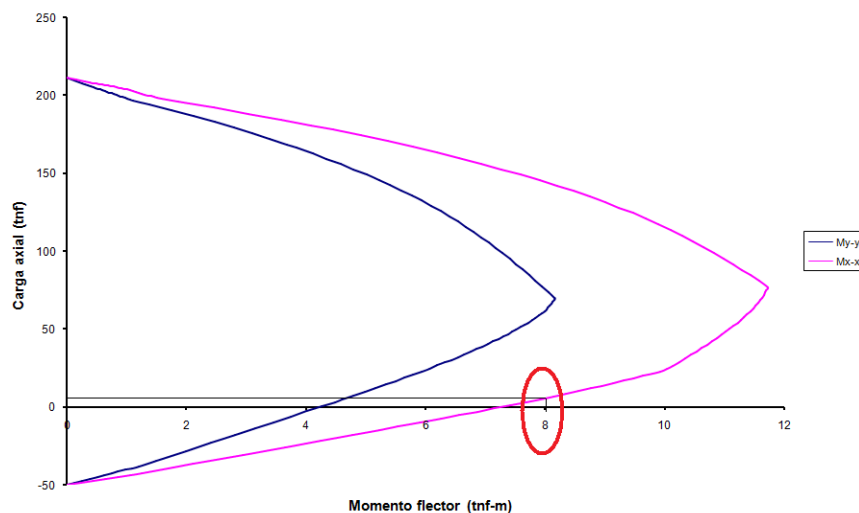
Luego con esa deformación conocida y la hipótesis de que la columna es un elemento doblemente empotrado se determina el momento inducido según la ecuación 4.19.3.

$$M = \frac{6EI\Delta}{l^2} \quad (4.19.3)$$

Finalmente la carga axial y momento actuante estimado corresponden a los siguientes valores (véase la figura 4.19.11):

$$P \text{ max}=4804.41 \text{ kgf}$$

$$M \text{ max}=8761.43 \text{ kgf.m}$$



**Figura 4.19.11. Determinación de momento resistente bajo carga axial actuante.**

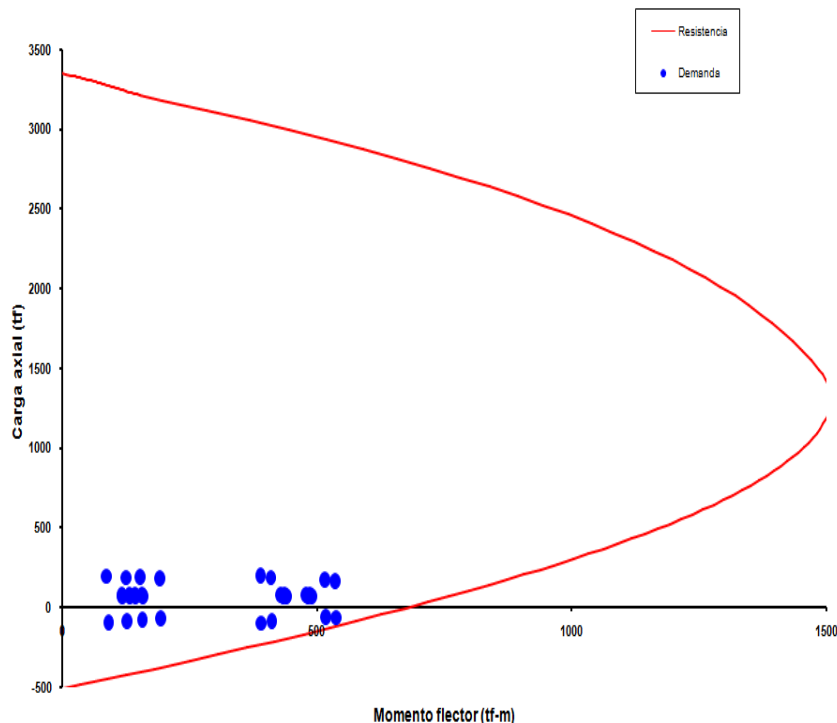
Analizando esta situación se llega a dos conclusiones, la primera es que la columna no es capaz de resistir las sollicitaciones inducidas debidas a las deformaciones que permite la estructura de rehabilitación ya que solo por el caso sismo en dirección Y la misma se ve de forma mayor a su capacidad, por otra parte se considera exagerada la hipótesis de vinculación del elemento ya que la misma genera unos valores de momento bastante altos que en la realidad no son 100% probables por la manera en que se disponen los aceros de las vigas y las

columnas del sistema Variel, en vista de esto se hace necesario estimar un valor de momento más ajustado a la realidad y evaluar todos los niveles de las columnas para cada una de las combinaciones de carga mediante un análisis estructural riguroso sobre los módulos tridimensionales del sistema Variel. Por otra parte los valores de cortante sísmico determinados mediante el análisis estructural indican que los muros en esta primera iteración presentan una relación demanda capacidad no favorable por lo que es necesario realizar aumento de la sección transversal de los mismos tanto por criterio de rigidez como por criterio de resistencia, por esta razón no se le da continuidad al proceso de chequeo por rigidez hasta que el chequeo por resistencia cumpla con lo requerido. El proceso iterativo fue llevado a cabo una serie de veces hasta llegar a las dimensiones mostradas en la tabla 4.19.12.

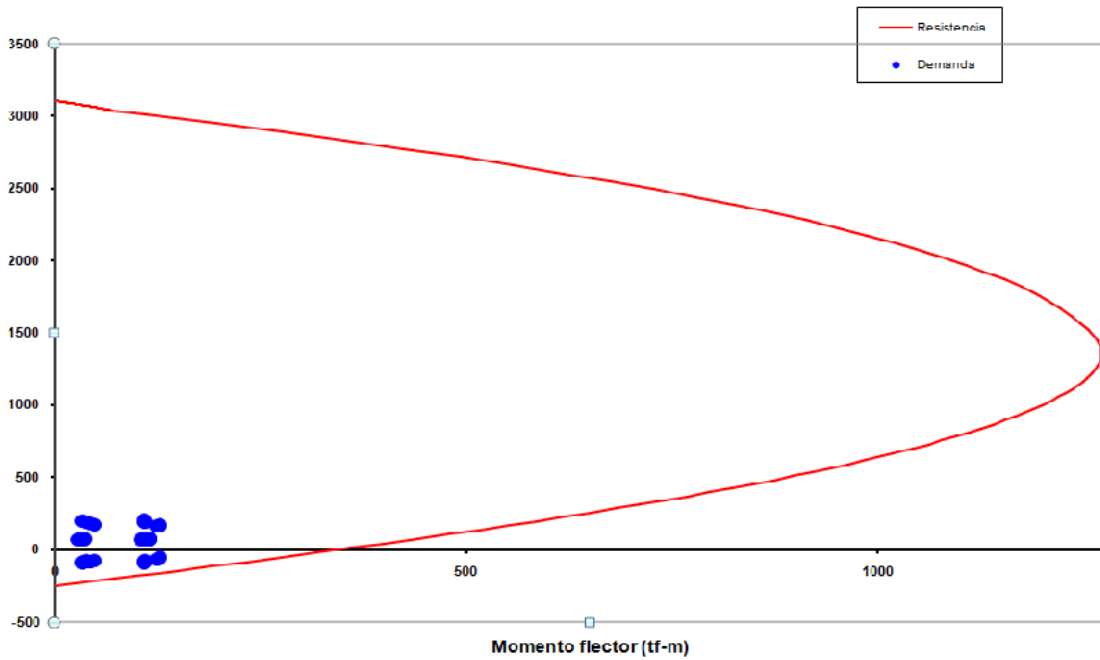
**Tabla 4.19.12. Dimensiones de los muros luego de varios procesos iterativos.**

Torre B		
Dimensiones	Muros en X	Muros en Y
B (m)	0.80	0.50
h (m)	3.00	3.00

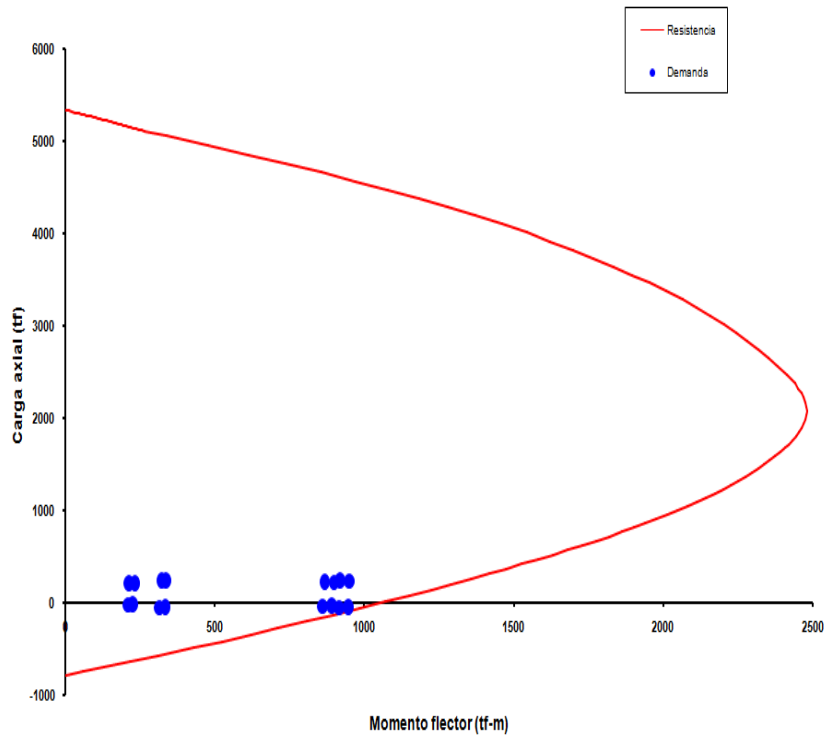
Finalmente bajo estas dimensiones los muros cumplen tanto con el diseño por rigidez así como por resistencia presentando una relación de demanda capacidad favorable los cuales pueden ser apreciados en los diagramas de interacción de los muros de las figuras 4.19.12 a 4.19.15.



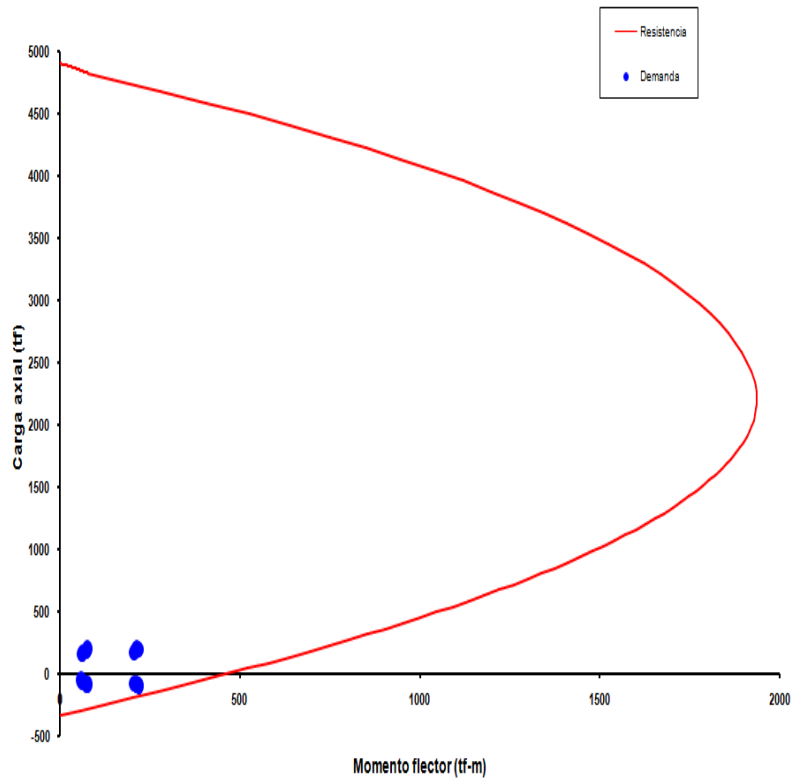
**Figura 4.19.12. Diagrama de interacción Muros Y nivel 1.**



**Figura 4.19.13. Diagrama de interacción Muros Y nivel 2.**

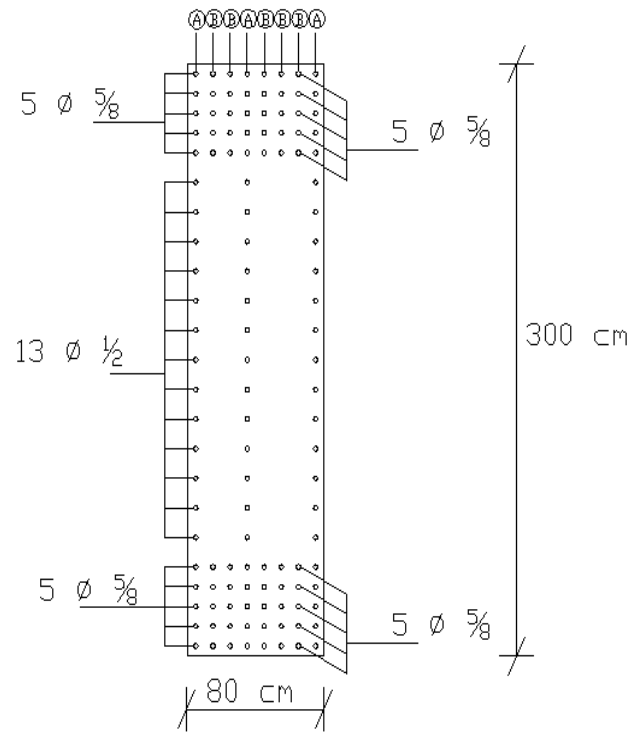


**Figura 4.19.14. Diagrama de interacción Muros X nivel 1.**

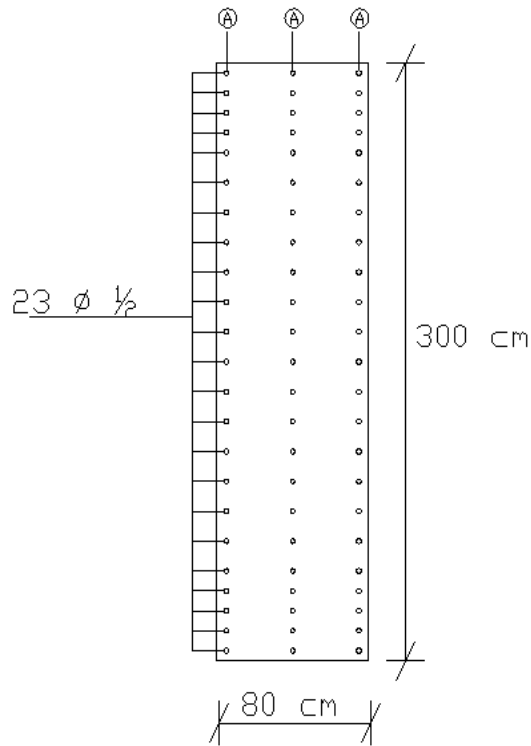


**Figura 4.19.15. Diagrama de interacción Muros X nivel 2.**

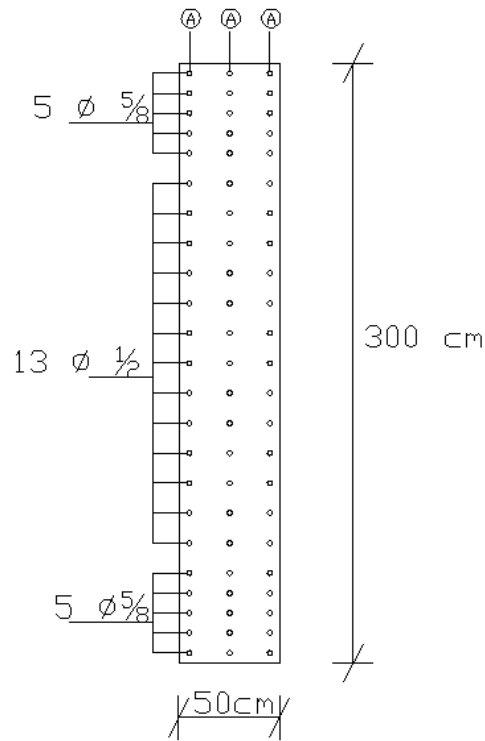
Cabe destacar que para todos los casos la relación demanda/capacidad arroja resultados inferiores a la carga axial balanceada lo cual es bastante favorable para el comportamiento sísmico de los muros. Por esta razón se acepta el análisis y se procede a realizar el armado de los muros, tanto del acero longitudinal como del acero transversal, obteniéndose los resultados mostrados en las figuras 4.19.16 a 4.19.23.



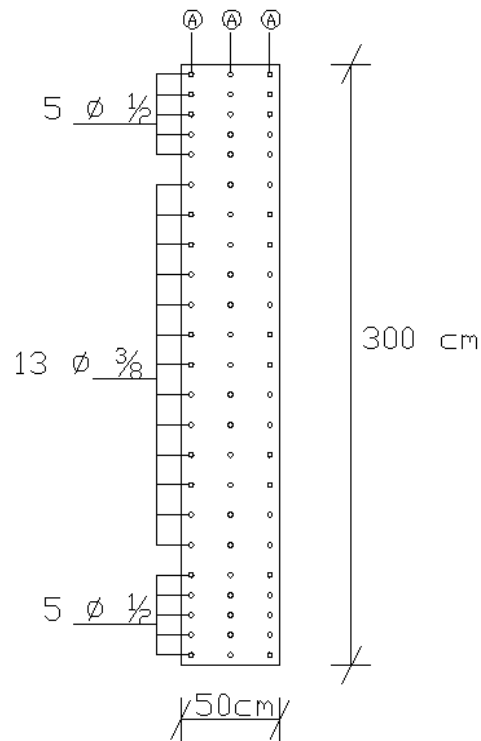
**Figura 4.19.16. Sección transversal de muro dirección X nivel PB.**



**Figura 4.19.17. Sección transversal de muro dirección X nivel 2.**

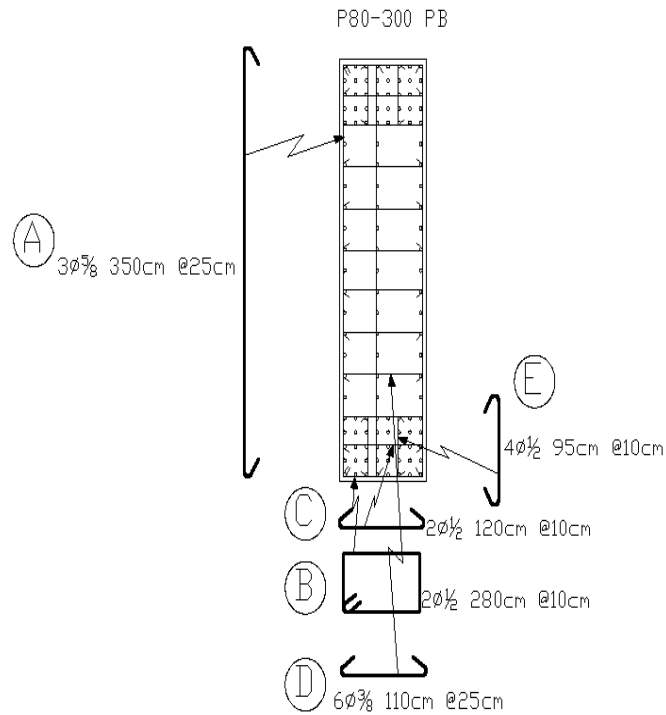


**Figura 4.19.18. Sección transversal de muro dirección Y nivel PB.**

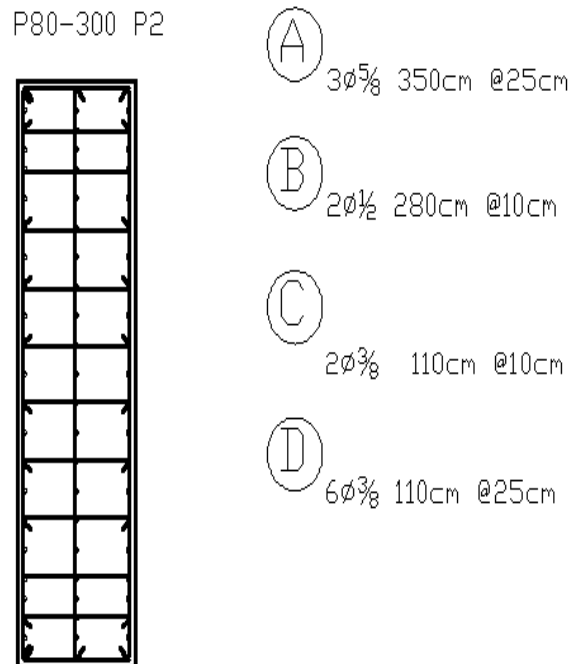


**Figura 4.19.19. Sección transversal de muro dirección Y nivel 2.**



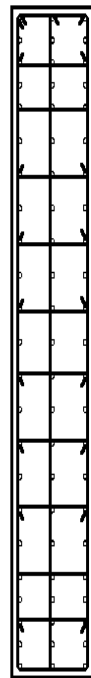


**Figura 4.19.20. Armado de acero transversal de muro dirección X nivel PB (ver planos de detalles).**



**Figura 4.19.21. Armado de acero transversal de muro dirección X nivel 2 (ver planos de detalles).**

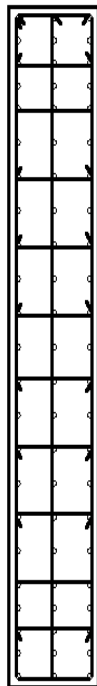
P50-300 PB



- (A)  $3\phi\frac{1}{2}$  310cm @25cm
- (B)  $2\phi\frac{5}{8}$  260cm @10cm
- (C)  $2\phi\frac{3}{8}$  80cm @10cm
- (D)  $6\phi\frac{3}{8}$  80cm @25cm

**Figura 4.19.22. Armado de acero transversal de muro dirección Y nivel PB (ver planos de detalles).**

P50-300 P2



- (A)  $3\phi\frac{1}{2}$  310cm @25cm
- (B)  $2\phi\frac{1}{2}$  250cm @25cm
- (C)  $2\phi\frac{3}{8}$  80cm @25cm
- (D)  $6\phi\frac{3}{8}$  80cm @25cm

**Figura 4.19.23. Armado de acero transversal de muro dirección Y nivel 2 (ver planos de detalles).**

Posteriormente se realizó el diseño de las vigas que coronan la estructura de rehabilitación, se recuerda que las mismas presentan una sección de 40x100 cm. Del análisis estructural se obtiene un resultado satisfactorio en el que las vigas no presentan una demanda en la que sobrepasen por acero requerido al establecido por cuantía mínima, es decir, la viga trabaja de manera holgada y su armado queda determinado por la cuantía de acero mínimo, para el armado transversal y longitudinal se cumple con lo establecido en el capítulo 18 de la norma Venezolana COVENIN 1753:2006. Los armados pueden ser observados en las figuras 4.19.24 y 4.19.25.

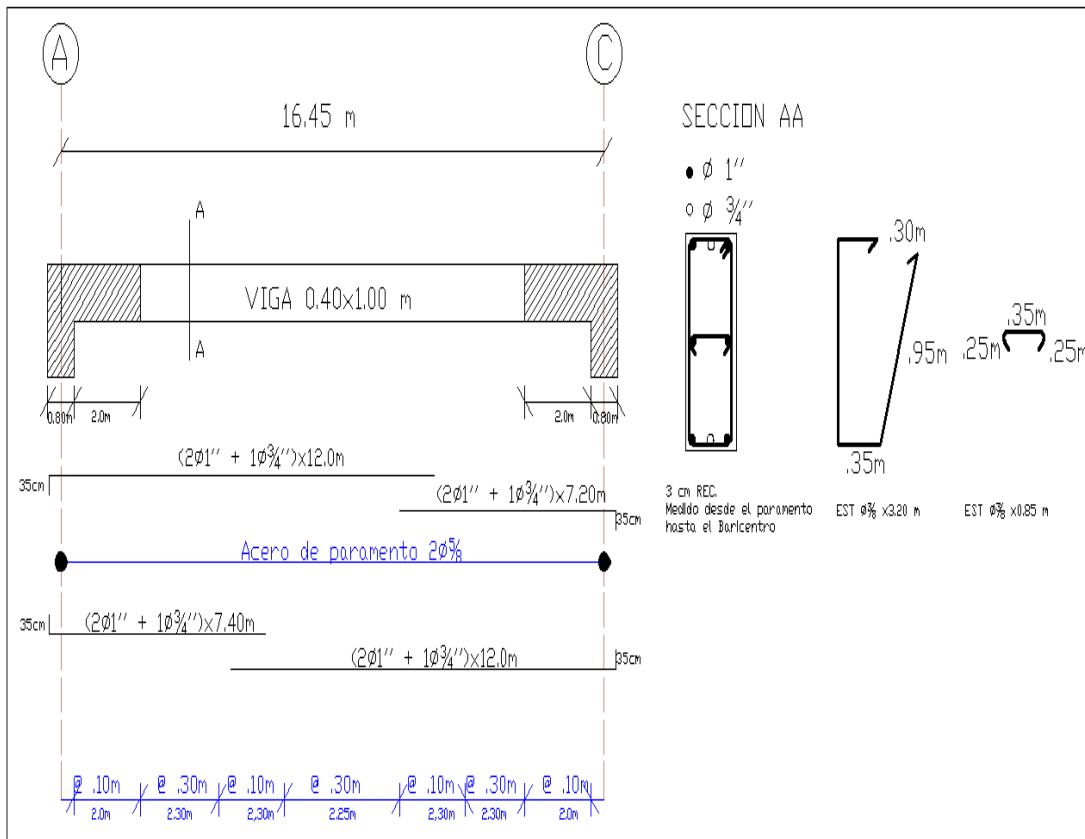
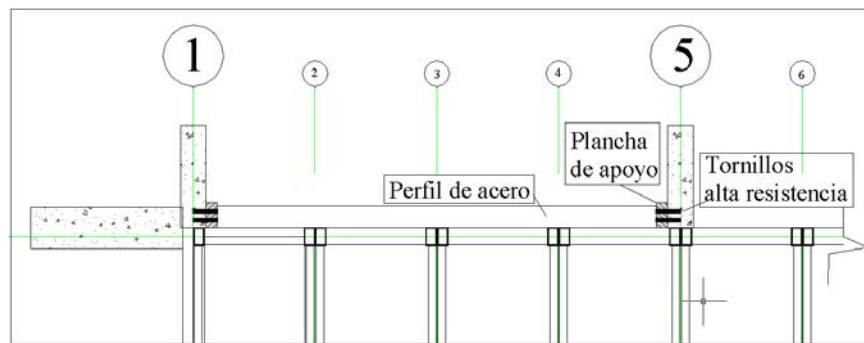


Figura 4.19.24. Armado de vigas 1, 5, 10 y 14 (ver planos de detalles).

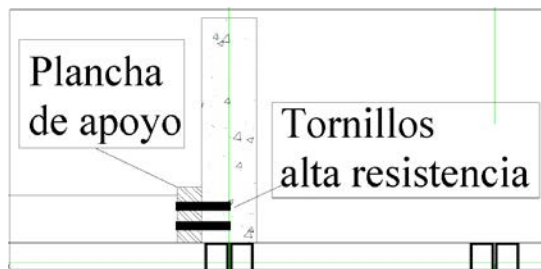


la selección de alguna de ellas para el momento en el cual se pretenda dar ejecución al proyecto de rehabilitación. Es importante señalar que estas propuestas aunque se exponen de manera abierta, se hace obligatorio e indiscutible el uso de alguna de ellas, es decir, no puede ser obviado el uso de algún método que garantice el diafragma rígido para aquellos módulos que no estén en contacto con los muros.

**Opción 1:** Se propone el uso de perfiles metálicos conectados mediante planchas y tornillos de alta resistencia a los muros del sistema de rehabilitación, esto para lograr impedir los desplazamientos relativos de los módulos del sistema Variel y transmitir los esfuerzos cortantes a los muros de la rehabilitación (ver figuras 4.19.26 y 4.19.27).

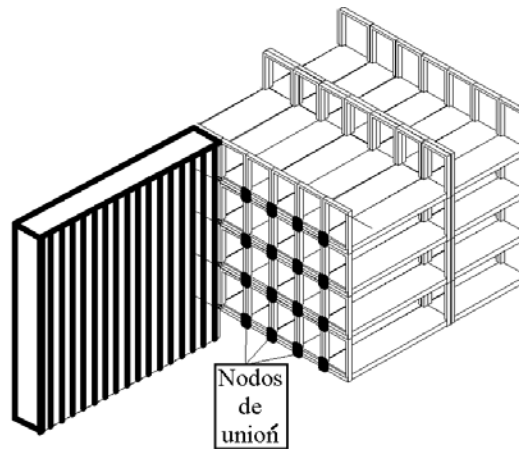


**Figura 4.19.26. Opción 1. Vista de planta de sistema para garantizar diafragma rígido.**



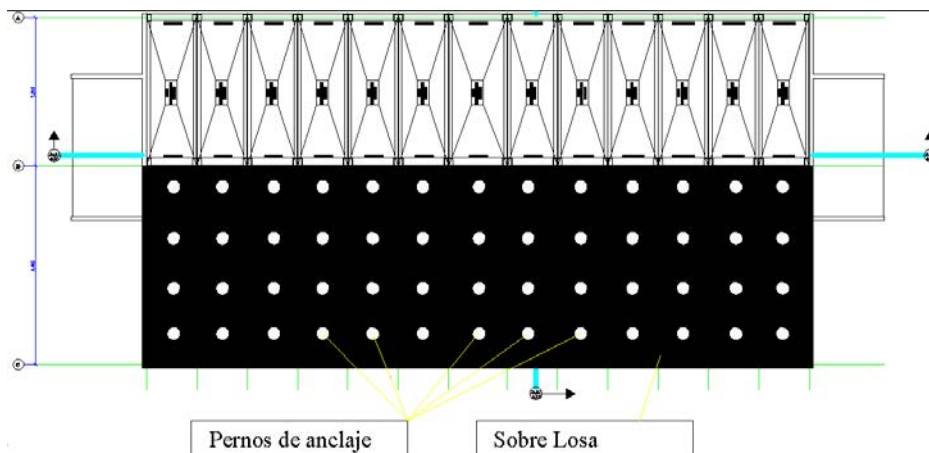
**Figura 4.19.27. Opción 1. Detalle nodo de unión de sistema para garantizar diafragma rígido.**

**Opción 2:** Vincular el desplazamiento de los módulos tridimensionales, mediante conexiones en los nodos o esquinas donde se encuentren varios módulos, esto con la finalidad de relacionar los desplazamientos de aquellos módulos que tengan el grado de libertad con aquellos otros que no posean dicho grado de libertad, logrando así restringir los desplazamientos relativos entre los diferentes módulos (véase la figura 4.19.28).

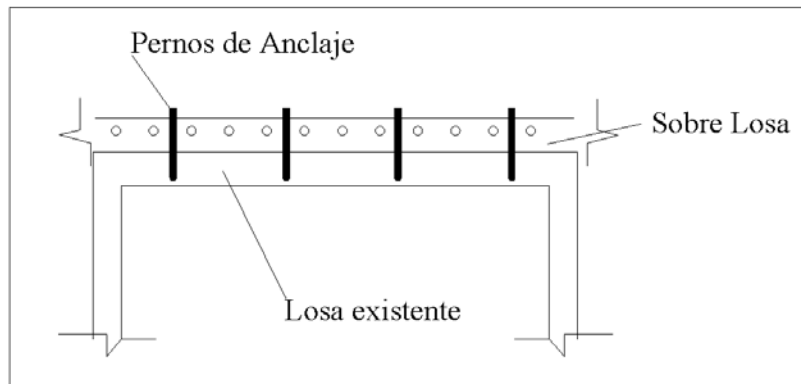


**Figura 4.19.28. Opción 2. Proyección oblicua de nodos de unión entre módulos.**

**Opción 3:** Vaciado de losa maciza sobre toda la superficie de la planta, anclando con tornillos de alta resistencia las losas del sistema Variel con la nueva vaciada, para impedir los desplazamientos relativos entre los módulos tridimensionales (véase las figuras 4.19.29 y 4.19.30).



**Figura 4.19.29. Opción 3. Vista de planta.**



**Figura 4.19.30. Opción 3. Corte de losa.**



Es importante señalar que los módulos tridimensionales en la dirección corta de la planta no requieren de ningún sistema de confinamiento para garantizar el diafragma rígido ya que en esa zona de la estructura existen muros de concreto que vinculan los desplazamientos de los módulos tridimensionales. En los planos de detalle se aprecia toda esta información.

En la figura 4.19.31 se muestra una imagen de la edificación con la solución de los muros para corregir el comportamiento sísmico de la estructura.



**Figura 4.19.31. Imagen U.E. Colomine con los Muros del sistema de Rehabilitación.**

#### **4.19.5.- Conclusiones y Recomendaciones**

- La Obtención y verificación de datos geométricos se realizó efectivamente, corroborando los datos facilitados por parte de la investigación antecesora “Estimación de la vulnerabilidad sísmica en la Unidad Educativa Colomine en Valencia Estado Carabobo” y comparándolas con los obtenidos en campo, adicionalmente se comprobaron los resultados sobre el comportamiento de la estructura, verificando su vulnerabilidad ante un evento sísmico.
- Se realizó una primera propuesta de colocar muros en cada junta vertical de los módulos tridimensionales en dirección Y (ortogonales a la fachada más amplia) y dos muros en dirección X (ortogonales a la fachada menos amplia) con un sistema de vigas que coronen cada uno de los mismos, formando una retícula en el nivel techo. Posteriormente se realizó una segunda propuesta con una menor cantidad de muros, es decir, ya no habría un muro por junta, proyectando solo cuatro muros en dirección Y y manteniendo dos muros en dirección X por fachada, conservando el sistema de vigas en el nivel techo. Adicionalmente se incluyó un elemento que confinara la periferia de la planta para garantizar el diafragma rígido en aquellas juntas que han resultado desatendidas por la disminución de la cantidad de muros, por lo tanto, este elemento periférico se encarga de vincular los módulos tridimensionales intermedios con los muros del sistema de rehabilitación.

- Del proceso de predimensionado de ambas propuestas se descarta la primera, ya que la sección de muro requerida por las cargas estimadas actuantes era menor que la mínima permitida por la norma para garantizar que el elemento estructural se comportara como muro y no como una columna, es decir, era necesario aumentar la sección por requerimientos normativos mas no por criterio de resistencia, este hecho se traducía en la concepción de un modelo antieconómico ya que no se estaba explotando el total de la capacidad de los materiales implementados ni en un cincuenta por ciento. Posteriormente se analizó la segunda propuesta en la que la demanda estimada por muro se hizo sustancialmente mayor causada por la disminución del número de muros, generando así una sección requerida mucho mayor que la propuesta en la primera hipótesis, este aumento de sección se tradujo en una semejanza entre las dimensiones mínimas normativas y las requeridas por las demandas, por lo que esta hipótesis fue seleccionada como modelo a ser analizado estructuralmente de manera formal.
- Se realizó el análisis estructural mediante el método dinámico espacial de superposición modal con tres grados de libertad por nivel, donde fue necesario realizar un ajuste en las secciones de los muros ya que los mismos estaban siendo solicitados más allá de su capacidad. Este proceso iterativo llevó a los resultados finales en lo que las demandas y la capacidad de los elementos se encontraban en un orden favorable. Este análisis se realizó para la torre B ya que la misma presenta mayor masa que la torre A, obteniendo así resultados para más el caso más desfavorable.
- Del análisis estructural se obtuvo las solicitaciones para cada muro debido a las combinaciones más desfavorables donde se decidió uniformizar para el diseño con aquellos elementos estructurales más demandados, ya que debido a la simetría de la estructura de rehabilitación las demandas eran comparables en un orden aceptable. De esto se obtuvo para el diseño un muro tipo en dirección X de dimensiones 80x300 cm. y un muro tipo en dirección Y de dimensiones 50x300 cm. Referente al diseño de las vigas se aceptó como sección definitiva 40x100 cm. (sección de viga tipo para ambas direcciones). Adicionalmente se dieron tres propuestas para el diseño del elemento intermedio a los muros que permitirá confinar la planta y garantizar la hipótesis de diafragma rígido reiterando el carácter obligatorio de implementar una de las propuestas que han sido expuestas. Los resultados presentados surgen como producto del análisis de la torre B. Siendo esta torre la de mayor dimensión en planta, y por lo tanto presentando mayor masa que la torre A, se generan mayores demandas sobre los muros. En consecuencia el diseño de la torre B puede ser repetido en la Torre A.
- Garantizar mediante alguna de las propuestas establecidas, el comportamiento de diafragma rígido debido que en su ausencia toda la hipótesis de diseño del modelo de rehabilitación quedaría anulada, particularmente dentro de las tres opciones se recomienda el uso de perfiles metálicos conectados a los muros mediante planchas y tornillos de alta resistencia (opción 3). Se prefiere esta propuesta debido que el uso de un perfil implica mayor facilidad constructiva, menor perturbación a las

estructuras, como mayor funcionalidad, ya que el lado más rígido del perfil puede ser aprovechado favorablemente.

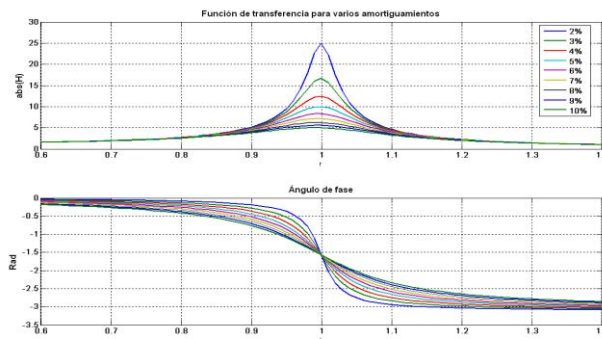
- Realizar el proyecto de infraestructura evaluando la posibilidad de diseñar un sistema pasivo que garantice el equilibrio para aquellos casos en los que parte del sistema de fundaciones pueda verse traccionado, entendiéndose por traccionado aquel intento de extraer los cimientos del suelo que lo confina.
- Se propone dar a conocer con carácter de urgencia a las instituciones competentes la problemática existente en la U.E. Luis Alfredo Colomine, ya que en esta investigación se ha identificado y diseñado un sistema de rehabilitación sismorresistente que redimirá las vidas de los 1200 estudiantes y del personal que se encuentra en permanente riesgo por hacer uso de la edificación.

#### 4.19.6.- Referencias

- AWAD ROCHEL, Roberto. Análisis y Diseño sísmico de Edificios. Primera Edición. Fondo Editorial Universidad ETAFIT. Medellín Colombia Enero 2006.
- BAZÁN-MELI. Diseño Sísmico de Edificios. Limusa Noriega Editores. Ciudad de México Segunda Edición.
- Chang, M y Sequera, L. (2008) Estimación de vulnerabilidad sísmica en la U.E Colomine, Valencia Edo Carabobo. Trabajo especial de grado no publicado, Universidad de Carabobo, Valencia.
- López, O., Hernández, J., Re, G. del Puig, J. (2004). Reducción del riesgo sísmico en escuelas de Venezuela. IMME, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, 42(3), 33-56
- MELI PIRELLA. Diseño estructural. Limusa Noriega Editores. Ciudad de México Segunda Edición.
- Norma COVENIN 1753:2006. Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural. (2006). Consejo Superior de FONDONORMA, Agosto 30, 2006.
- Norma COVENIN 1756:2001. Edificaciones Sismorresistentes. (2001). Consejo Superior de FONDONORMA, Julio 25, 2001.
- Norma COVENIN-MINDUR 2002-88. Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones. (1988). Ministerio de Desarrollo Urbano, Agosto 5, 1988.
- Ops. (1993) Evaluación y Reducción de la vulnerabilidad Física y Funcional: Aspectos Generales (Volumen 1) [Documento en línea]. Disponible: [http://202.54.104.236/intranet/eha/Mitigacion/Contenidos/spanish/miting\\_desast.html](http://202.54.104.236/intranet/eha/Mitigacion/Contenidos/spanish/miting_desast.html). [Consulta: 2008, Julio 10].
- Stucky, F. (1975). Sistema Variel, proyectar y construir con Elementos prefabricados, Revista de Informes de la Construcción, 28(272), 49-71.
- VERGUM -AMBROSE. Diseño Simplificado de Edificios para Cargas de Viento y Sismo. Limusa Noriega Editores. Ciudad de México Segunda Edición.

# Capítulo 5

## *Medición y Evaluación de Propiedades Dinámicas*



## Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela

Informe Técnico

Responsable: Oscar A. López (IMME-FI-UCV)

## 5.- MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE PROPIEDADES DINÁMICAS

**Participantes:** Jean G. Domínguez B. y Leonardo Colmenárez (FUNVISIS)

### 5.1.- Marco Teórico

#### 5.1.1.- Objetivos y Alcance

Se presentan elementos metodológicos y resultados de la implementación del método de ruido ambiental para la determinación de las propiedades dinámicas en estructuras, aplicado a las edificaciones escolares que son objeto de estudio en este proyecto.

El presente estudio tiene como finalidad la determinación por vía experimental de los períodos y modos fundamentales de vibración, así como la razón de amortiguamiento crítico por modo de las estructuras correspondientes. El procedimiento consiste en la instalación de arreglos particulares de instrumentos velocímetros con sus respectivos sistemas de adquisición de datos en lugares seleccionados de la estructura. Luego esos datos obtenidos son sometidos a un post-proceso en el cual se extrae toda la información de interés.

En una primera etapa se determinaron las propiedades en las siguientes escuelas:

- Unidad Educativa “Domingo Faustino Sarmiento”
- Unidad Educativa “Padre Sojo”
- Unidad Educativa Nacional “Luis Alejandro Alvarado”
- Unidad Educativa Nacional “Experimental Venezuela”

Y en la segunda etapa las escuelas siguientes:

- Unidad Educativa Playa Grande
- Unidad Educativa Antonio Rodríguez Abreu
- Unidad Educativa Corazón de Jesús
- Unidad Educativa María Reina de López
- Unidad Educativa Nacional Experimental Venezuela (2da Parte)

Los resultados obtenidos de la aplicación de este método son un buen estimador de las propiedades dinámicas en estructuras (López et al., 1989), cuyo rango de amplitud de movimiento sea pequeño, es decir, que todos sus elementos estructurales y no estructurales se mantengan dentro del rango lineal elástico de deformación, esto implica que ambos tipos de elementos contribuyen en el comportamiento dinámico global de la estructura.

Un análisis modal de un modelo matemático simplificado de la estructura medida (incluyendo elementos no estructurales), muestra igualmente las propiedades dinámicas en un rango lineal de deformación de materiales, para las características particulares del modelo, por lo que pueden ser directamente comparadas con aquellas provenientes de éste estudio y evaluar la idoneidad y pertinencia de las hipótesis hechas en los modelos. Sin embargo, bajo la acción de movimientos sísmicos de moderada o alta intensidad, se esperan amplitudes de vibración más elevadas en las cuales los elementos estructurales y no

estructurales pueden sufrir algún tipo de degradación, modificando sustancialmente y de manera permanente todos los parámetros dinámicos determinados en este estudio.

### 5.1.2.- Equipos Utilizados

En la primera etapa de los ensayos se utilizó el sensor modelo CMT-40T de GURALP [GURALP Systems], se trata de un sensor triaxial de fuerza balanceada cuya respuesta es proporcional a la velocidad del lugar sobre el cual se coloca. Estos sensores resultan especialmente convenientes dada su respuesta plana sobre un rango importante de frecuencias dentro de las cuales se pueden encontrar la mayoría de las edificaciones de baja a mediana altura (Fig. 5.1). En una segunda etapa fueron utilizados los sensores sismómetros de 1 Hz de un grado de libertad. Se trata del modelo Ranger SS-1 de Kinemetrics [KINEMATRICS, INC.] (Fig. 5.1 y 5.2). Para este estudio se utilizó con su amortiguamiento interno, el cual está estimado en 7% del amortiguamiento crítico.

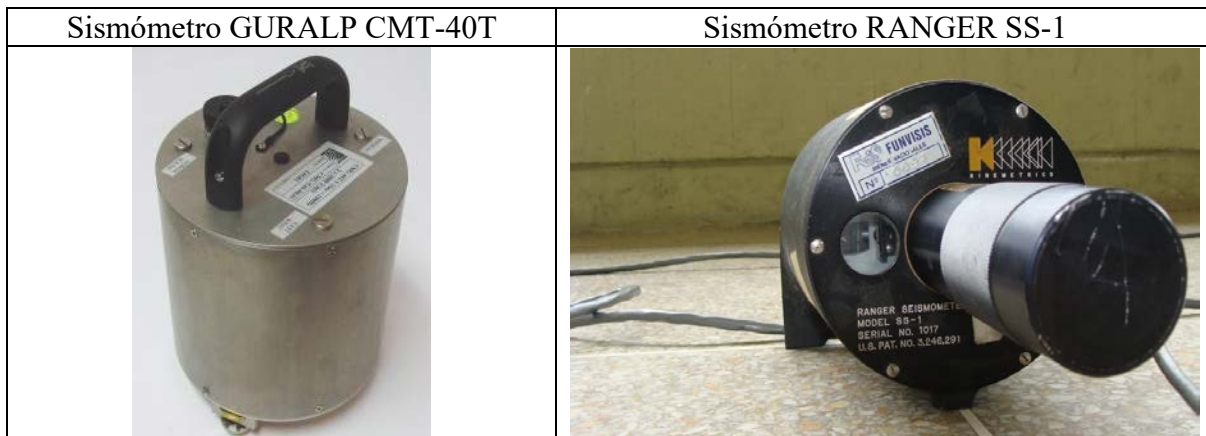


Figura 5.1.- Sismómetros

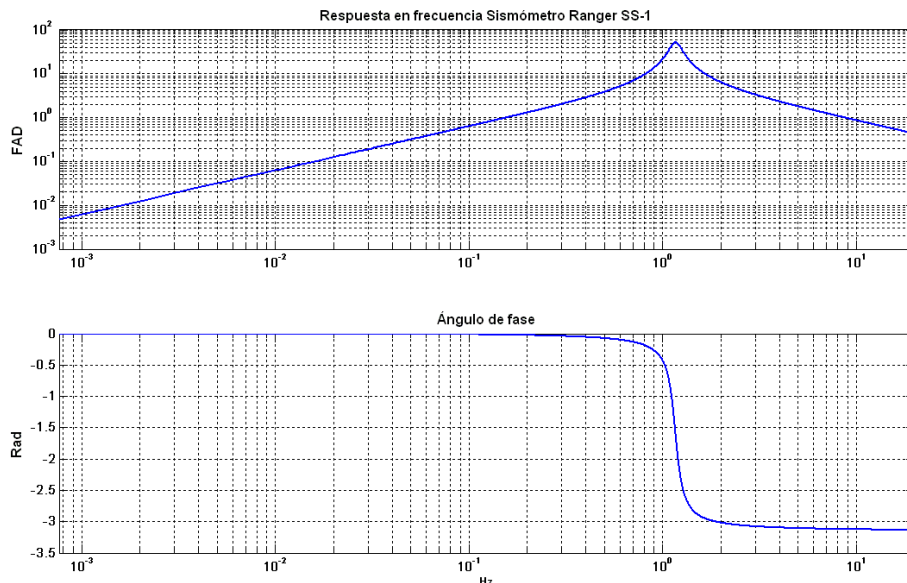


Figura 5.2.- Función de transferencia del sismómetro RANGER SS-1 para  $\zeta=0.07$



Se utilizó un sistema integral de adquisición de datos modelo VSS-3000 de Kinometrics (contiene sistema Bookmark 216 de IOTech) con un rango dinámico de 16 bits [IOTECH, INC.]



**Figura 5.3.- Sistema de adquisición VSS-3000**

#### 5.1.3.- Adquisición y Procesamiento de Datos

Los sensores instalados emiten una respuesta en voltios de manera continua, proporcional a la velocidad del lugar sobre el cual se colocan, esta señal se adquiere de manera discreta por los convertidores A/D a una tasa de muestreo definida. Para las mediciones hechas en este estudio la tasa de muestreo se fijó en 200 Hz para un caso y 500 Hz para los restantes, como se especifica posteriormente.

Todos los cálculos y procesamiento de datos se realizaron en unidades de voltios debido a que su valor es proporcional a un valor físico de respuesta, lo cual es aceptable toda vez que la amplitud física de movimiento no es de interés en este estudio, sino más bien un estimado de las amplitudes relativas entre varios puntos de registro. Por esa razón, además de aquella derivada de haber utilizado un sólo tipo de sensor, tampoco fue necesario hacer correcciones instrumentales a las señales obtenidas.

El procesamiento de datos se clasifica dentro de los métodos no paramétricos de identificación de sistemas dinámicos y consta de varias etapas:

- Ordenamiento de datos, ajuste e igualación de tiempos de comienzo
- Transformación del registro al dominio de frecuencias a través de la función densidad espectral de potencia
- Identificación preliminar de frecuencias modales por máximos espectrales o “Peak picking”
- Cálculo de la densidad espectral cruzada y ángulo de fase entre registros de sensores seleccionados.
- Determinación de formas modales
- Registro rotacional como verificación para diafragmas rígidos
- Determinación del amortiguamiento modal por el método de la potencia media.

a) *Ordenamiento de Datos*

Consiste en manipular los datos de cada registro según sus tiempos de inicio de manera de que cada uno tenga su primer dato en el mismo instante de tiempo.

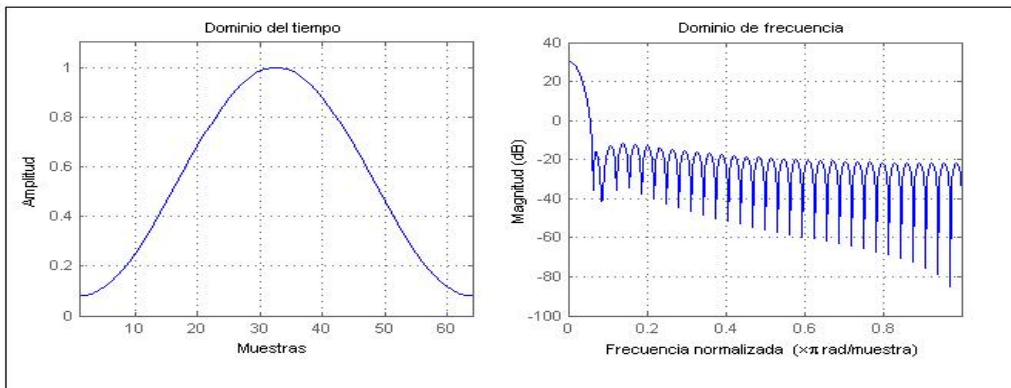
b) *Transformación Del Registro al Dominio de Frecuencias a Través de la Densidad Espectral de Potencia*

A cada registro se le calcula el espectro de potencia por el método de Welch (1967), este método consiste en la división del registro principal en N subregistros (con posibilidad de solape), para luego calcular en cada subregistro su espectro de potencia y luego promediar los N espectros, para de esta manera “filtrar” las frecuencias de aparición aleatoria en cada ventana y permitir que prevalezcan las frecuencias siempre presentes, que pueden ser modos de vibración operacionales, modos estructurales o ruido proveniente de procesos estacionarios (señales electrónicas, motores a/c, etc.).

Cada uno de los espectros de potencia de cada subregistro se pondera con una curva de Hamming para reducir la reintroducción de frecuencias por efectos de condiciones iniciales (Ecuación 5.1.1 y 5.1.2). En general se definió un solape de 60% entre los subregistros.

$$S(e^{i\omega}) = \frac{\frac{1}{n} \left| \sum_{l=1}^n w_l x_l e^{-i\omega l} \right|^2}{\frac{1}{n} \sum_{l=1}^n |w_l|^2} \quad (5.1.1)$$

$$w[k + 1] = 0.54 - 0.46 \cos\left(2\pi \frac{k}{n-1}\right) \quad k=0,1,\dots,n-1 \quad (5.1.2)$$



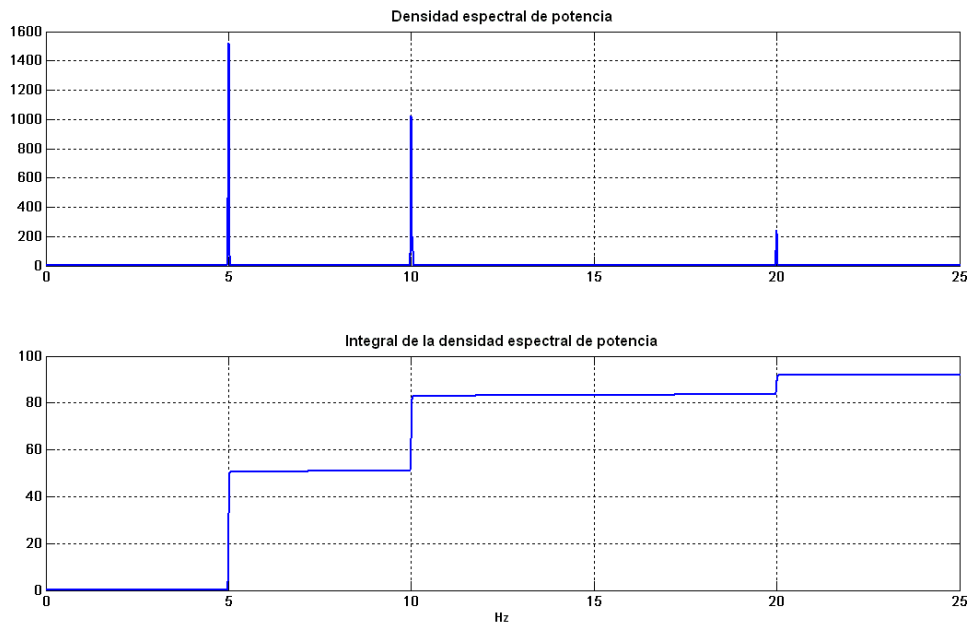
**Figura 5.4.- Detalles de la curva de Hamming en los dominios de tiempo y frecuencia**

c) *Identificación Preliminar de Frecuencias Modales por Máximos Espectrales o “Peak Picking”*

Una vez calculados los espectros de potencia se identifican en ellos los picos máximos y la frecuencia para la que ocurren. Teóricamente, la señal registrada en el dominio del tiempo debe ser una suma de tantas componentes armónicas como picos hayan sido encontrados, cada una de esas componentes con una frecuencia igual a la correspondiente a cada pico y con una media cuadrática igual al área del espectro de potencia bajo el pico.

Se muestra como ejemplo la curva de densidad espectral y su integral de la ecuación:

$$Y=10*\sin(2*\pi*5*t)+8*\sin(2*\pi*10*t)+4*\sin(2*\pi*20*t) \quad (5.1.3)$$



**Figura 5.5.- Detalle del cálculo de media cuadrática desde un espectro de potencia**

La expresión en cuestión consta de tres armónicos con frecuencias de 5, 10 y 20 Hz con amplitudes de 10, 8 y 4 unidades respectivamente. La curva de densidad espectral muestra tres picos principales asociados a las frecuencias 5, 10 y 20 Hz, indicando las frecuencias presentes. Luego la integral del espectro nos muestra el área acumulada debajo de cada pico del espectro como diferencia de alturas en la curva integral. En este caso, la altura de los escalones correspondientes son: 50, 32 y 8, que corresponden a las medias cuadráticas de armónicos de amplitud 10, 8 y 4 respectivamente, de tal forma que la amplitud puede ser detectada también. Sin embargo, cuando interesan valores proporcionales a las amplitudes mas no las amplitudes mismas, se puede normalizar a la unidad la máxima respuesta, quedando:  $(10; 8; 4)/10 = (1; 0.8; 0.4)$ .

d) *Cálculo de la Densidad Espectral Cruzada*

Una vez determinadas las frecuencias que posiblemente pueden estar asociadas a los modos de vibración, se procede a corroborar esta información mediante la aplicación de un análisis de correlación entre los registros simultáneos, para determinar frecuencias comunes en dos registros y el ángulo de fase que presentan entre ellos.

La descomposición modal de una vibración, consiste en representar el movimiento oscilatorio de varios grados de libertad como una suma ortogonal en serie de vibraciones de un grado de libertad, cada una de las cuales tiene su propia frecuencia de vibración. Esto implica que todo el movimiento registrado dentro de una frecuencia modal se puede expresar como un vector de forma contenido de los valores correspondientes a la amplitud estimada en cada punto de medición y un factor dinámico. El movimiento oscilatorio del modo de vibración en cuestión, viene dado al multiplicar el vector de forma por un factor que es función del tiempo o, coordenada modal, la cual corresponde a funciones armónicas cuya frecuencia de oscilación es obviamente la frecuencia modal.

Quedando definido entonces el movimiento dentro de un modo como el vector de forma multiplicado por la coordenada modal, es evidente que si la forma se mantiene, los elementos que están a un mismo lado de la posición de equilibrio de la vibración cuando la coordenada modal es positiva, estarán del lado contrario cuando la coordenada modal sea negativa. Asimismo, aquellos elementos que estén en lados opuestos de la posición de equilibrio cambiarán simultáneamente de lado cuando la coordenada modal cambie de signo, de manera que, dentro de un modo de vibración, dos puntos de una estructura tienen dos posibilidades: o alcanzar sus máximas respuestas simultáneamente (en fase), o alcanzar uno de ellos el máximo mientras el otro alcanza su mínimo (fuera de fase).

Mediante la aplicación de la densidad espectral cruzada entre dos registros, es posible determinar frecuencias comunes y ángulos de fase. Si una frecuencia aparece en dos registros de medición independientes, entonces estamos probablemente en presencia de una frecuencia modal, luego, si el ángulo de fase entre ambos registros es cero (0) o  $\pi$  radianes (3.1416), la frecuencia detectada es, sin duda (salvo casos de ruido electrónico, motores a/c etc.), un modo estructural, en el cual se ha detectado además, en qué posición relativa a la de equilibrio se encuentra cada punto en el cual se ha obtenido cada registro.

La correlación cruzada y el espectro de densidad espectral de potencia cruzada entre dos funciones están definidos por:

$$R_{xy}(\tau) = E[x(t)y(t + \tau)] \quad (5.1.4)$$

$$S_{xy}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau)e^{-i\omega\tau} d\tau \quad (5.1.5)$$

e) *Determinación de las Formas Modales*

Tal como se mencionó anteriormente, de la densidad espectral de potencia se estimarán las amplitudes de respuesta en cada punto de medición, como el área del espectro bajo cada pico para cada frecuencia, para lo que se presentan curvas de área acumulada. El siguiente paso, es verificar mediante los espectros de potencia cruzados, la fase entre los registros para poder determinar la posición relativa entre ellos. Para ese fin se deja un sensor como pivote y se calculan las fases de los registros en otros sensores con respecto al pivote, de manera que si se observan valores iguales a cero para la fase entre dos registros, ambos crecen positiva o negativamente mientras que si la fase arroja el valor de  $\pi$  radianes, un registro aumenta hacia el lado positivo y el otro hacia el lado negativo.

La forma modal entonces consistirá en un vector, donde cada uno de sus elementos será un grado de libertad medido en la estructura, cuyo valor de amplitud indicará la respuesta máxima y cuyo signo indicará si la respuesta es hacia el lado positivo o negativo del sensor que la registró.

Para éste estudio se presentarán, cuando sea posible, los tres primeros modos de vibración en planta, por ejemplo, para el caso de un edificio con modos desacoplados, se presentarán los primeros modos traslacionales en cada dirección y el modo torsional. Cada punto de medición se considerará como un grado de libertad de la planta (pueden haber redundancias) y se normalizarán los vectores de forma modal con amplitudes máximas iguales a la unidad. Si existen varios arreglos, el valor 1 será el máximo obtenido entre todos los registros de todos arreglos para una misma frecuencia.

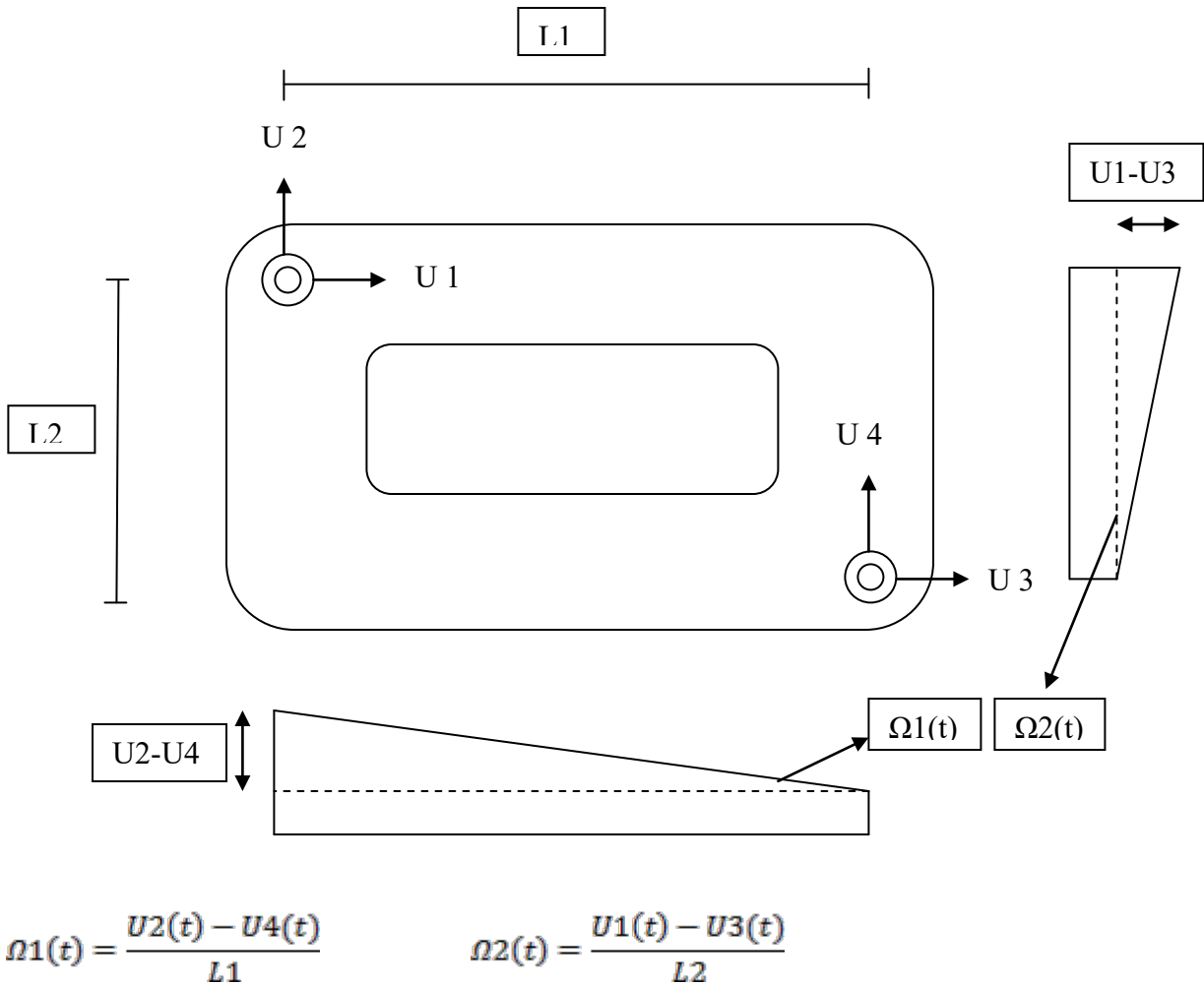
El criterio para la determinación de la forma modal es básicamente como sigue: La existencia de correlación positiva o negativa entre registros perpendiculares es indicativo de movimiento torsional, salvo que el punto de medición coincida con los centros de masa y rigidez. Correlaciones positivas entre registros paralelos no concurrentes evidencian movimiento principalmente traslacional siempre que sus magnitudes de respuesta (Aceleración, velocidad o desplazamiento) sean comparables. De la misma manera y bajo las mismas condiciones, la correlación negativa entre estos indica movimiento principalmente torsional.

La presencia de correlación positiva en registros paralelos concurrentes corrobora la hipótesis de diafragma rígido en esa línea de acción, para la frecuencia en cuestión, siempre que las magnitudes de respuesta sean comparables. En ocasiones se pueden apreciar registros paralelos concurrentes con correlación negativa dentro de un diafragma rígido, lo cual puede ser indicio de la presencia de una junta estructural que interactúa con las estructuras que une (si la frecuencia es comparable a las estructurales conseguidas) o puede indicar algún modo superior de vibración propio del diafragma mas no de la estructura en conjunto (si la frecuencia es muy alta en comparación de las encontradas para la estructura). El no encontrar correlación entre registros paralelos concurrentes puede ser indicativo de la presencia de una junta estructural sin interacción, en donde las estructuras a ambos lados de la junta pueden vibrar independientemente.

f) Registro Rotacional Como Verificación Para Diafragmas Rígidos

Como criterio novedoso en la metodología, se añadió una verificación de diafragma rígido a través de los registros temporales de rotación. El registro de rotación mide para cada instante de tiempo, un valor proporcional al ángulo de giro (Radianes) del diafragma, por lo tanto, el análisis espectral de éste registro sólo muestra las frecuencias modales torsionales.

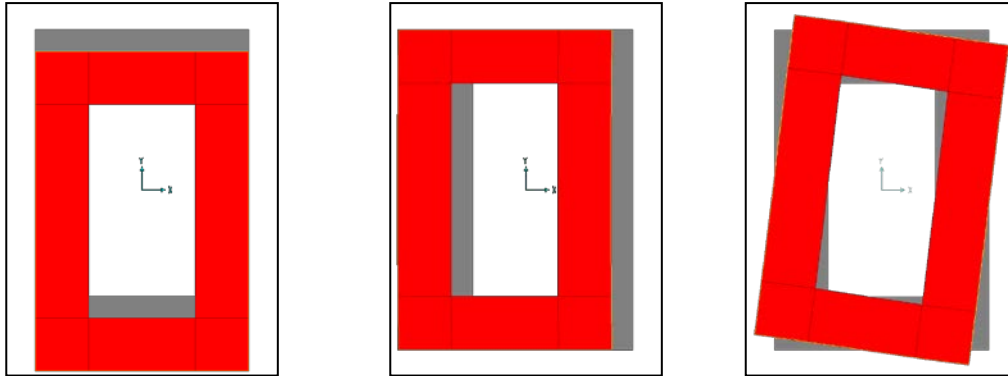
Para la construcción del registro de rotación, se utilizan dos registros de grados de libertad paralelos no concurrentes.



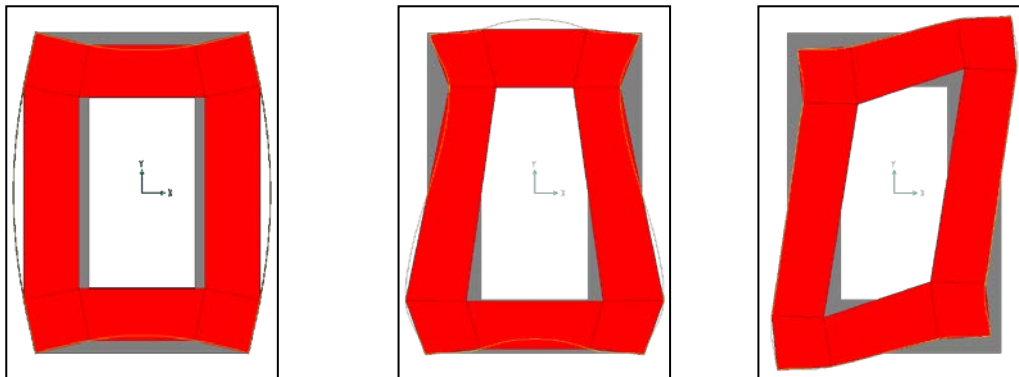
Tal como muestra el esquema, si existe rotación como cuerpo rígido se deben cumplir dos condiciones: los valores de  $\Omega_1(t)$  son iguales a los de  $\Omega_2(t)$  y la fase entre ambos registros debe ser cero. Para el estado actual del desarrollo de la metodología, sólo utilizamos la segunda condición, por lo que las distancias  $L_1$  y  $L_2$  quedan con importancia secundaria y se utilizaron solamente los valores de los registros  $U_1(t)$ ,  $U_2(t)$ ,  $U_3(t)$  y  $U_4(t)$ , de manera que los son de amplitud semejante pero efectivamente deben mantener fase igual a cero si el diafragma es rígido.



Algunos modos de vibración de losas con aberturas se muestran a continuación (Figs. 5.6 y 5.7):



**Figura 5.6.- Modos de vibración en planta con una losa como diafragma rígido**



**Figura 5.7.- Modos de vibración en planta con una losa como diafragma flexible**

Según las características estructurales, podrían aparecer los primeros modos de vibración como diafragma rígido, como diafragma flexible o ambos. El objetivo del análisis de los registros de rotación es el de añadir una verificación adicional para corroborar la hipótesis de diafragma rígido, y de no ser así, poder verificar cuál modo como diafragma flexible está presente.

g) *Determinación del Amortiguamiento Modal por el Método de Potencia Media.*

Para un sistema de un grado de libertad dinámico, la función de respuesta en frecuencia para desplazamiento es como sigue (Craig, 1981) (Chopra, 2001):

$$\bar{H} = \frac{1}{(1 - r^2) + i(2\zeta r)} \quad (5.1.6)$$

$$r = \frac{\Omega}{\omega_n}$$

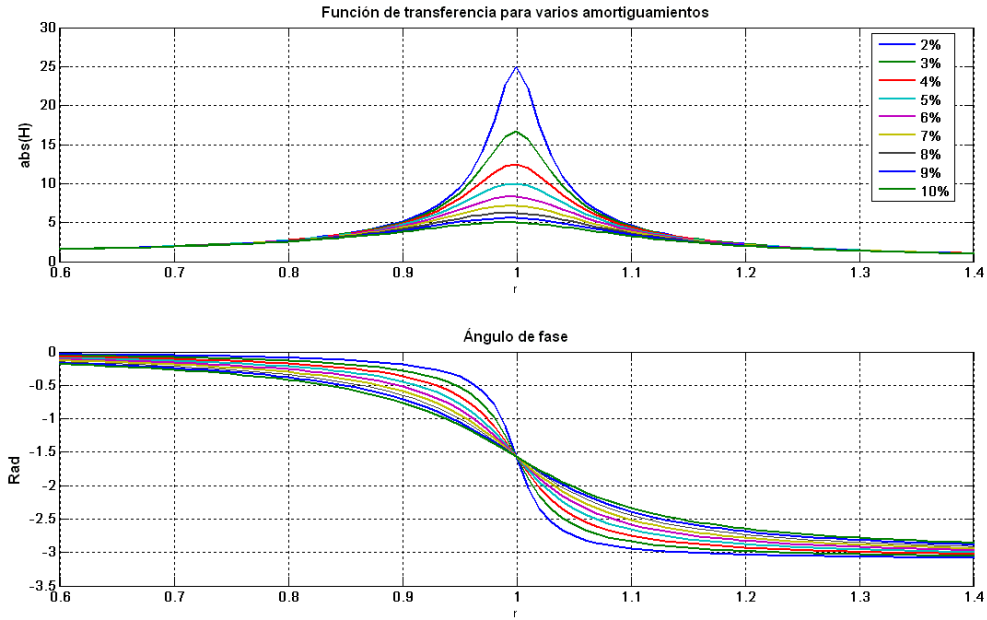
$\zeta$  = Razón de amortiguamiento crítico

$\Omega$  = Frecuencia de la excitación

$\omega_n$  = Frecuencia natural del sistema

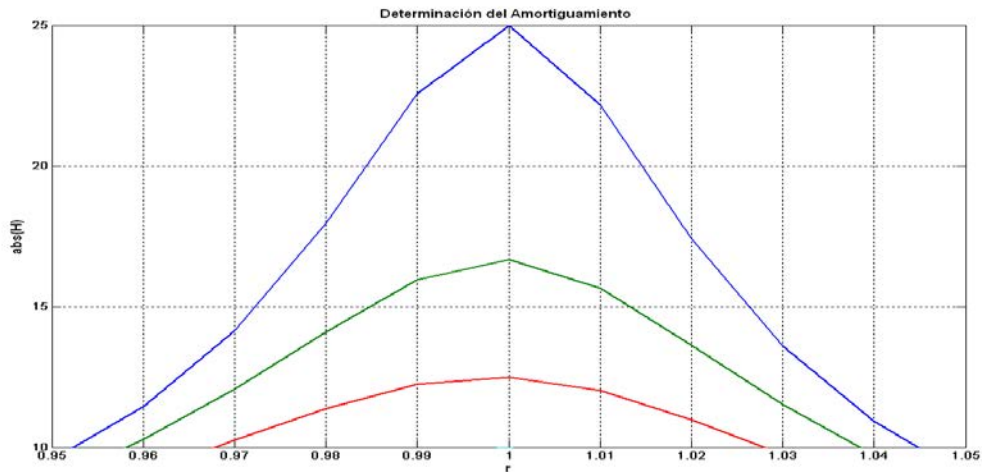
El valor absoluto de esta expresión representa ampliaciones de respuesta con respecto a la excitación y su máximo valor se consigue cuando  $r=1$ . Si se calculan las raíces de esta expresión para un valor absoluto igual a  $\sqrt{2}/2 \cdot \max(|H|)$  obtendremos dos valores  $r_1$  y  $r_2$ . Se puede demostrar que el amortiguamiento de el sistema es:

$$\zeta = \frac{r_2 - r_1}{2} = \frac{1}{2} \left( \frac{\Omega_2 - \Omega_1}{\omega_n} \right) \quad (5.1.7)$$



**Figura 5.8.- Curvas de ampliación y fase para varios amortiguamientos**

Haciendo un acercamiento a la primera gráfica y aplicando el método antes descrito podemos determinar el amortiguamiento (Fig. 5.9):



**Figura 5.9.- Ampliación de la figura 5.8**

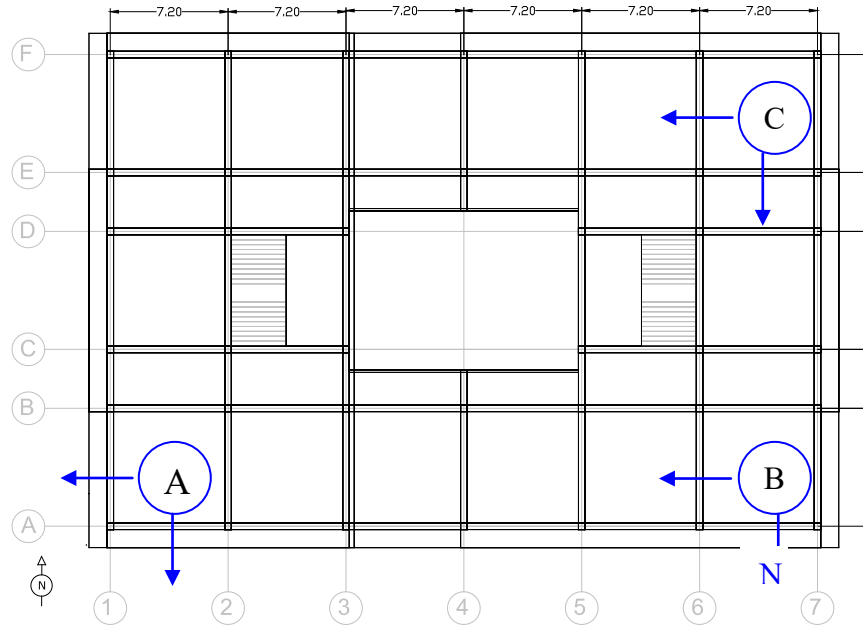
El máximo valor de amplificación, para  $r=1$  de la curva superior es 25. Se debe buscar entonces los valores de  $r$  correspondientes a  $25 \cdot \sqrt{2/2} = 17.67$ . Estos valores son aproximadamente  $r_1=0.98$  y  $r_2=1.02$ , aplicando la fórmula descrita anteriormente se obtienen un amortiguamiento de 0.02 ó 2% que es el exacto para esa curva. Este método, como se dijo anteriormente, es válido para amortiguamientos pequeños, para amortiguamientos muy elevados se requiere hacer una expansión binomial debido a que las potencias de  $\zeta$  no son despreciables.

## 5.2.- Marco Experimental

### 5.2.1.- Unidad Educativa Domingo Faustino Sarmiento

#### a) Instrumentación

En esta edificación se realizó un arreglo con tres sismómetros GURALP, el arreglo consistió en la instalación de los equipos en el tercer nivel de la edificación como se indica (Figura 5.2.1) con el fin de identificar los 3 modos fundamentales derivados de la suposición de comportamiento de dicho nivel como diafragma rígido en su plano, con 3 grados de libertad dinámicos. Los datos de este arreglo fueron adquiridos de manera simultánea con tres equipos independientes sincronizados a través de GPS.



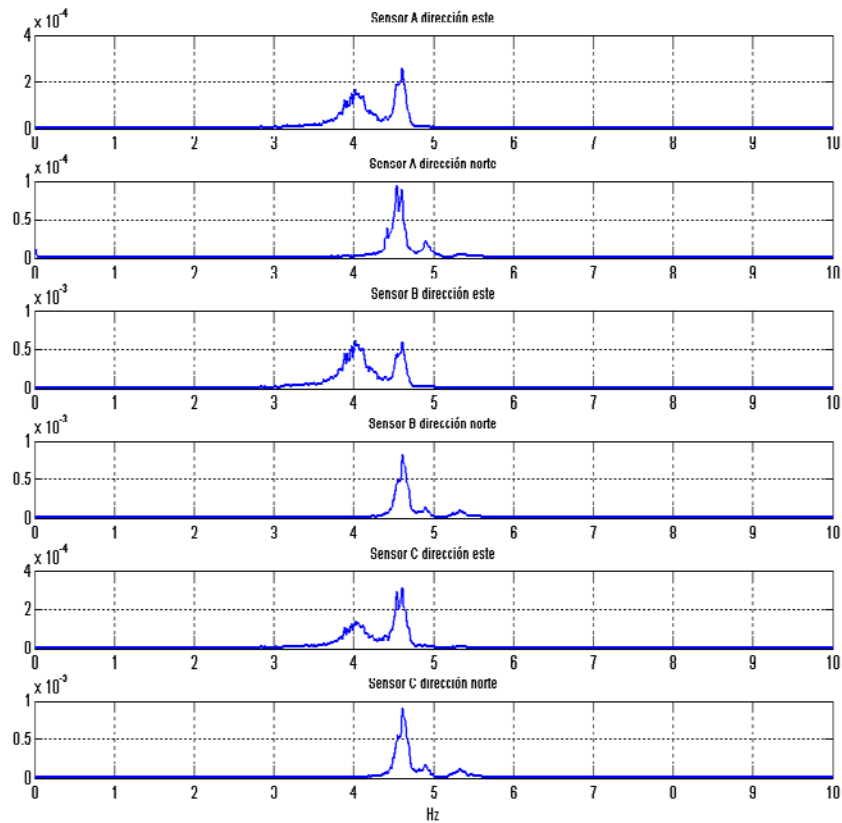
**Figura 5.2.1.- Esquema de instrumentación de la U.E. Domingo Faustino Sarmiento. El norte instrumental necesariamente no debe coincidir con el geográfico sino más bien con ejes estructurales principales.**

Es obvio que derivado de la hipótesis de diafragma rígido, el sensor B ofrece grados de libertad redundantes pues en el diafragma ellos ya están contenidos en los sensores A y B, es decir, no debe existir diferencia de comportamiento entre los canales C-norte y B-norte así como tampoco entre los canales A-este y B-este. Sin embargo, la redundancia de información es necesaria para poder corroborar dicha hipótesis, así como para poder establecer patrones de movimiento si esta resultara incorrecta.

b) Registro y procesamiento de datos

Los datos fueron adquiridos a una tasa de 200 muestras por segundo durante 30 minutos y almacenados para su posterior procesamiento mediante el empleo del programa de computación MatLab [THE MATHWORKS]

Una vez determinados los espectros de potencia suavizados, se identificaron los picos máximos que indican las componentes frecuenciales predominantes en el registro.



**Figura 5.2. 2.- Espectros de potencia del arreglo único de la U.E. Domingo Faustino Sarmiento**

Luego de identificadas las posibles frecuencias modales, se calculó la densidad espectral cruzada entre varios registros seleccionados, de manera de poder determinar

frecuencias comunes y ángulo de fase entre ellos. El criterio de selección consiste en buscar en los espectros cruzados aquellas frecuencias vistas en los espectros directos y que a su vez presenten ángulos de fase iguales a 0 (cero) o a  $\pi$  radianes ( $180^\circ$ ), lo cual es indicativo de frecuencia de vibración modal.

Se presentan a continuación una colección de gráficas de densidad espectral cruzada para varios registros.

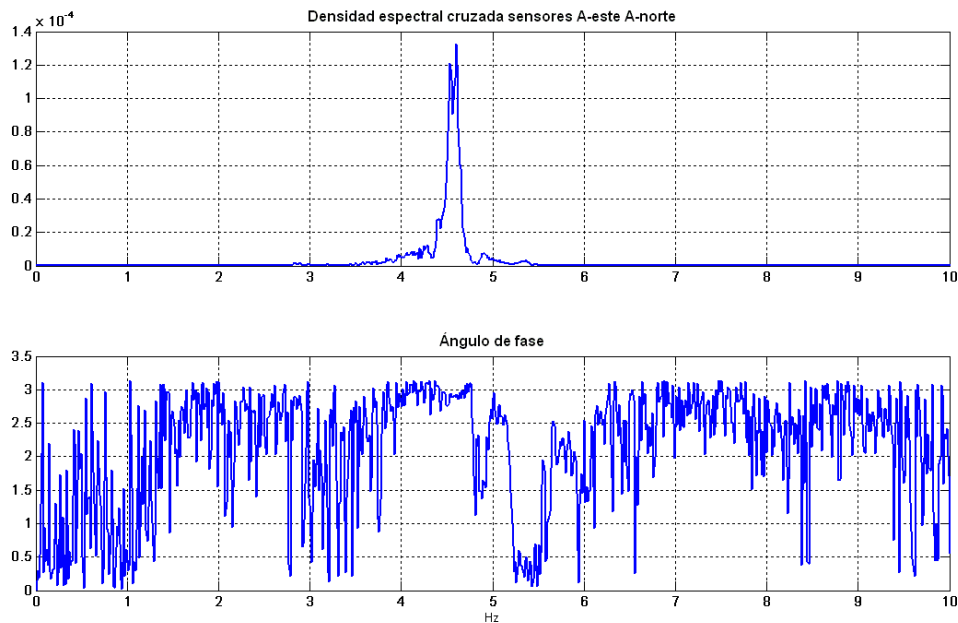


Figura 5.2. 3.- Densidad espectral cruzada A-este A-norte

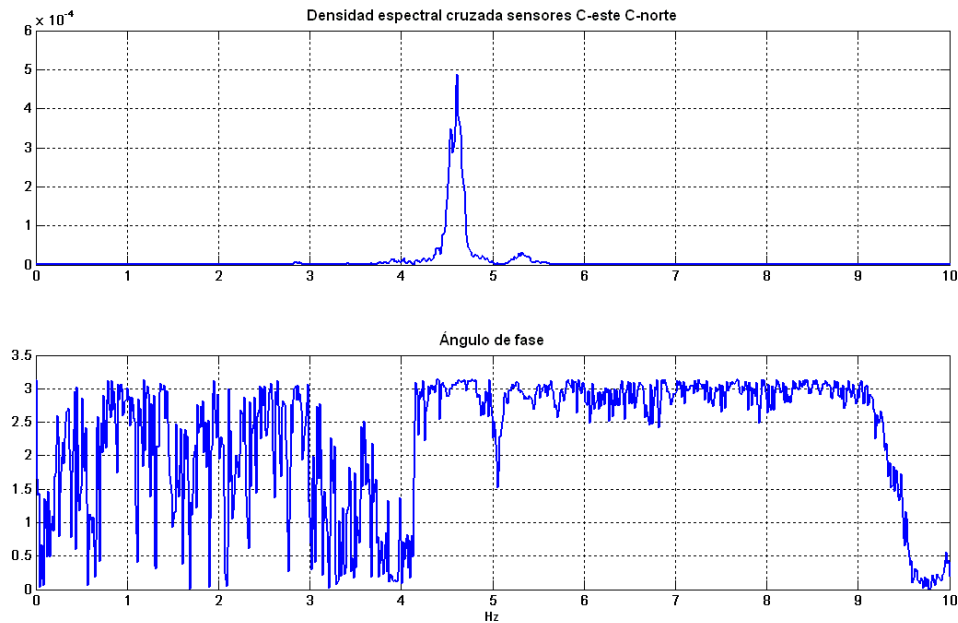


Figura 5.2. 4.- Densidad espectral cruzada C-este C-norte

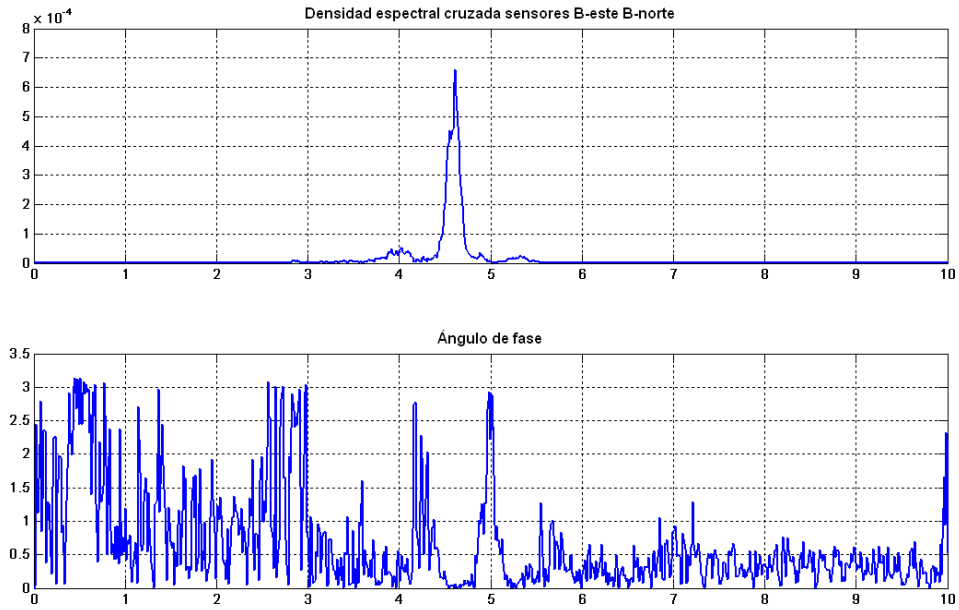


Figura 5.2. 5.- Densidad espectral cruzada B-este B-norte

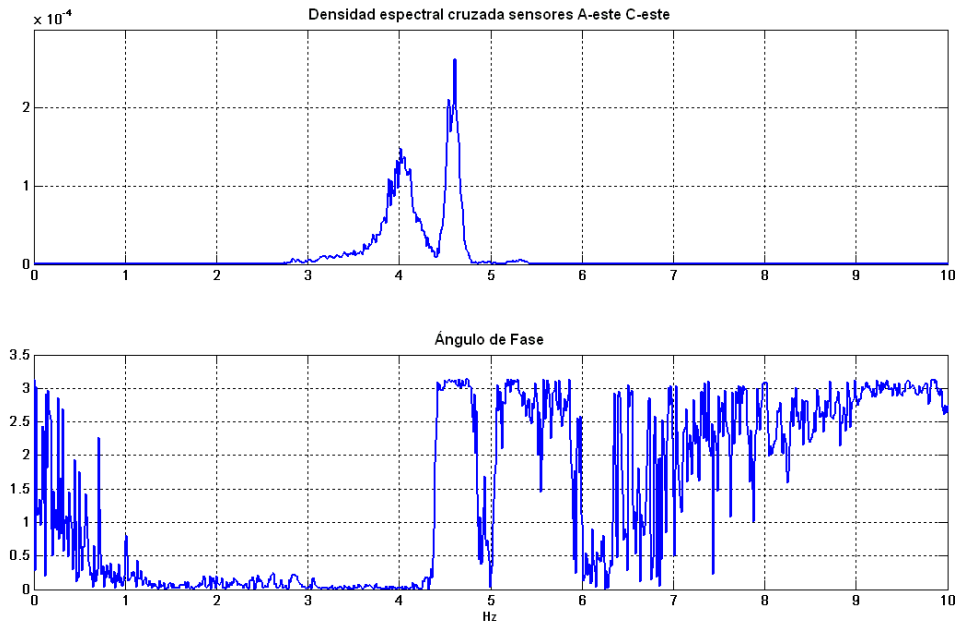


Figura 5.2. 6.- Densidad espectral cruzada A-este C-este



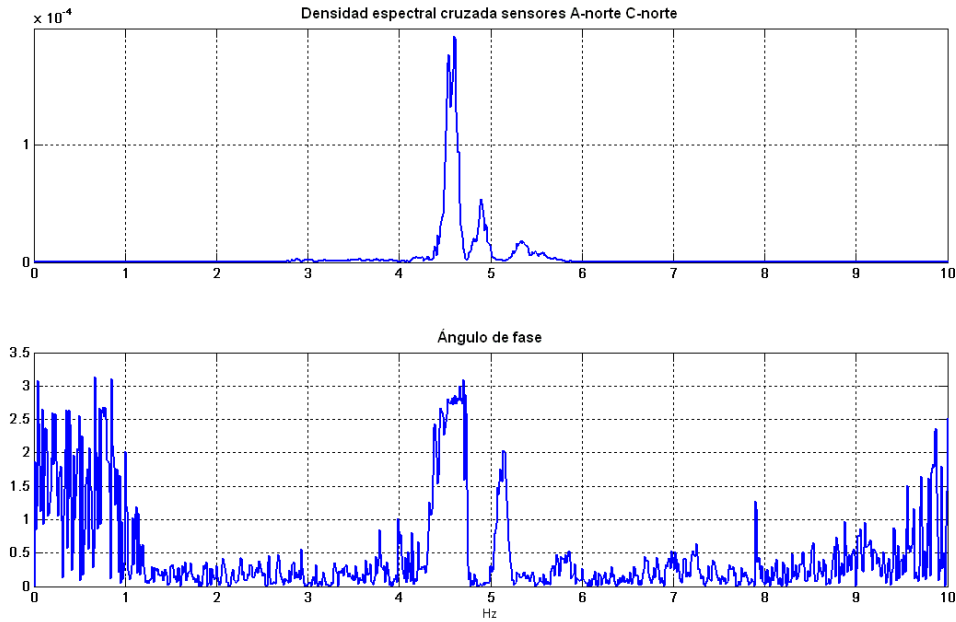


Figura 5.2. 7.- Densidad espectral cruzada A-norte C-norte

c) *Análisis de Resultados*

A continuación se presentan dos tablas con los resultados obtenidos. La tabla 5.2.1 muestra el análisis de correlación cruzada entre algunos registros seleccionados.

**Tabla 5.2. 1.- Correlación cruzada de registros**

Análisis de correlación cruzada de registros					
Arreglo	Sensor / registro	Sensor / registro	Frecuencias detectadas		
			4.02	4.62	4.89
1	A-este	C-este	+	-	n/a
	A-este	A-norte	-	n/a	n/a
	B-este	B-norte	n/a	+	n/a
	C-este	C-norte	n/a	-	n/a
	A-norte	C-norte	n/a	-	+

En la tabla 5.2.2 se muestra, para cada frecuencia modal encontrada, las amplitudes medidas con los instrumentos. Se muestran los máximos espectrales y luego sus raíces cuadradas, las cuales, como se dijo anteriormente, son proporcionales a la amplitud de respuesta.

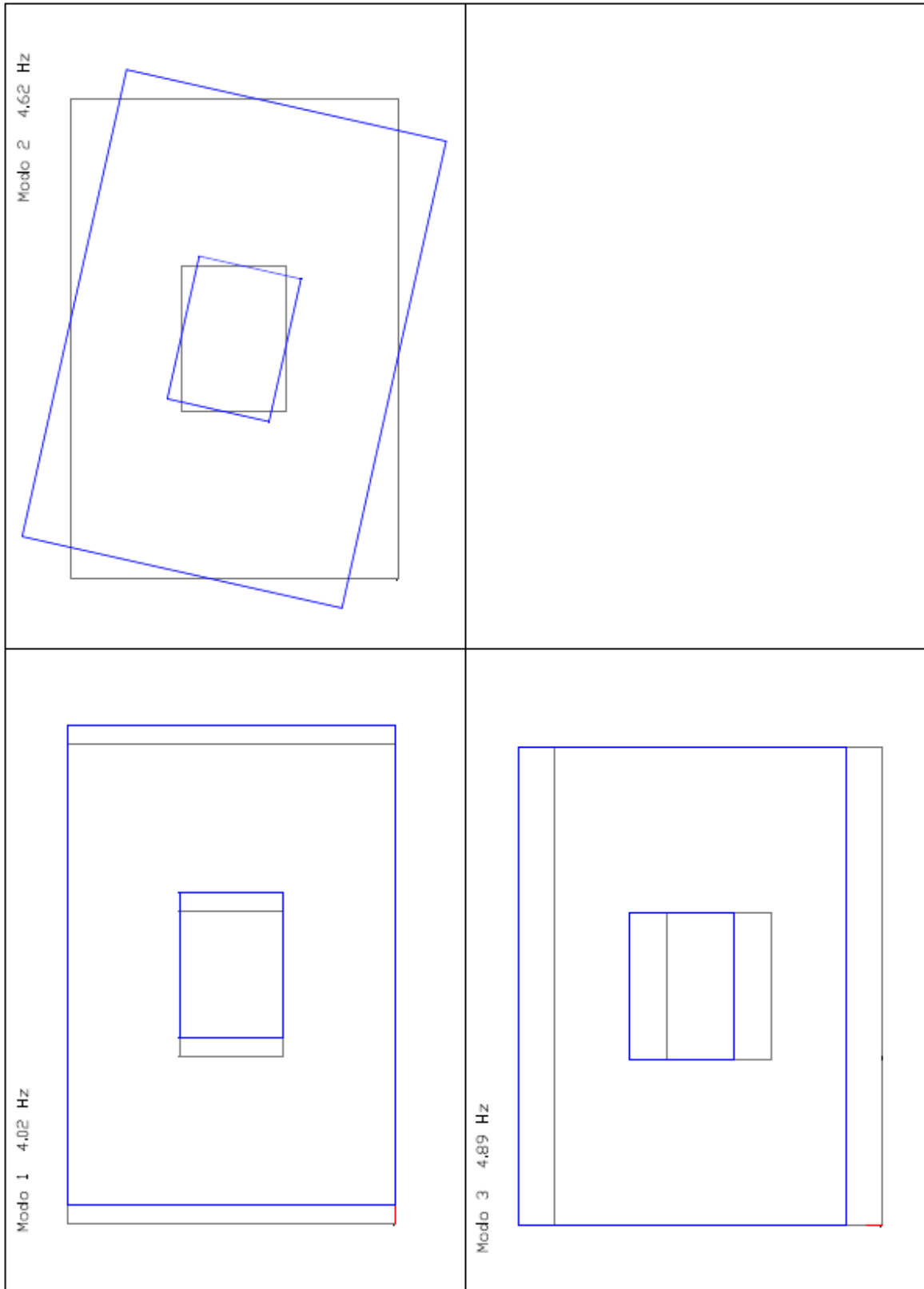
**Tabla 5. 2.- Amplitud de la densidad espectral**

Amplitud de la densidad espectral				
	Sensor / registro	Frecuencias detectadas		
		4.02	4.62	4.89
MÁXIMOS ESPECTRALES	A-este	1.80E-04	2.00E-04	0
	A-norte	0	1.00E-04	2.50E-05
	B-este	5.00E-04	5.00E-04	0
	B-norte	0	7.50E-04	2.00E-04
	C-este	1.80E-04	3.00E-04	0
	C-norte	0	9.00E-04	1.50E-04
RAICES CUADRADAS NORMALIZADAS	A-este	0.6000	0.4714	0.0000
	A-norte	0.0000	0.3333	0.3536
	B-este	1.0000	0.7454	0.0000
	B-norte	0.0000	0.9129	1.0000
	C-este	0.6000	0.5774	0.0000
	C-norte	0.0000	1.0000	0.8660

d) *Conclusiones*

Del análisis de los resultados obtenidos, a partir del procesamiento de los datos adquiridos en la medición de propiedades dinámicas de la U.E. Domingo Faustino Sarmiento se concluye:

- Los tres primeros modos tienen frecuencias de 4.02, 4.62 y 4.89 Hz respectivamente con una tolerancia de cálculo de +/- 0.0061 Hz puesto que la tasa de muestreo fue de 200 Hz y el número de puntos por ventana igual a 16384 muestras.
- Los modos identificados en orden creciente de frecuencias son: Traslacional este, torsional y traslacional norte. Del análisis se deriva que estos tres primeros modos están prácticamente desacoplados a pesar de que puede apreciarse algún acoplamiento menor en algunas gráficas, este bien puede ser atribuido a la desviación entre la dirección del sensor y la principal de los ejes estructurales, sin embargo, en el caso de que fuese un acoplamiento estructural real, este es, para fines prácticos, despreciable.
- El amortiguamiento calculado para el primer modo es 3.66%, para el segundo 1.51% y para el tercero 1.17% del amortiguamiento crítico. Estos amortiguamientos son representativos de vibraciones a baja amplitud y no deben tomarse para análisis estructurales de edificaciones que no vayan a estar sujetas a esta condición.



**Figura 5.2. 8.- Detalle de las formas modales determinadas**

5.2.2.- Unidad Educativa Padre Sojo

a) Instrumentación

Para el día de la instrumentación de esta edificación, se contaba con 2 equipos sismómetros GURALP únicamente, por lo que se requirió de tres arreglos independientes para poder determinar los modos de vibración estructurales. Estos arreglos se dispusieron uno en cada módulo principal de la edificación y el restante consistió de un sismómetro en cada uno de los módulos para verificar el tipo de interacción entre ellos a través de la junta estructural.

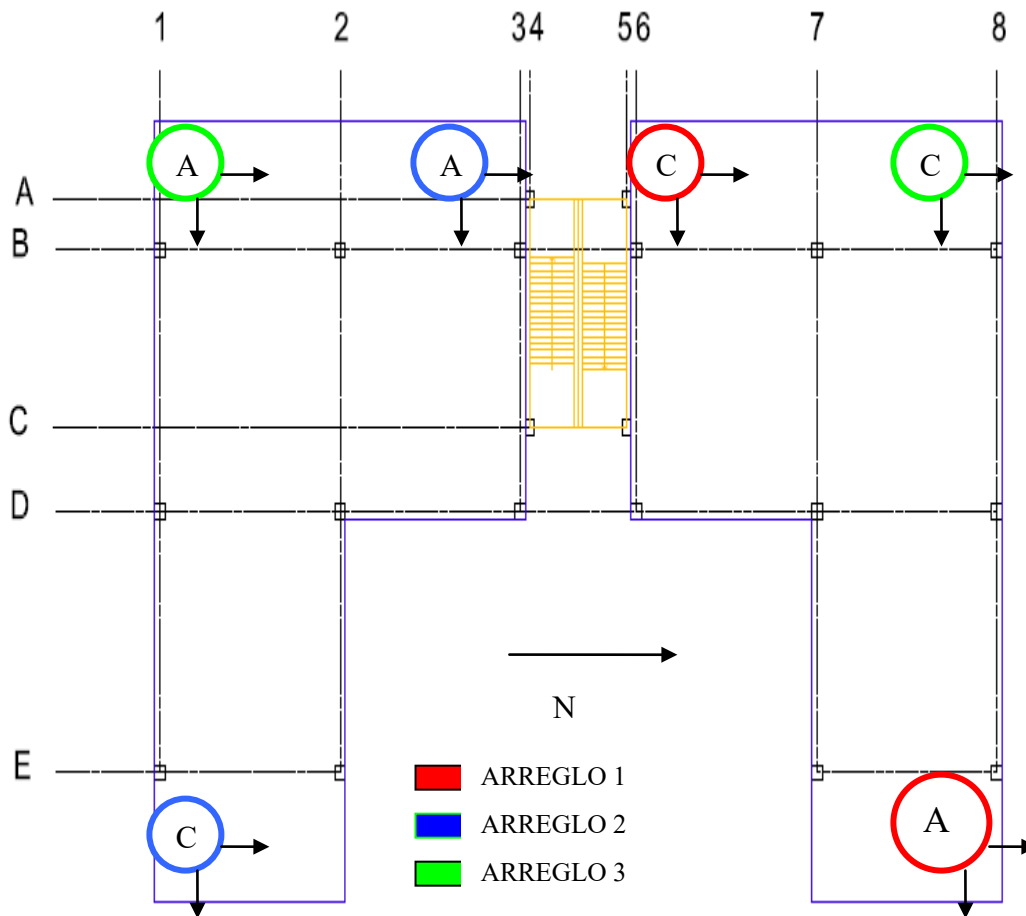


Figura 5.2. 9.- Esquema de instrumentación de la U.E. Padre Sojo

Para esta edificación se supuso comportamiento como diafragma rígido de cada uno de los módulos por separado (2 módulos principales y otro de escaleras) y el tipo de interacción de la junta estructural fue determinada del análisis de los registros.

b) Registro y procesamiento de datos

Los datos fueron adquiridos a una tasa de 200 muestras por segundo durante 30 minutos para cada arreglo y almacenados para su posterior procesamiento mediante el empleo el programa de computación MatLab.

Una vez determinados los espectros de potencia suavizados, se identificaron los picos máximos que indican las componentes frecuenciales predominantes en el registro.

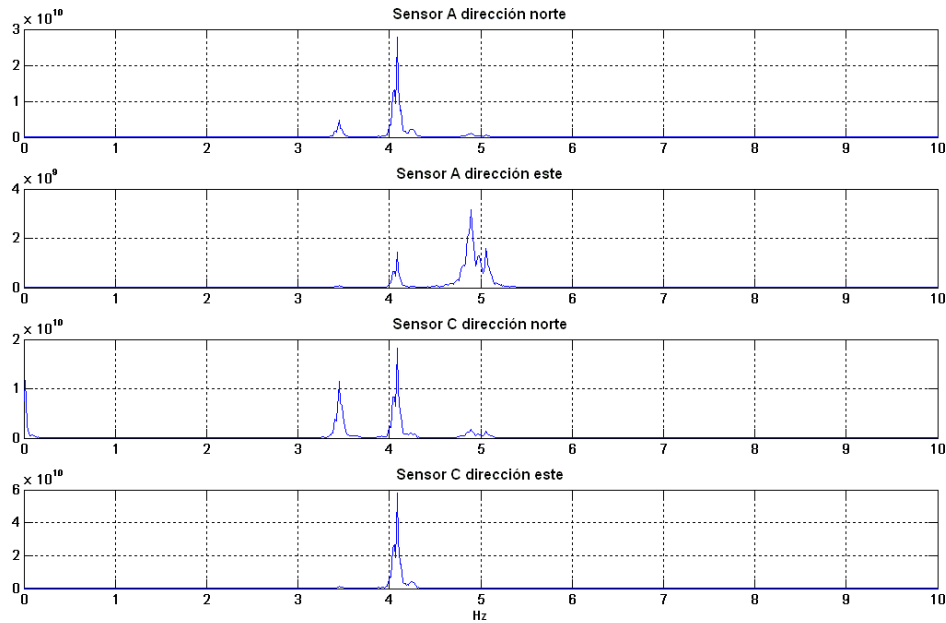


Figura 5.2. 10.- Espectros de potencia Arreglo 1

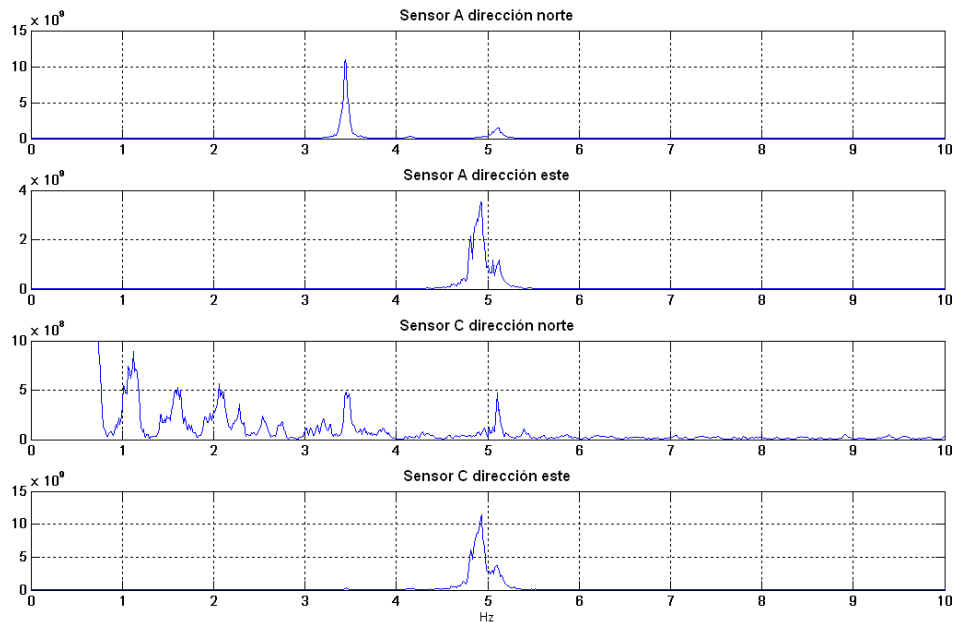


Figura 5.2. 11.- Espectros de potencia Arreglo 2

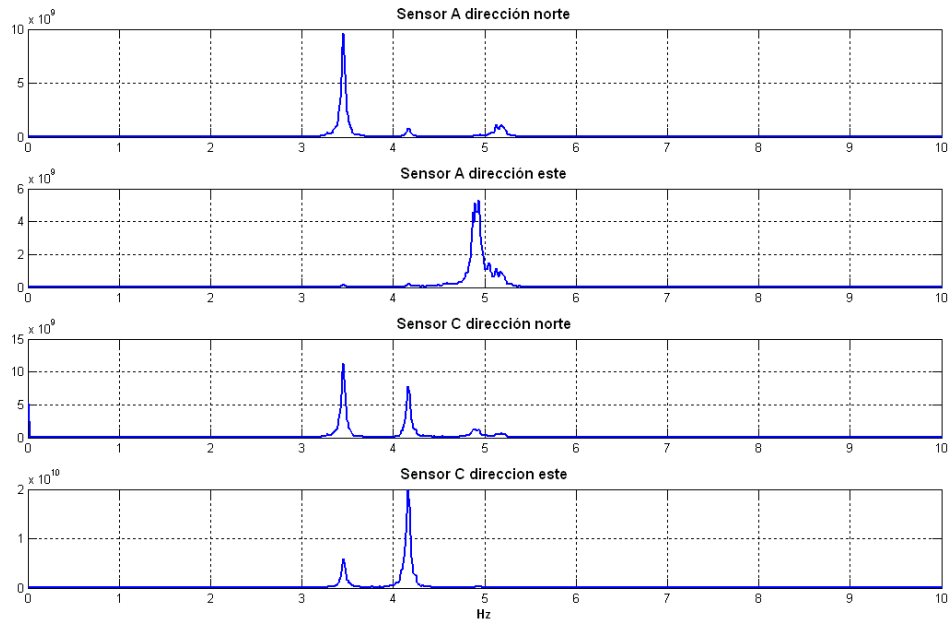


Figura 5.2. 12.- Espectros de potencia Arreglo 3

Luego de identificadas las posibles frecuencias modales, se calculó la densidad espectral cruzada entre varios registros seleccionados, de manera de poder determinar frecuencias comunes y ángulo de fase entre ellos.

El criterio de selección consiste en buscar en los espectros cruzados aquellas frecuencias vistas en los espectros directos y que a su vez presenten ángulos de fase iguales a 0(cero) o a  $\pi$  radianes ( $180^\circ$ ), lo cual es indicativo de frecuencia de vibración modal.

Se presentan a continuación una colección de gráficas de densidad espectral cruzada para varios registros correspondientes al arreglo 1.

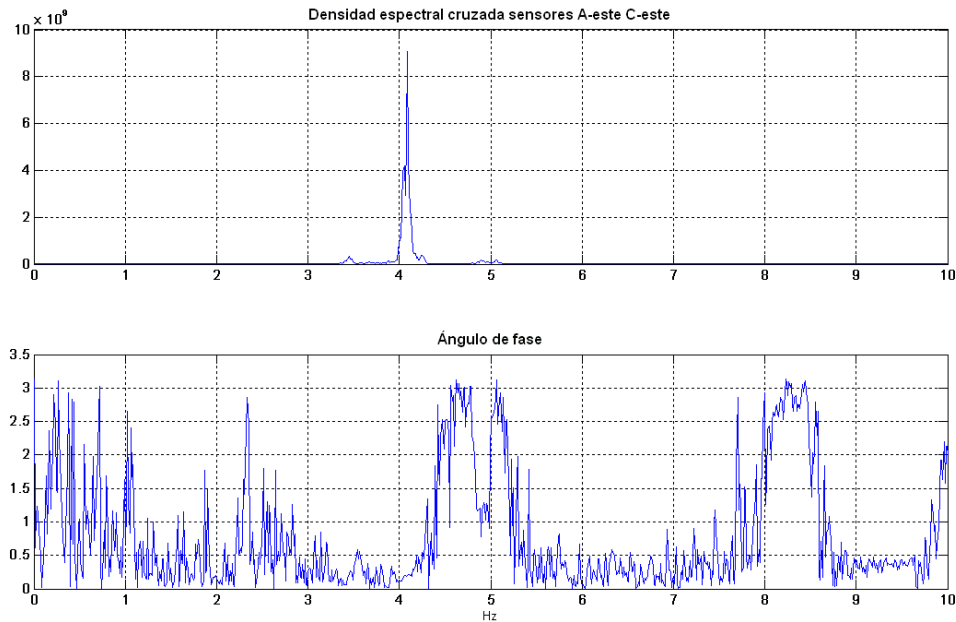


Figura 5.2. 13.- Densidad espectral cruzada sensores A-este C-este



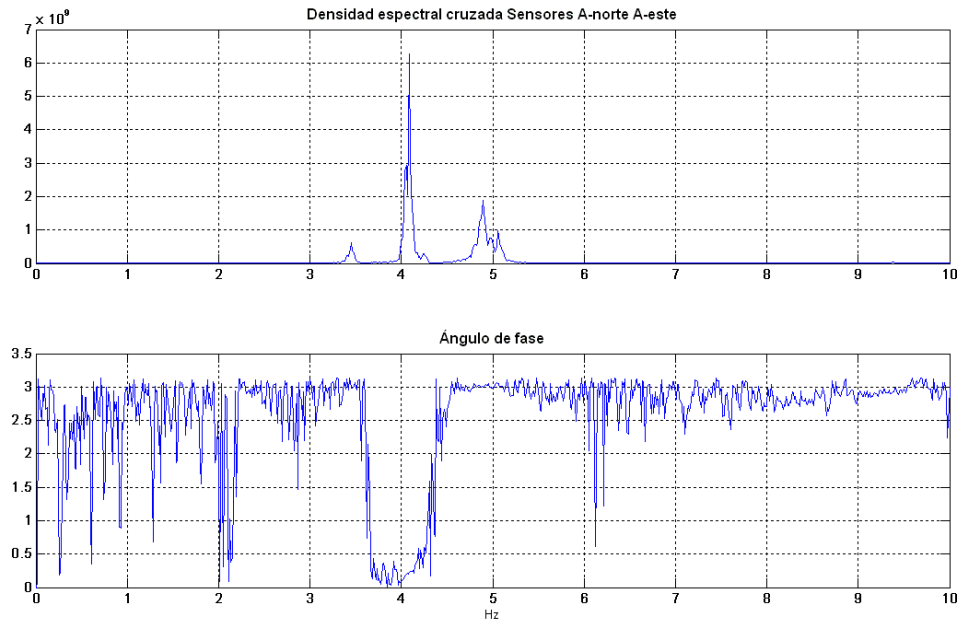


Figura 5.2. 14.- Densidad espectral cruzada sensores A-norte A-este

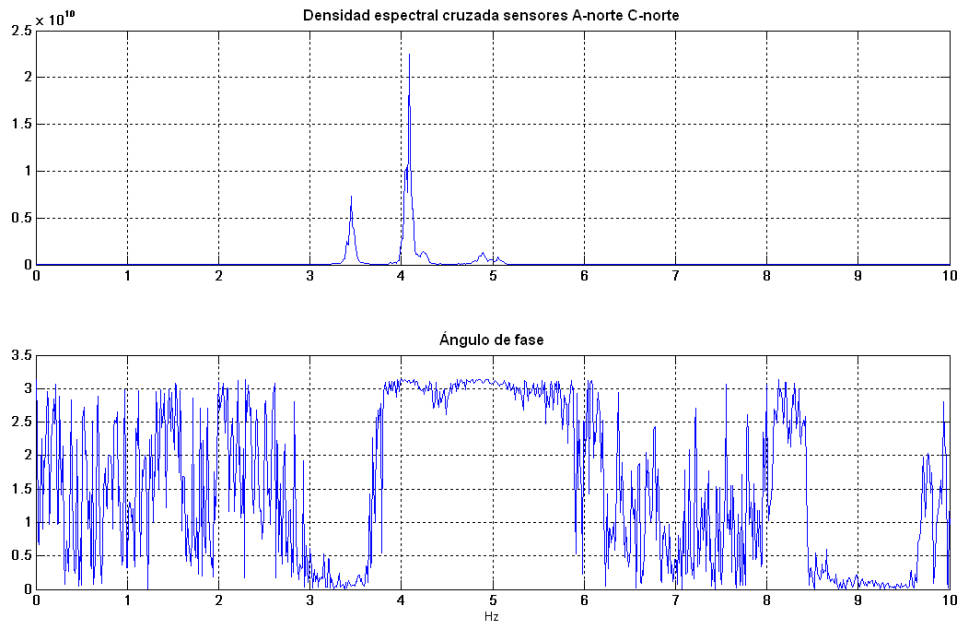


Figura 5.2. 15.- Densidad espectral cruzada sensores A-norte C-norte

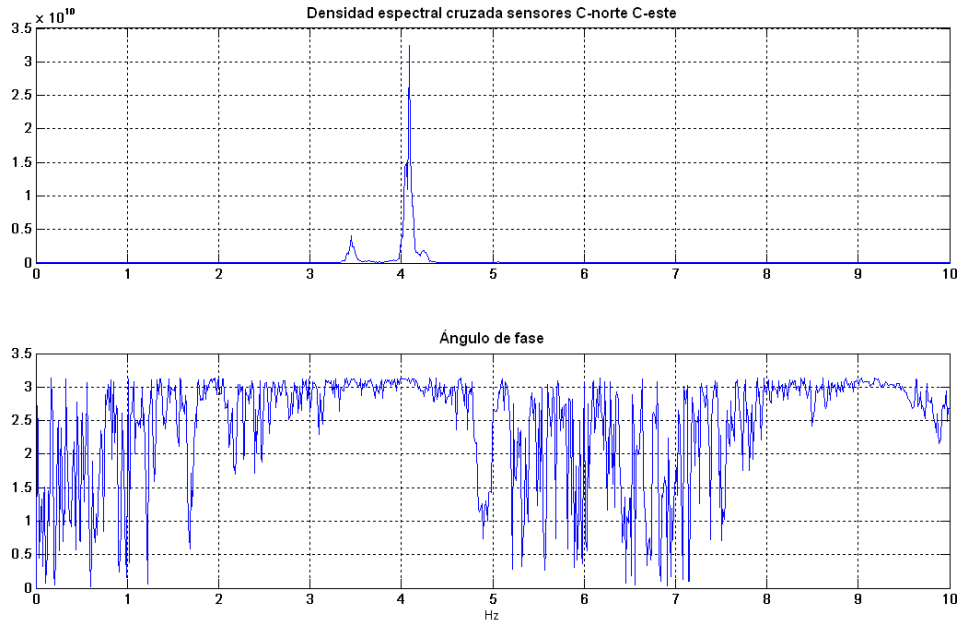


Figura 5.2. 16.- Densidad espectral cruzada sensores C-norte C-este

Gráficas correspondientes al arreglo 2

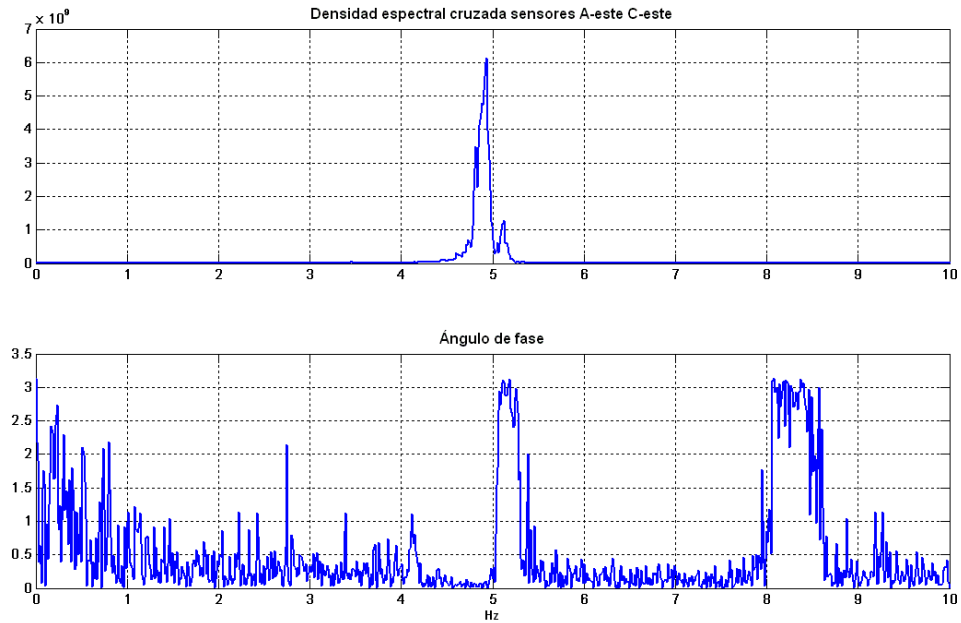
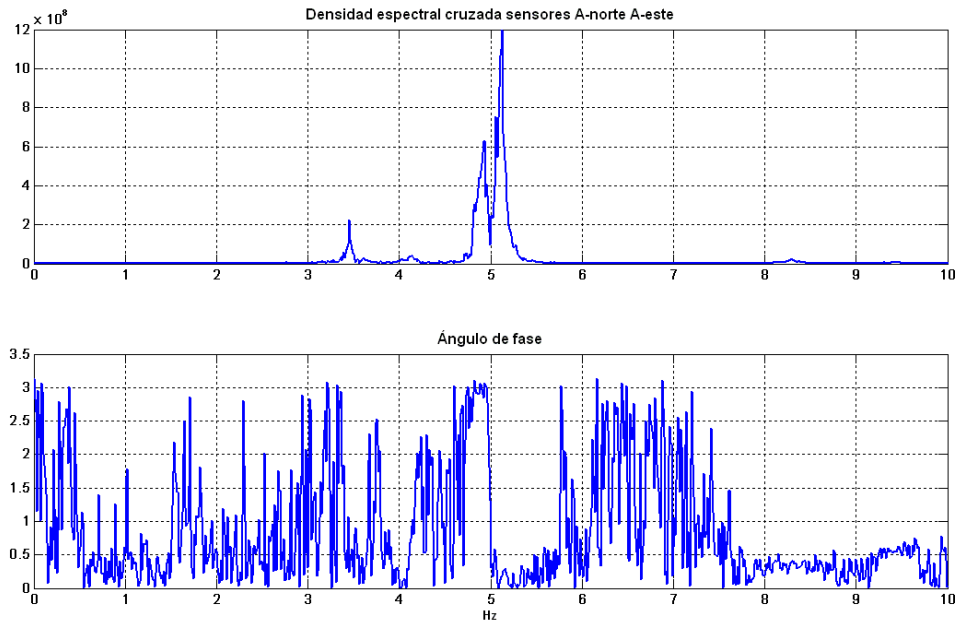
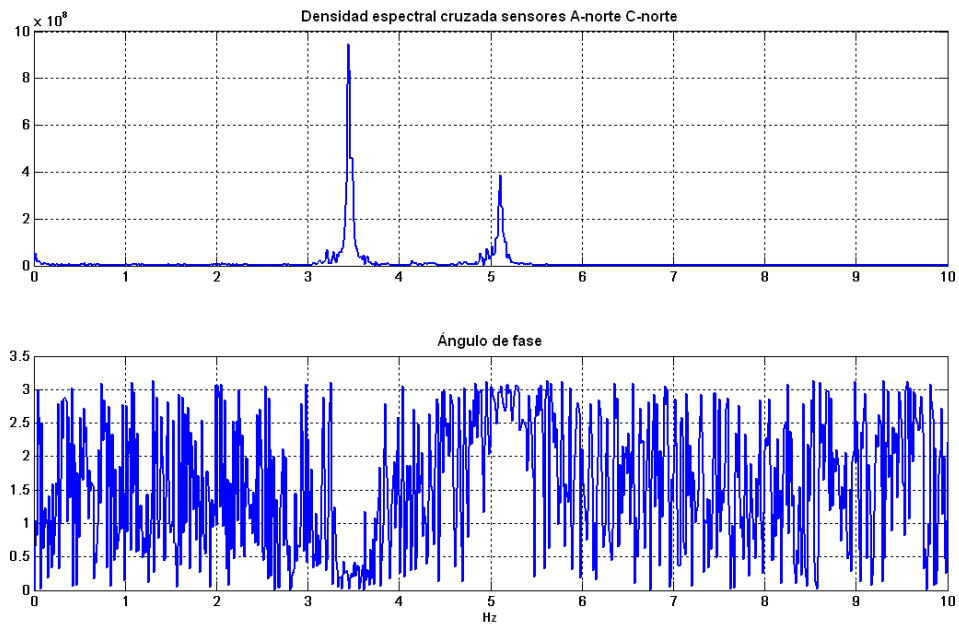


Figura 5.2. 17.- Densidad espectral cruzada sensores A-este C-este



**Figura 5.2. 18.- Densidad espectral cruzada sensores A-norte A-este**



**Figura 5.2. 19.- Densidad espectral cruzada sensores A-norte C-norte**

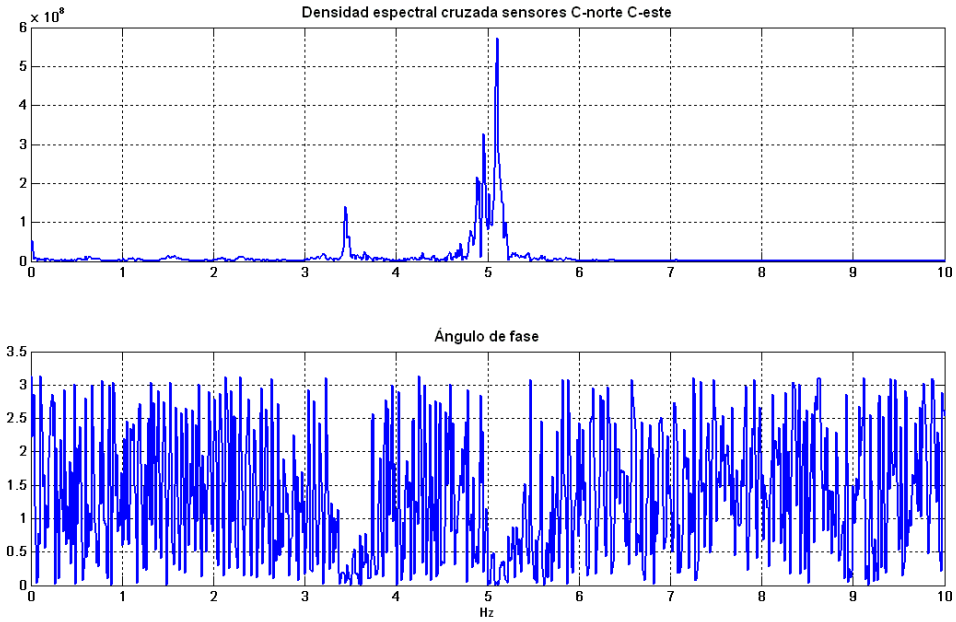


Figura 5.2. 20.- Densidad espectral cruzada sensores C-norte C-este

Gráficas correspondientes al Arreglo 3

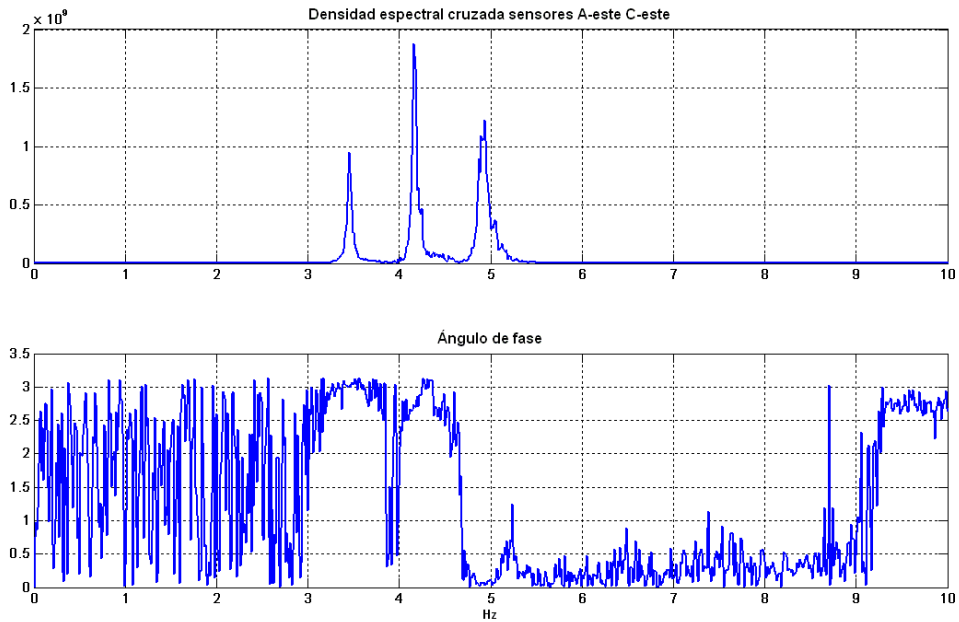


Figura 5.2. 21.- Densidad espectral cruzada sensores A-este C-este

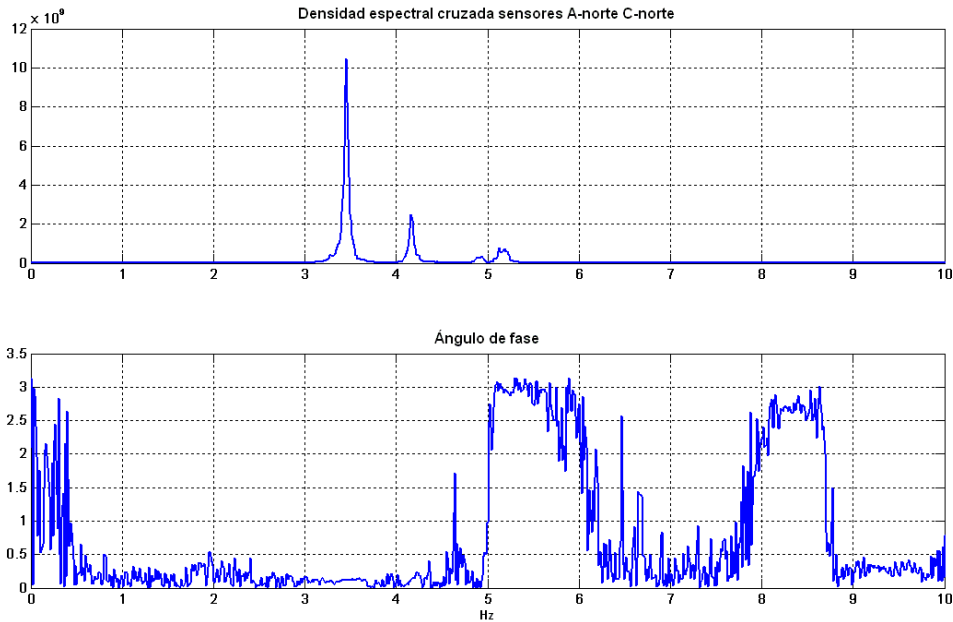


Figura 5.2. 22.- Densidad espectral cruzada sensores A-norte C-norte

c) *Análisis de Resultados*

Se presentan a continuación las tablas con los resultados provenientes de los espectros de potencia y con el análisis de correlación cruzada, resumido este último como fases, las cuales pueden ser positivas o negativas..

Tabla 5.2. 3.- Amplitud de la densidad espectral. Registros del arreglo 1

Amplitud de la densidad espectral					
Arreglo 1	Sensor / registro	Frecuencias detectadas			
		3.45	4.09	4.89	5.05
MÁXIMOS ESPECTRALES	A-este	0	1.60E+09	3.20E+09	1.00E+09
	A-norte	5.00E+09	2.80E+10	1.00E+09	1.00E+09
	C-este	0.00E+00	6.00E+10	0	0.00E+00
	C-norte	1.10E+10	1.80E+10	2.00E+09	1.50E+09
RAICES CUADRADAS NORMALIZADAS	A-este	0.0000	0.1633	0.5657	0.5000
	A-norte	0.6742	0.6831	0.3162	0.5000
	C-este	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
	C-norte	1.0000	0.5477	0.4472	0.6124

**Tabla 5.2. 4.- Amplitud de la densidad espectral. Registros del arreglo 2**

Amplitud de la densidad espectral					
Arreglo 2	Sensor / registro	Frecuencias detectadas			
		3.45	4.09	4.89	5.05
MÁXIMOS ESPECTRALES	A-este	0	0	3.80E+09	1.20E+09
	A-norte	1.00E+10	5.00E+08	0	2.30E+09
	C-este	0.00E+00	0	1.00E+10	4.00E+09
	C-norte	5.00E+08	0	0.00E+00	4.00E+08
RAICES CUADRADAS NORMALIZADAS	A-este	0.0000	0.0000	0.6164	0.5477
	A-norte	0.9535	0.0913	0.0000	0.7583
	C-este	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000
	C-norte	0.2132	0.0000	0.0000	0.3162

**Tabla 5.2. 5.- Amplitud de la densidad espectral. Registros del arreglo 3**

Amplitud de la densidad espectral					
Arreglo 3	Sensor / registro	Frecuencias detectadas			
		3.45	4.09	4.89	5.05
MÁXIMOS ESPECTRALES	A-este	0	0	5.00E+09	1.60E+09
	A-norte	1.00E+10	1.00E+09	0	2.00E+09
	C-este	6.00E+09	2.00E+10	0	0
	C-norte	1.10E+10	7.50E+09	2.00E+09	1.00E+09
RAICES CUADRADAS NORMALIZADAS	A-este	0.0000	0.0000	0.7071	0.6325
	A-norte	0.9535	0.1291	0.0000	0.7071
	C-este	0.7385	0.5774	0.0000	0.0000
	C-norte	1.0000	0.3536	0.4472	0.5000

**Tabla 5.2. 6.- Análisis de correlación cruzada de registros**

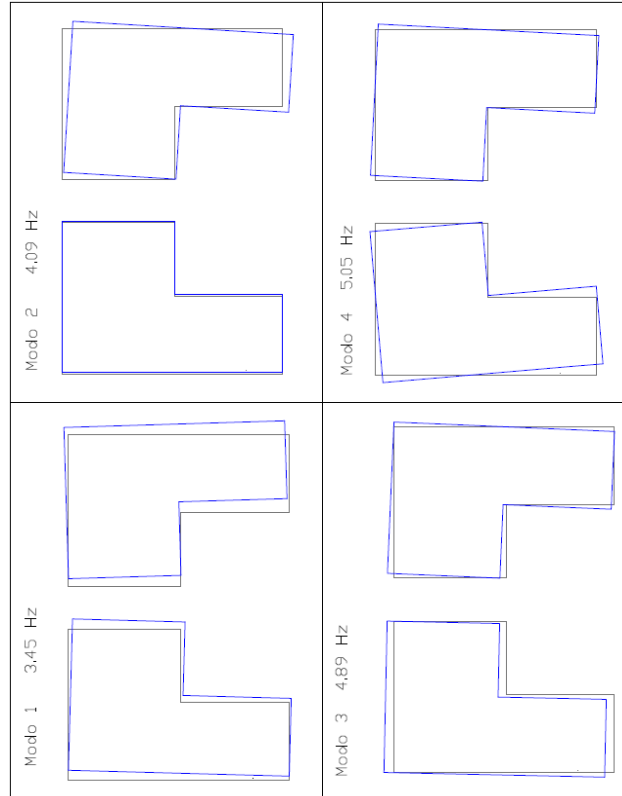
Análisis de correlación cruzada de registros						
Arreglo	Sensor / registro	Sensor / registro	Frecuencias detectadas (Hz)			
			3.45	4.09	4.89	5.05
1	A-este	C-este	+	+	n/a	n/a
	A-norte	A-este	-	+	-	-
	A-norte	C-norte	+	-	-	-
	C-norte	C-este	-	-	n/a	n/a
2	A-este	C-este	n/a	n/a	+	-
	A-norte	A-este	+	+	-	+
	A-norte	C-norte	+	n/a	n/a	-
	C-norte	C-este	+	n/a	n/a	+
3	A-este	C-este	-	-	+	n/a
	A-norte	C-norte	+	+	+	-



d) *Conclusiones*

Del análisis de los resultados obtenidos a partir del procesamiento de los datos adquiridos en la medición de propiedades dinámicas de la U.E. Padre Sojo se concluye:

- Los cuatro primeros modos tienen frecuencias de 3.45, 4.09, 4.89 y 5.05 Hz respectivamente con una tolerancia de cálculo de  $\pm 0.0061$  Hz puesto que la tasa de muestreo fue de 200 Hz y el número de puntos por ventana igual a 16384 muestras.
- Los modos identificados no tienen un movimiento preferencial sobre algún grado de libertad, más bien son acoplados de torsión con al menos una traslación. Del análisis se deduce que las juntas estructurales están funcionando como medios elásticos de baja rigidez lo cual induce al acoplamiento de los dos módulos principales. Esto se evidencia en el cuarto modo, donde se observan dos registros paralelos concurrentes a ambos lados de la junta estructural presentando un desfase de  $180^\circ$ , lo cual indica que en vez vibrar cada módulo de manera independiente, se muestra el conjunto como un modo estructural de 6 grados de libertad por nivel, 3 en cada módulo.
- El amortiguamiento calculado para el primer modo es 0.7%, para el segundo 0.6%, para el tercero 1.2% y para el cuarto 1.1% del amortiguamiento crítico. Estos amortiguamientos son representativos de vibraciones a baja amplitud y no deben tomarse para análisis estructurales de edificaciones que no vayan a estar sujetas a esta condición.



**Figura 5.2. 23.- Modos de vibración determinados para la U.E. Padre Sojo.**

5.2.3.- Unidad Educativa Luís Alejandro Alvarado.

a) Instrumentación

Esta edificación fue instrumentada con seis sismómetros modelo Ranger SS-1. Se realizaron 3 arreglos, en los cuales, dos de ellos tuvieron la configuración típica de puntos biaxiales de registro (Norte-Este) y el arreglo restante, por el tipo de configuración de planta, consistió en seis puntos uniaxiales paralelos entre sí distribuidos a lo largo de la edificación, de manera de ganar en resolución en el momento de extraer la forma modal.

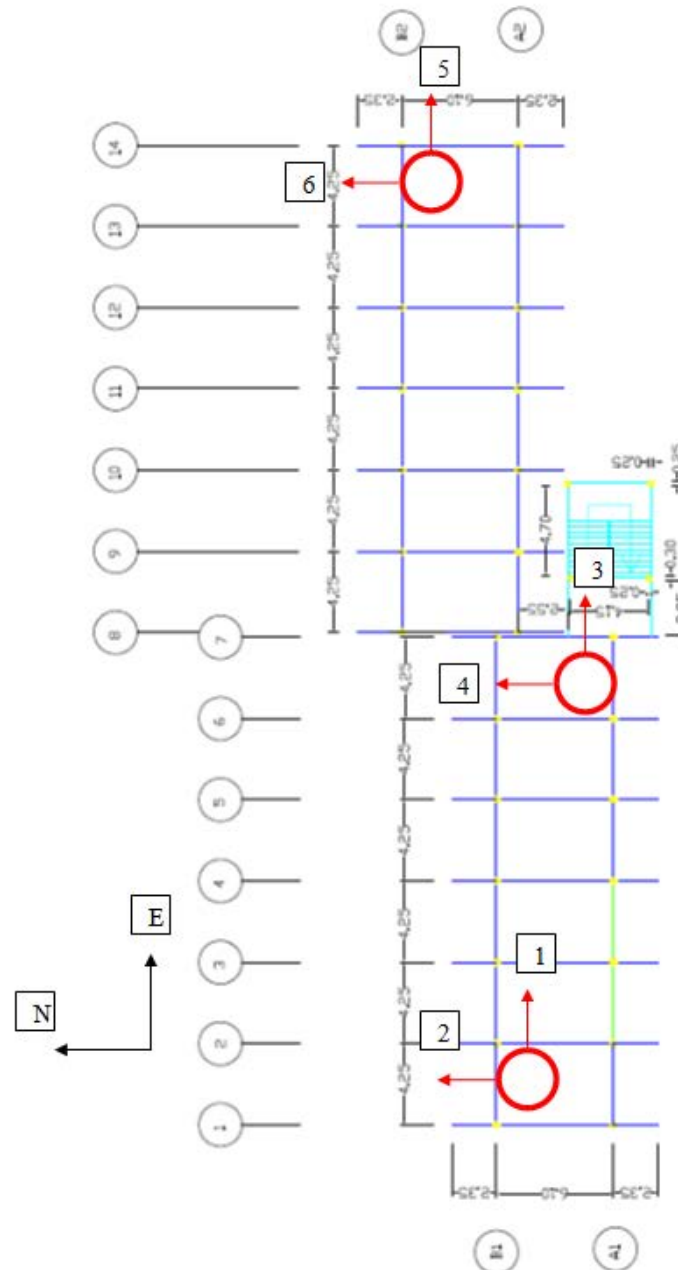


Figura 5.2. 24.- Esquema de instrumentación de la U.E. Luis A. Alvarado. Arreglo 1

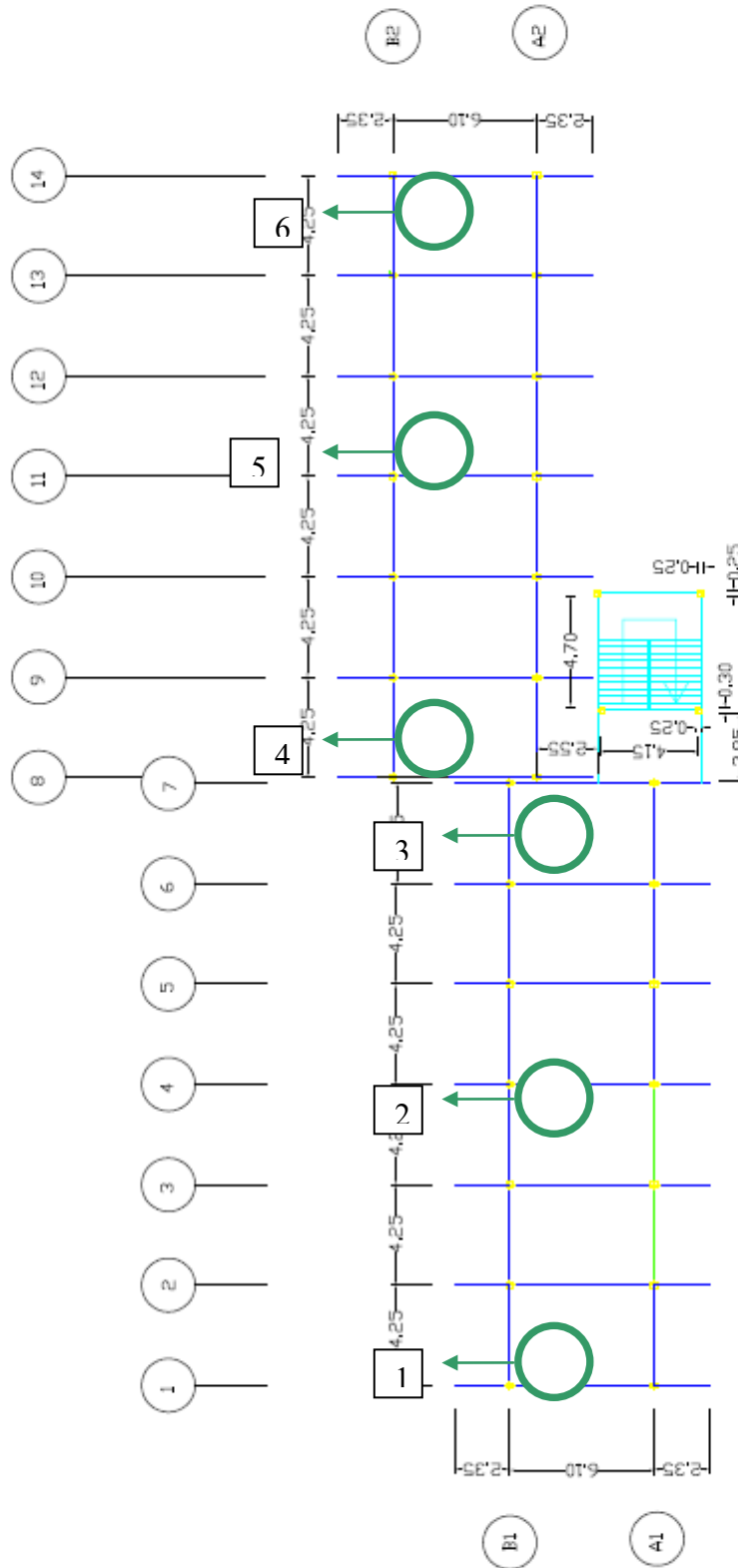


Figura 5.2. 25.- Esquema de instrumentación de la U.E. Luis A. Alvarado. Arreglo 2

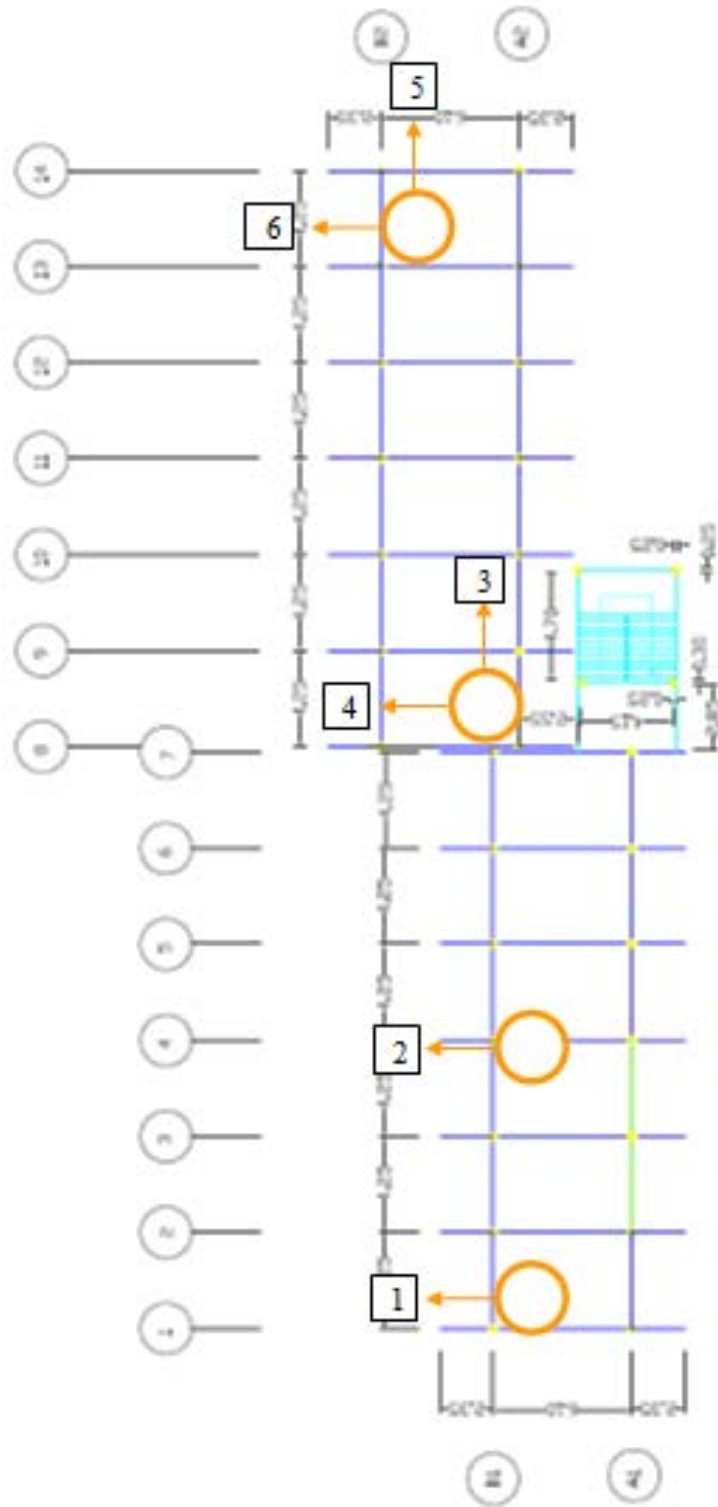


Figura 5.2. 26.- Esquema de instrumentación de la U.E. Luis A. Alvarado. Arreglo 3  
b) Registro y procesamiento de datos

Los datos fueron adquiridos a una tasa de 200 muestras por segundo durante 15 minutos para cada arreglo y almacenados para su posterior procesamiento utilizando el programa de computación MatLab.

Una vez determinados los espectros de potencia suavizados, se identificaron los picos máximos que indican las componentes frecuenciales predominantes en el registro.

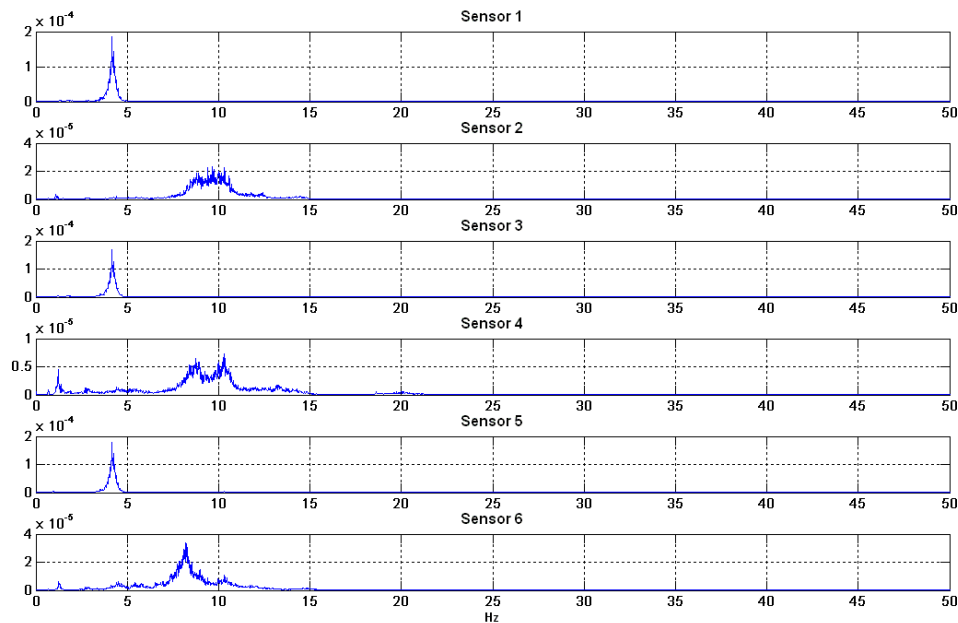


Figura 5.2. 27.- Espectros de potencia. Arreglo 1

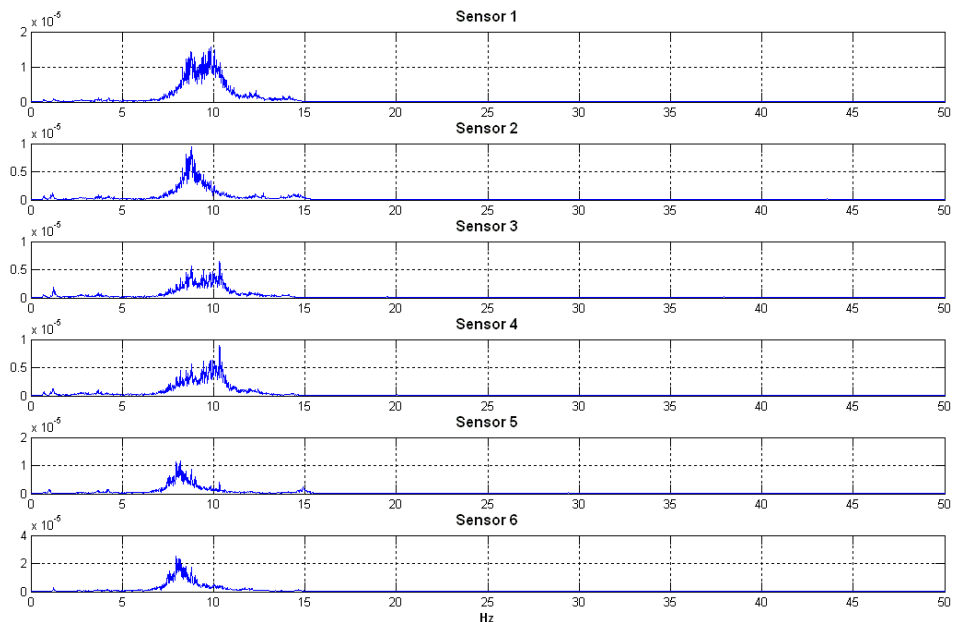
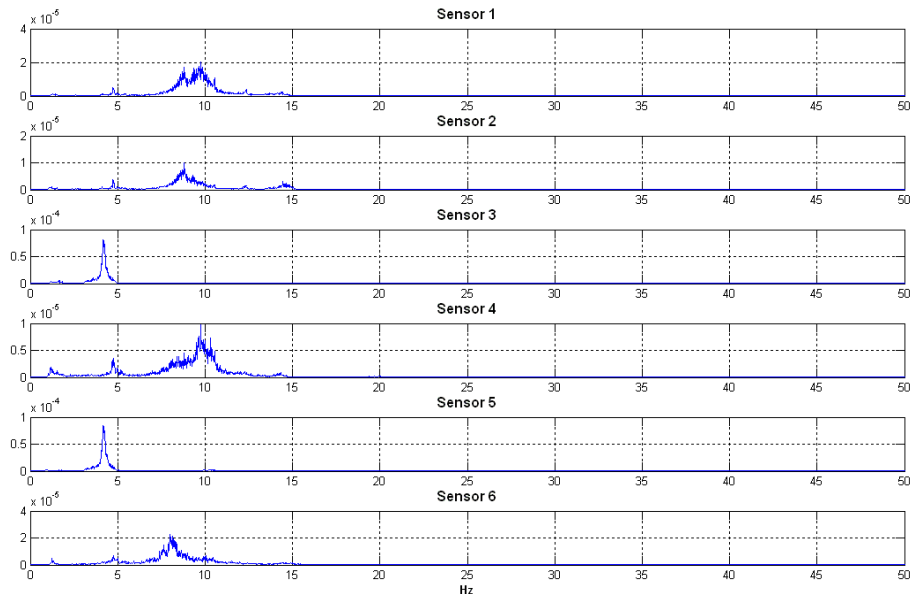


Figura 5.2. 28.- Espectros de potencia. Arreglo 2



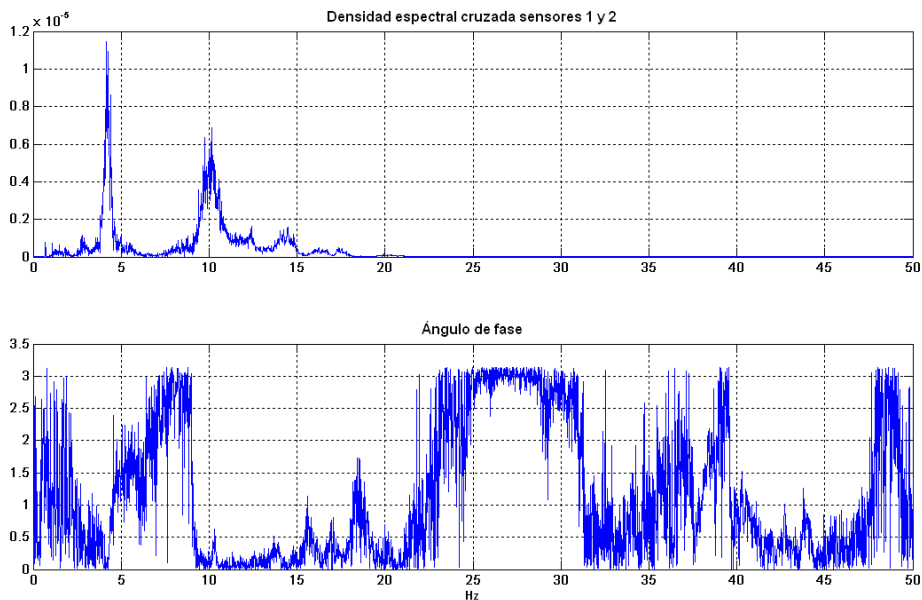
**Figura 5.2. 29.- Espectros de potencia. Arreglo 3**

Luego de identificadas las posibles frecuencias modales, se calculó la densidad espectral cruzada entre varios registros seleccionados, de manera de poder determinar frecuencias comunes y ángulo de fase entre ellos.

El criterio de selección consiste en buscar en los espectros cruzados aquellas frecuencias vistas en los espectros directos y que a su vez presenten ángulos de fase iguales a 0(cero) o a  $\pi$  radianes ( $180^\circ$ ), lo cual es indicativo de frecuencia de vibración modal.

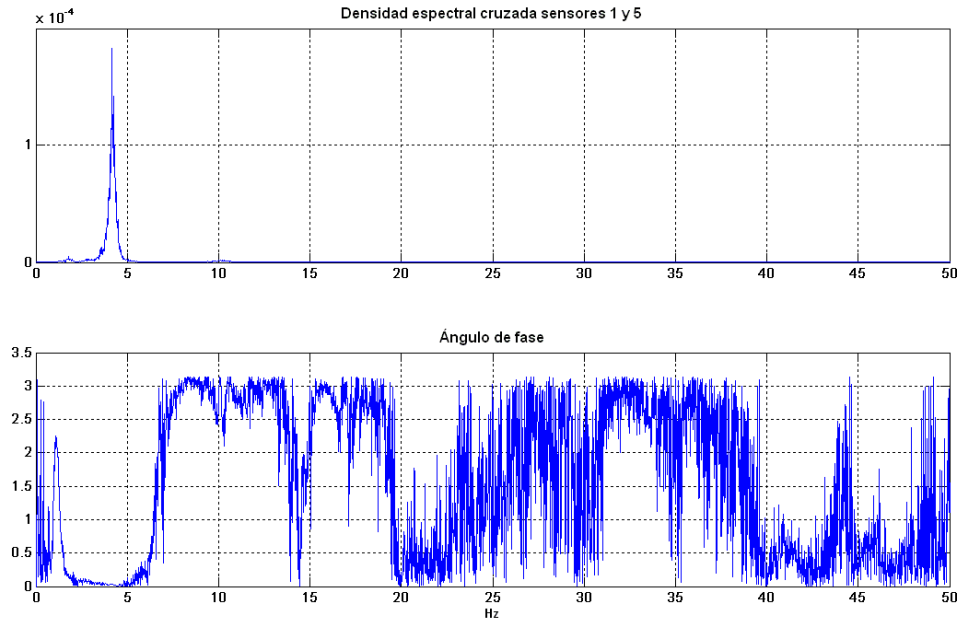
Se presentan a continuación una colección de gráficas de densidad espectral cruzada para varios registros correspondientes al arreglo 1

Gráficas correspondientes al arreglo 1

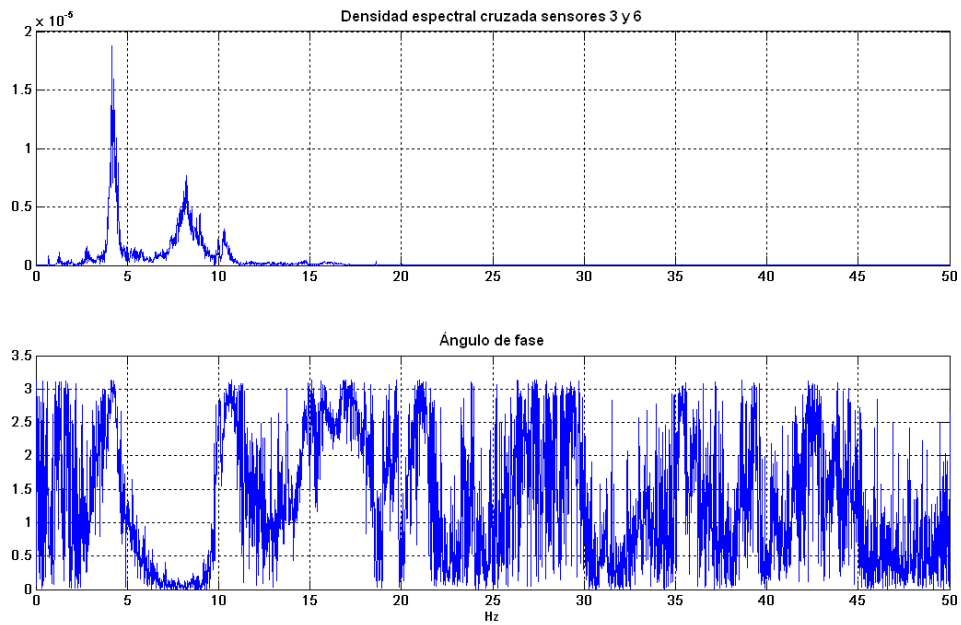


**Figura 5.2. 30.- Densidad espectral cruzada canales 1 y 2**





**Figura 5.2. 31.- Densidad espectral cruzada canales 1 y 5**



**Figura 5.2. 32.- Densidad espectral cruzada canales 3 y 6**

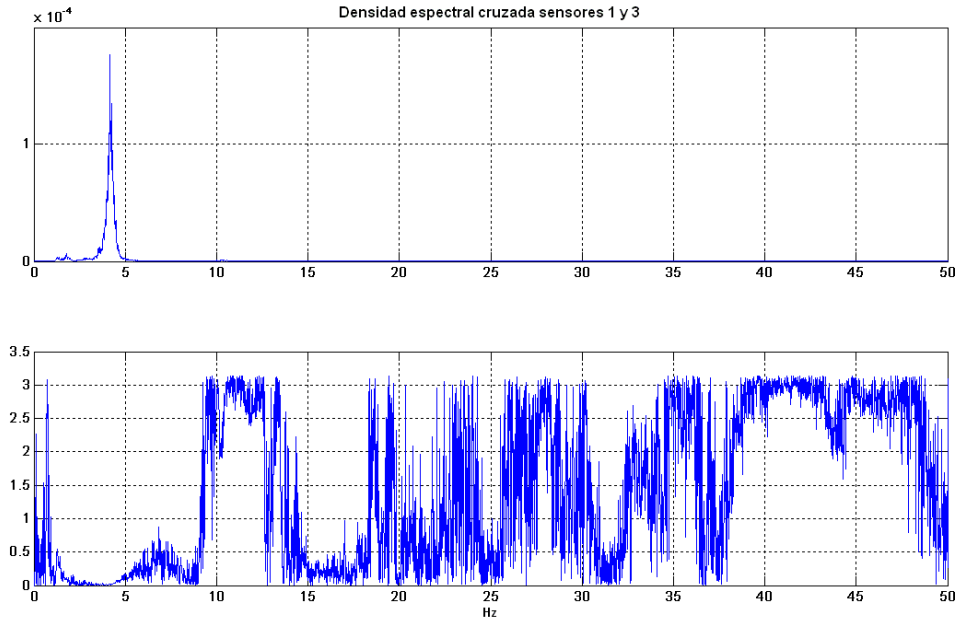


Figura 5.2. 33.- Densidad espectral cruzada canales 1 y 3

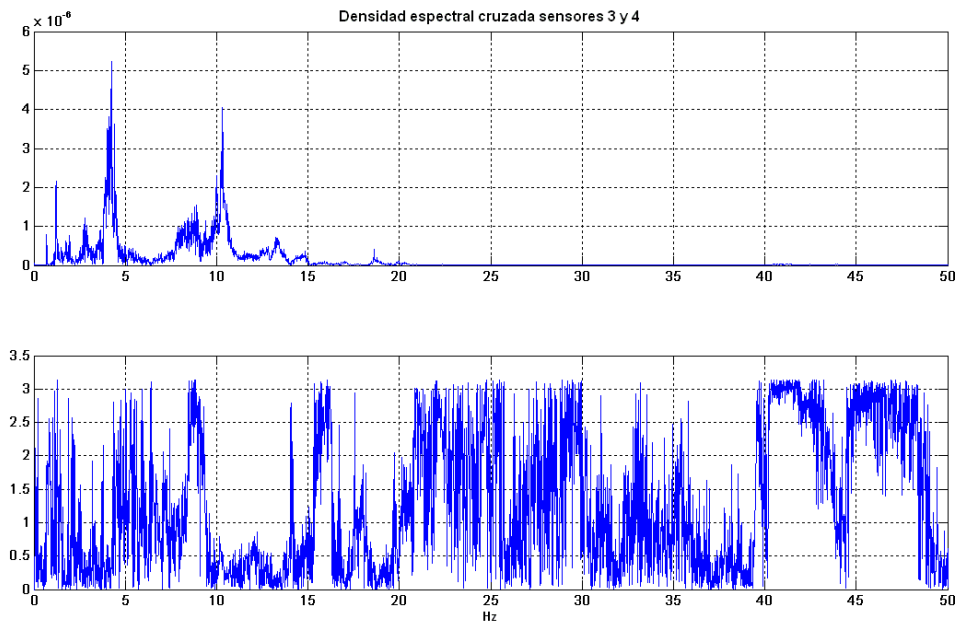


Figura 5.2. 34.- Densidad espectral cruzada canales 3 y 4

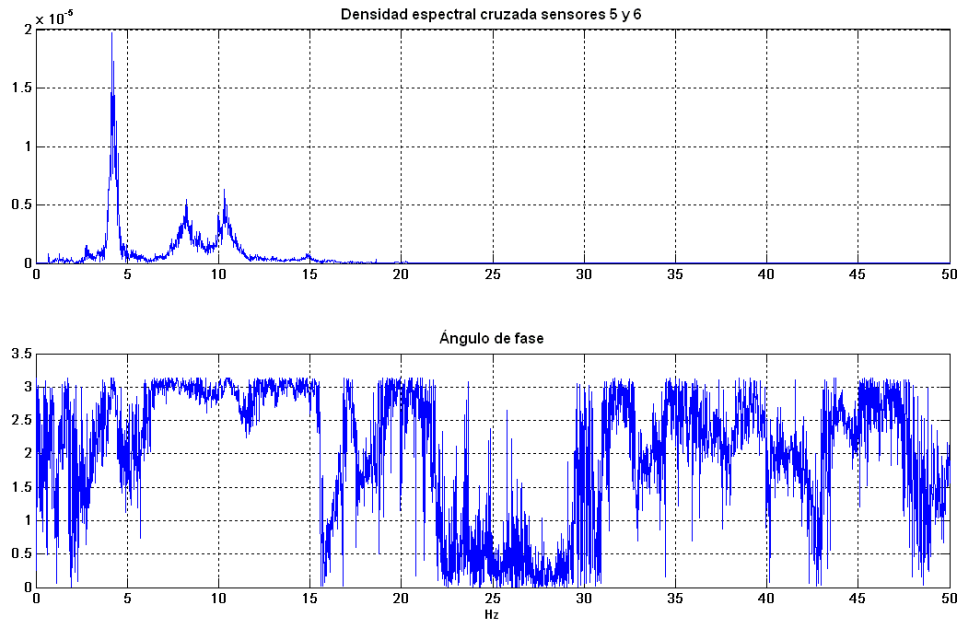


Figura 5.2. 35.- Densidad espectral cruzada canales 5 y 6

Gráficas correspondientes al arreglo 2

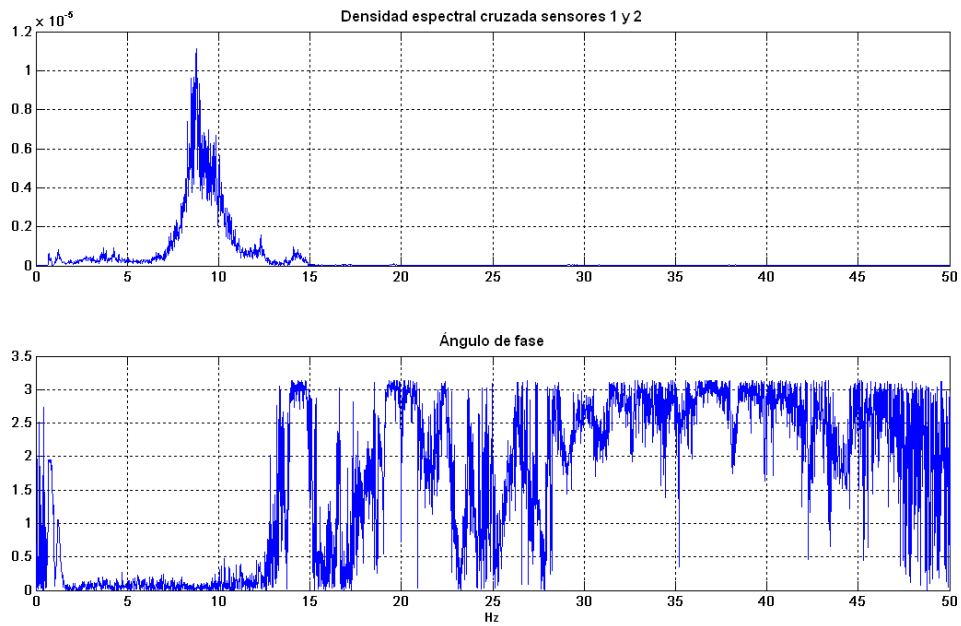


Figura 5.2. 36.- Densidad espectral cruzada canales 1 y 2

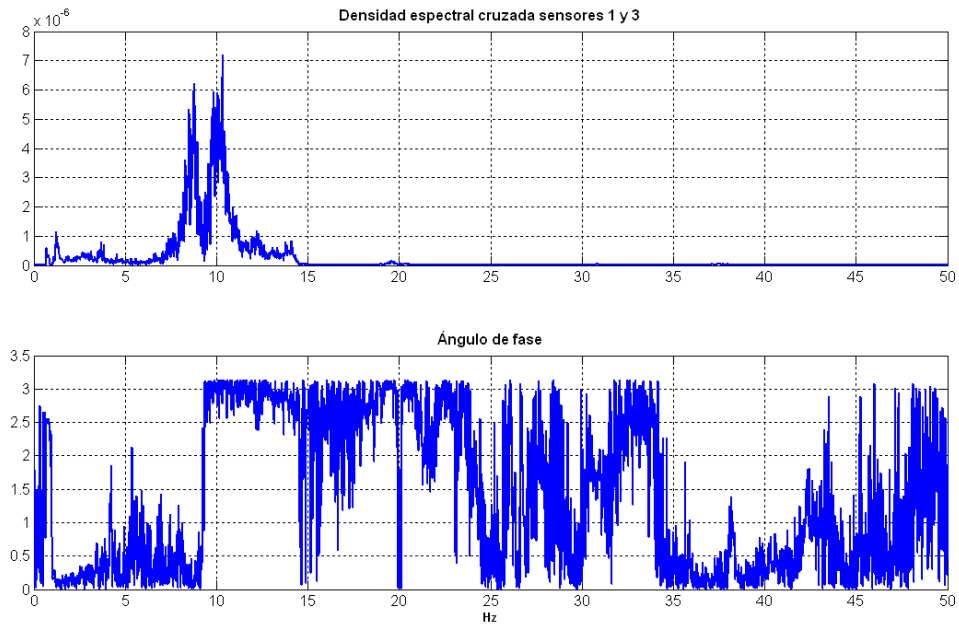


Figura 5.2. 37.- Densidad espectral cruzada canales 1 y 3

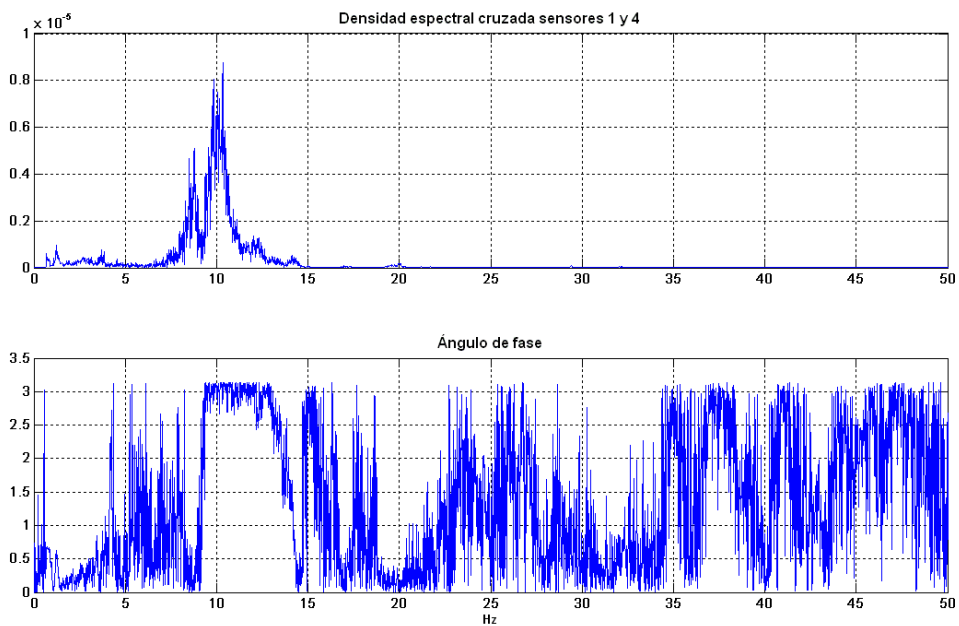
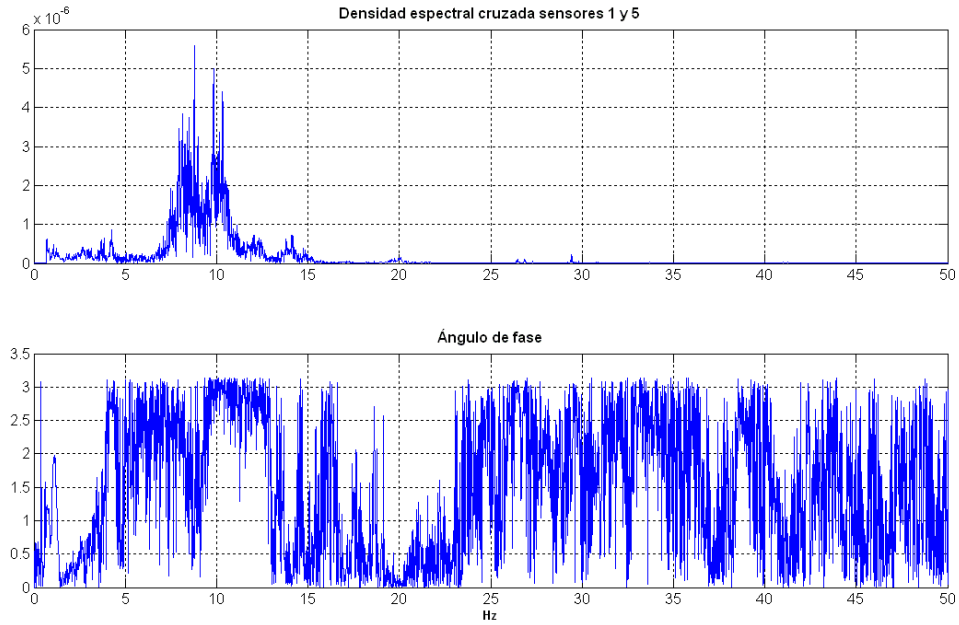
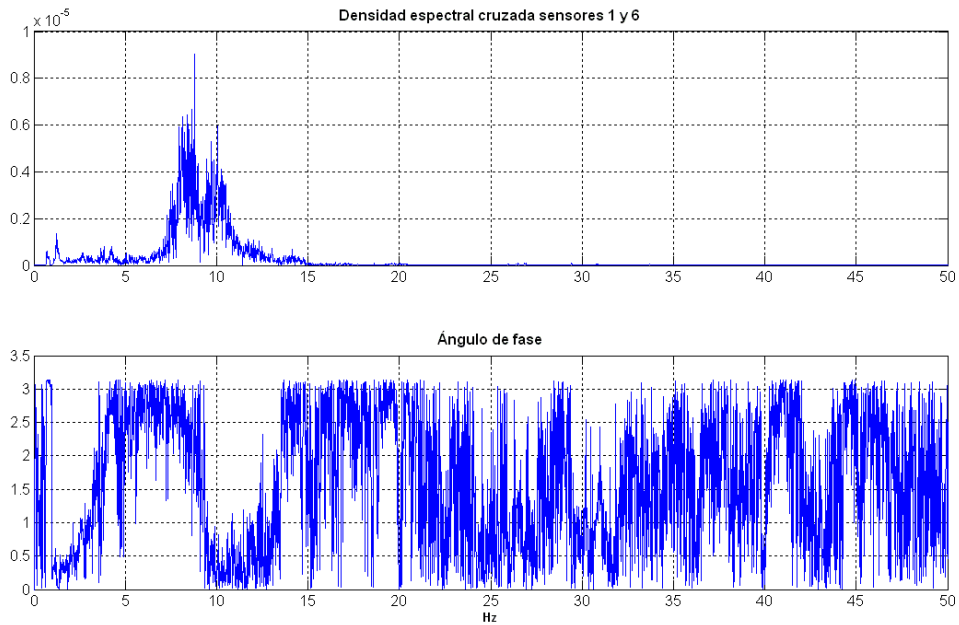


Figura 5.2. 38.- Densidad espectral cruzada canales 1 y 4



**Figura 5.2. 39.- Densidad espectral cruzada canales 1 y 5**



**Figura 5.2. 40.- Densidad espectral cruzada canales 1 y 5**

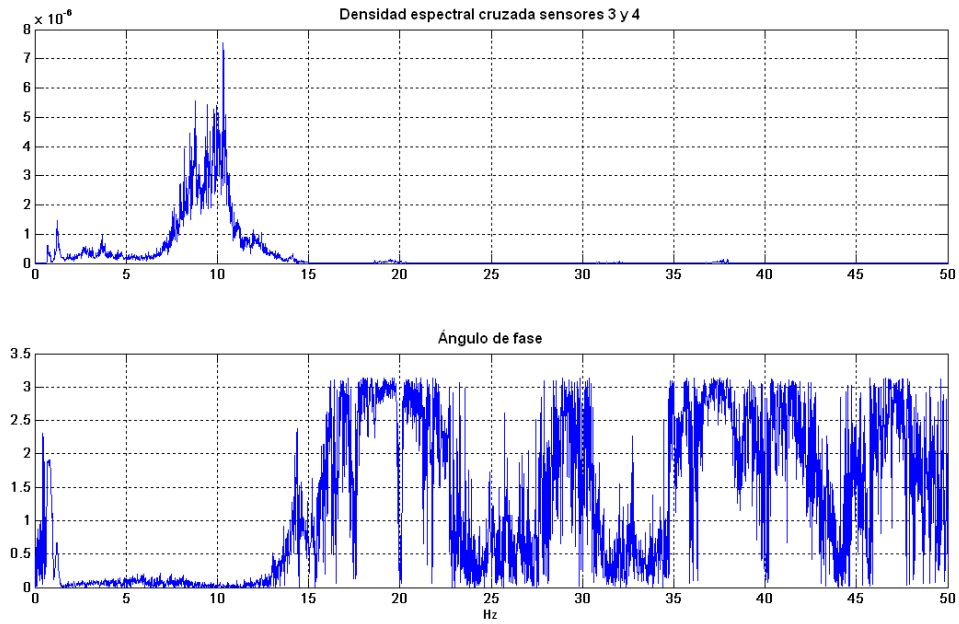


Figura 5.2. 41.- Densidad espectral cruzada canales 3 y 4

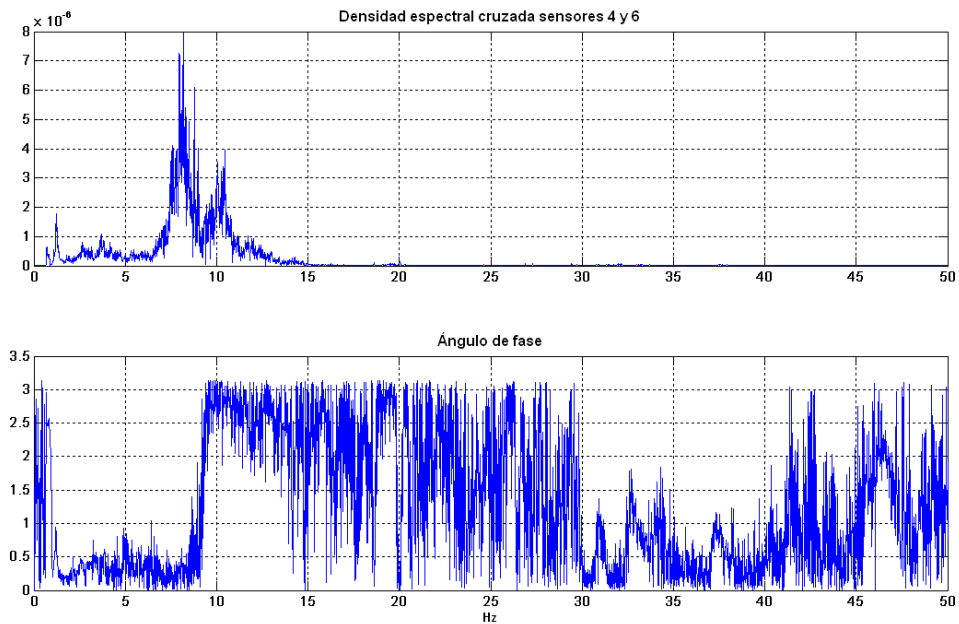


Figura 5.2. 42.- Densidad espectral cruzada canales 4 y 6



Gráficas correspondientes al arreglo 3

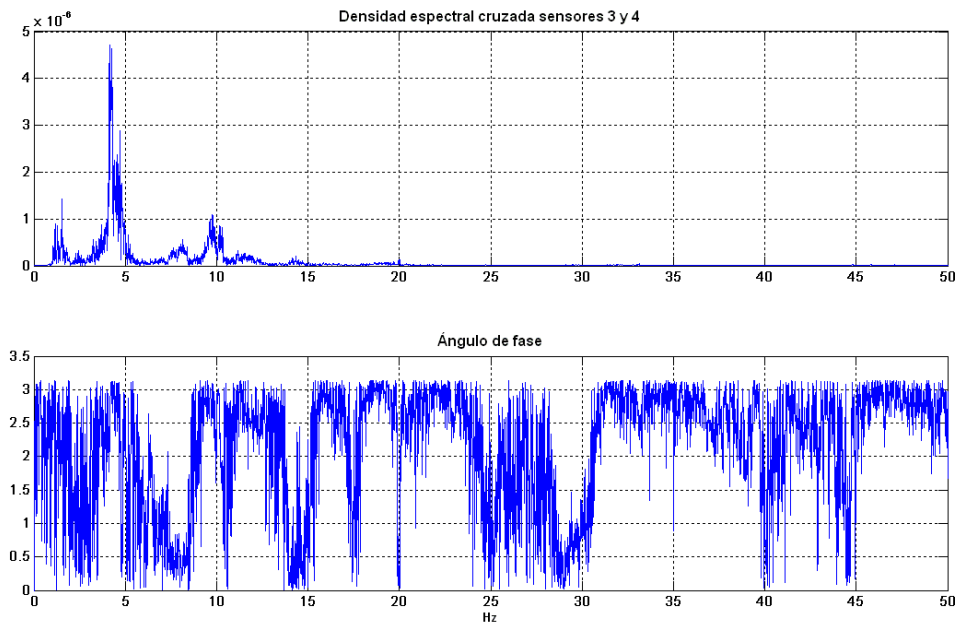


Figura 5.2. 43.- Densidad espectral cruzada canales 3 y 4

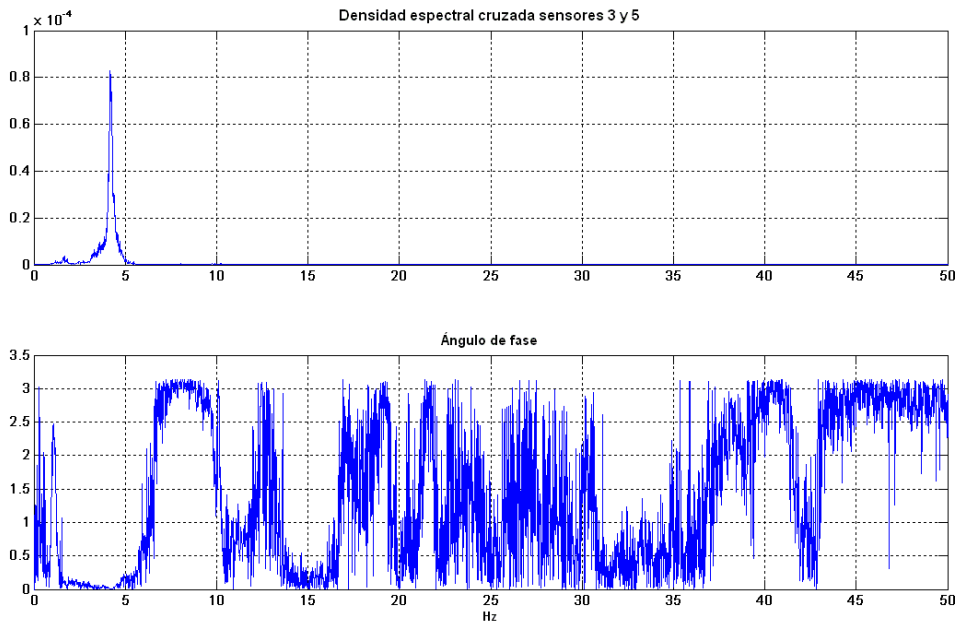


Figura 5.2. 44.- Densidad espectral cruzada canales 3 y 5

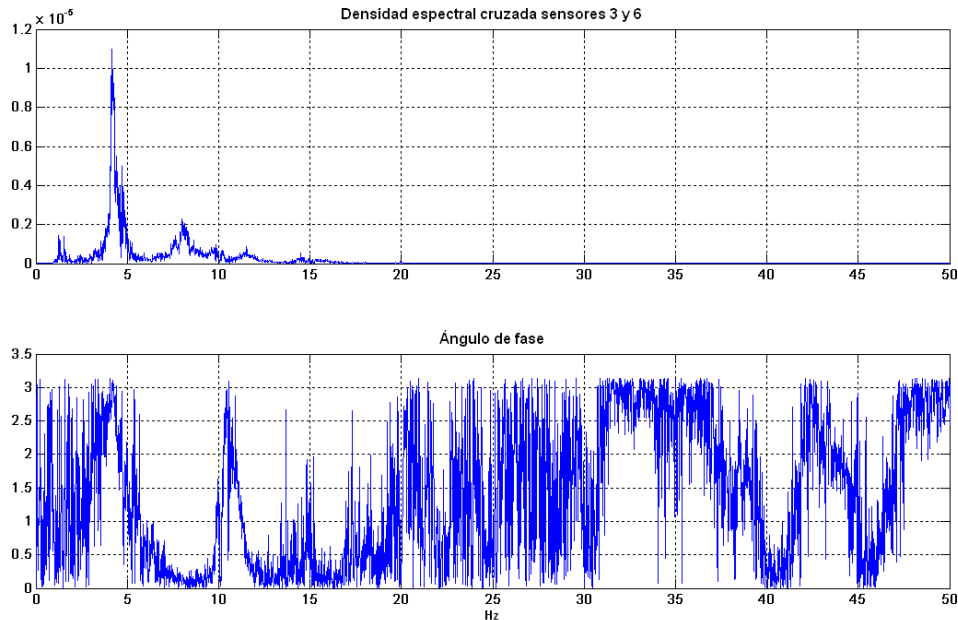


Figura 5.2. 45.- Densidad espectral cruzada canales 3 y 6

c) *Análisis de Resultados*

Se presentan a continuación las tablas con los resultados provenientes de los espectros de potencia y con el análisis de correlación cruzada, resumido este último como fases, las cuales pueden ser positivas o negativas

Tabla 5.2. 7.- Amplitud de la densidad espectral. Arreglo 1

Amplitud de la densidad espectral					
Arreglo 1	Canal	Frecuencias detectadas			
		4.15	8	8.7	10
MÁXIMOS ESPECTRALES	1	1.90E-04	0	0	0
	2	0	2.00E-06	2.00E-05	1.80E-05
	3	1.70E-04	0	0.00E+00	0
	4	0	4.00E-06	5.00E-06	6.00E-06
	5	1.80E-04	0	0.00E+00	0
	6	0	3.60E-05	1.00E-05	8.00E-06
RAICES CUADRADAS NORMALIZADAS	1	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	0.0000	0.2357	1.0000	1.0000
	3	0.9459	0.0000	0.0000	0.0000
	4	0.0000	0.3333	0.5000	0.5774
	5	0.9733	0.0000	0.0000	0.0000
	6	0.0000	1.0000	0.7071	0.6667

**Tabla 5.2. 8.- Amplitud de la densidad espectral. Arreglo 2**

Amplitud de la densidad espectral					
Arreglo 2	Sensor / registro	Frecuencias detectadas			
		4.15	8	8.7	10
MAXIMOS ESPECTRALES	1	0	5.00E-06	1.00E-05	1.00E-05
	2	0	2.50E-06	8.00E-06	2.50E-06
	3	0	2.50E-06	5.00E-06	4.00E-06
	4	0	2.50E-06	4.00E-06	5.00E-06
	5	0	1.00E-05	0	1.00E-06
	6	0	2.00E-05	0	1.00E-06
RAICES CUADRADAS NORMALIZADAS	1	0.0000	0.3727	0.7071	0.7454
	2	0.0000	0.2635	0.6325	0.3727
	3	0.0000	0.2635	0.5000	0.4714
	4	0.0000	0.2635	0.4472	0.5270
	5	0.0000	0.5270	0.0000	0.2357
	6	0.0000	0.7454	0.0000	0.2357

**Tabla 5.2. 9.- Amplitud de la densidad espectral. Arreglo 3**

Amplitud de la densidad espectral					
Arreglo 3	Sensor / registro	Frecuencias detectadas			
		4.15	8	8.7	10
MÁXIMOS ESPECTRALES	1	0	4.00E-06	1.80E-05	1.20E-05
	2	0	4.00E-06	1.00E-05	2.50E-06
	3	8.00E-05	0	0	0
	4	0	3.00E-06	3.00E-06	5.00E-06
	5	8.00E-05	0	0	0
	6	0	1.80E-05	8.00E-06	4.00E-06
RAICES CUADRADAS NORMALIZADAS	1	0.0000	0.3333	0.9487	0.8165
	2	0.0000	0.3333	0.7071	0.3727
	3	0.6489	0.0000	0.0000	0.0000
	4	0.0000	0.2887	0.3873	0.5270
	5	0.6489	0.0000	0.0000	0.0000
	6	0.0000	0.7071	0.6325	0.4714

**Tabla 5.2. 10.- Análisis de correlación cruzada de registros**

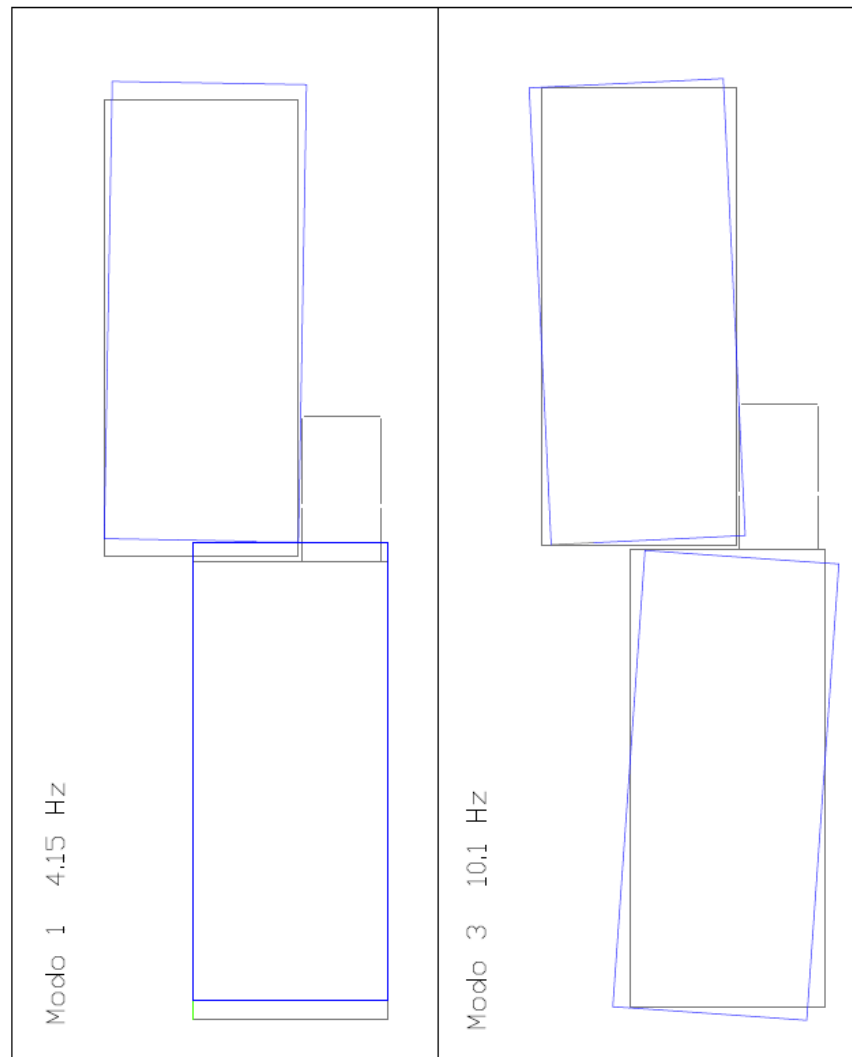
Análisis de correlación cruzada de registros						
Arreglo	Sensor / registro	Sensor / registro	Frecuencias detectadas			
			4.15	8	8.7	10
1	1	2	+	n/a	n/a	+
	3	4		n/a	n/a	n/a
	5	6	-	n/a	-	-
	1	3	+	n/a	n/a	-
	1	5	+	n/a	n/a	-
2	1	2	n/a	+	+	+
	1	3	n/a	n/a	+	-
	3	4	n/a	+	+	+
	4	6	n/a	+	n/a	-
3	3	4	-	-	n/a	-
	3	5	+	-	n/a	-

d) *Conclusiones*

Del análisis de los resultados obtenidos a partir del procesamiento de los datos adquiridos en la medición de propiedades dinámicas de la U.E. Luis A. Alvarado se concluye:

- Los tres primeros modos tienen frecuencias de 4.15, 8~8.7 y 10.10 Hz respectivamente con una tolerancia de cálculo de +/- 0.0061 Hz puesto que la tasa de muestreo fue de 200 Hz y el número de puntos por ventana igual a 16384 muestras. El segundo modo presenta alta dispersión por lo que se presenta como un rango de frecuencias estimado.
- Los modos identificados fueron el primero y el tercero. El primer modo con movimiento principalmente traslacional este y el tercer modo de torsión desfasada entre los dos módulos con ligera traslación en dirección norte. Del análisis se deduce que las juntas estructurales están funcionando como medios elásticos de baja rigidez lo cual induce al acoplamiento de los dos módulos principales. Esto se evidencia en el tercer modo, donde se observan dos registros paralelos concurrentes a ambos lados de la junta estructural presentando un desfase de 180°, lo cual indica que en vez vibrar cada módulo de manera independiente, lo hacen en conjunto como un modo estructural de 6 grados de libertad por nivel, 3 en cada módulo. El segundo modo de vibración no pudo ser determinado debido a la dispersión de los datos.
- El amortiguamiento calculado para el primer modo es 2.51% y para el tercero 10.6% del amortiguamiento crítico. Estos amortiguamientos son representativos de vibraciones a baja amplitud y no deben tomarse para análisis estructurales de edificaciones que no vayan a estar sujetas a esta condición. Se presume que la

presencia de mayor porcentaje de mampostería en la dirección norte haya influido en el incremento del amortiguamiento en esa dirección.



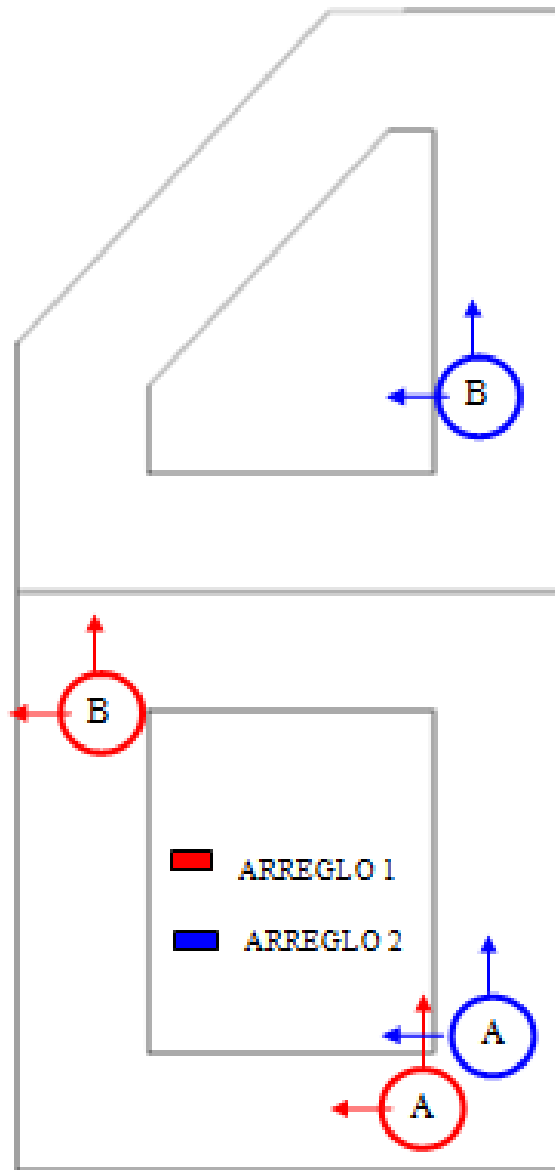
**Figura 5.2. 46.- Formas modales determinadas para la U.E. Luis A. Alvarado**

#### 5.2.4.- U.E. Experimental Venezuela

##### a) Instrumentación

La U.E. Experimental Venezuela fue instrumentada con dos sismómetros GURALP, por lo que se requirió de dos arreglos para contar con el número de grados de libertad suficientes para la determinación de las formas modales.

La estructura que compone la escuela en cuestión consta de dos módulos principales unidos por una junta estructural. Cada uno de los módulos presenta un gran porcentaje de abertura en las losas de entrepiso lo que impide asumir la hipótesis de diafragma rígido a menos que sea corroborada por una instrumentación más rigurosa.



**Figura 5.2. 47.- Esquema de instrumentación. U.E. Experimental Venezuela.**

b) *Registro y procesamiento de datos*

Los datos fueron adquiridos a una tasa de 200 muestras por segundo durante 30 minutos para cada arreglo y almacenados para su posterior procesamiento utilizando el programa de computación MatLab.

Una vez determinados los espectros de potencia suavizados, se identificaron los picos máximos que indican las componentes frecuenciales predominantes en el registro.

Luego de identificadas las posibles frecuencias modales, se calculó la densidad espectral cruzada entre varios registros seleccionados, de manera de poder determinar frecuencias comunes y ángulo de fase entre ellos. Para este caso particular no se pudieron



conseguir modos de vibración coherentes, básicamente por el comportamiento como diafragma flexible, por lo que no se presentan las gráficas de espectros cruzados.

Se presenta a continuación la gráfica de densidad espectral de los registros obtenidos.

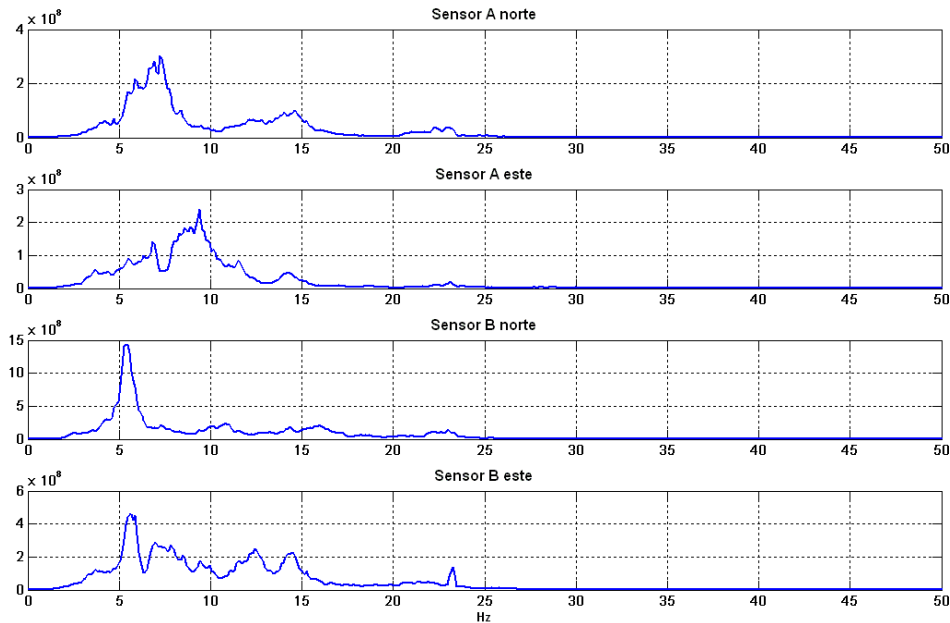


Figura 5.2. 48.- Espectros de potencia. Arreglo 1

c) *Análisis de resultados*

Se presentan a continuación las tablas con los resultados provenientes de los espectros de potencia.

Tabla 5.2. 11.- Amplitud de la densidad espectral. Arreglo 1

Amplitud de la densidad espectral				
Arreglo 1	Sensor / registro	Frecuencias detectadas		
		5.2	7.5	9.5
MAXIMOS ESPECTRALES	A-este	8.00E+07	5.00E+07	2.00E+08
	A-norte	2.00E+08	3.00E+08	3.00E+07
	B-este	4.80E+08	0	2.00E+08
	B-norte	1.50E+09	3.00E+08	2.00E+08
RAICES CUADRADAS NORMALIZADAS	A-este	0.2309	0.4082	1.0000
	A-norte	0.3651	1.0000	0.3873
	B-este	0.5657	0.0000	1.0000
	B-norte	1.0000	1.0000	1.0000

d) *Conclusiones*

De la medición de propiedades dinámicas en la U.E. Experimental Venezuela se puede concluir lo siguiente:

Se detectaron 3 frecuencias que posiblemente puedan ser modos estructurales, sin embargo su condición de modo estructural no puede ser comprobada por la dispersión en los datos obtenidos (frecuencias y fases), posiblemente atribuida a la gran rigidez de la estructura y a la combinación de dos módulos de diafragma flexible a través de una junta estructural. Las frecuencias detectadas son 5.2 Hz, 7.5 Hz y 9.5 Hz.

A pesar de que se realizó el estudio de correlación cruzada, no se consiguió información suficiente para establecer las formas modales, principalmente por contar con menos grados de libertad por planta de los que realmente existen. Un modelo más realista pudiera asumir 12 grados de libertad en el módulo rectangular y 6 grados de libertad adicionales en el módulo triangular, asumiendo entonces subdiafragmas que se puedan considerar rígidos localmente mas no como un conjunto.

Se logró determinar el amortiguamiento para las dos primeras frecuencias. 8% para 5.2 Hz y 16 % para 7.5 Hz. Se presume que la importante contribución de la mampostería en el comportamiento dinámico de esta estructura pueda ser la razón del incremento en el amortiguamiento en relación a los que se obtuvieron en los otros casos.

5.2.5.- Unidad Educativa Playa Grande

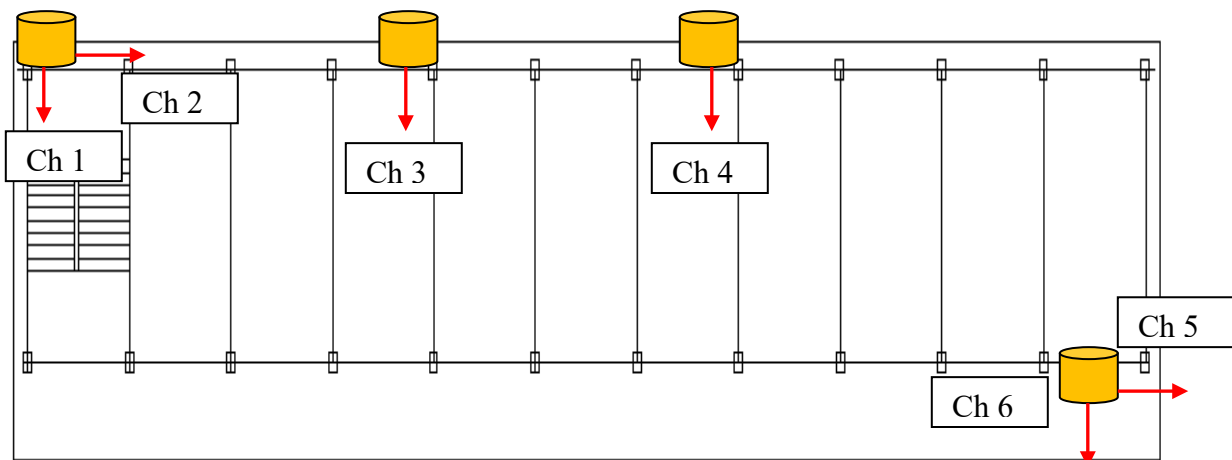
a) *Instrumentación*

Se realizó un arreglo con seis sismómetros, el arreglo consistió en la instalación de los equipos en el nivel de techo de la edificación como se indica (Fig.5.11) con el fin de identificar los 3 primeros modos de vibración derivados de la suposición de comportamiento de dicho nivel como diafragma rígido en su plano, con 3 grados de libertad dinámicos. Los datos de este arreglo fueron adquiridos de manera simultánea sincronizados a través del sistema VSS-3000.

El criterio de selección de sitios para la colocación de los sismómetros se fundamentó en cubrir con registros biaxiales, como mínimo, dos esquinas opuestas del entrepiso en estudio, de manera de obtener frecuencias traslacionales y torsionales. Adicionalmente se instalaron dos sismómetros en puntos intermedios a lo largo del eje estructural de mayor longitud para obtener información redundante que permitiera realizar verificaciones en caso de que se hicieran necesarias.



**Figura 5.2. 49.- Vista del módulo de la U.E. Playa Grande.**



**Figura 5.2. 50.- Esquema de instrumentación para la U.E. Playa Grande**



**Figura 5.2. 51.- Vista de los sensores Ch 1 y Ch 2**



Figura 5.2. 52.- Instalación de los sensores Ch 3 y Ch 4

b) Registro y procesamiento de datos

Los datos fueron adquiridos a una tasa de 200 muestras por segundo durante 55 minutos y almacenados para su posterior procesamiento mediante el empleo del programa de computación MatLab [THE MATHWORKS]

Una vez determinados los espectros de potencia suavizados, se identificaron los picos máximos que indican las componentes frecuenciales predominantes en el registro.

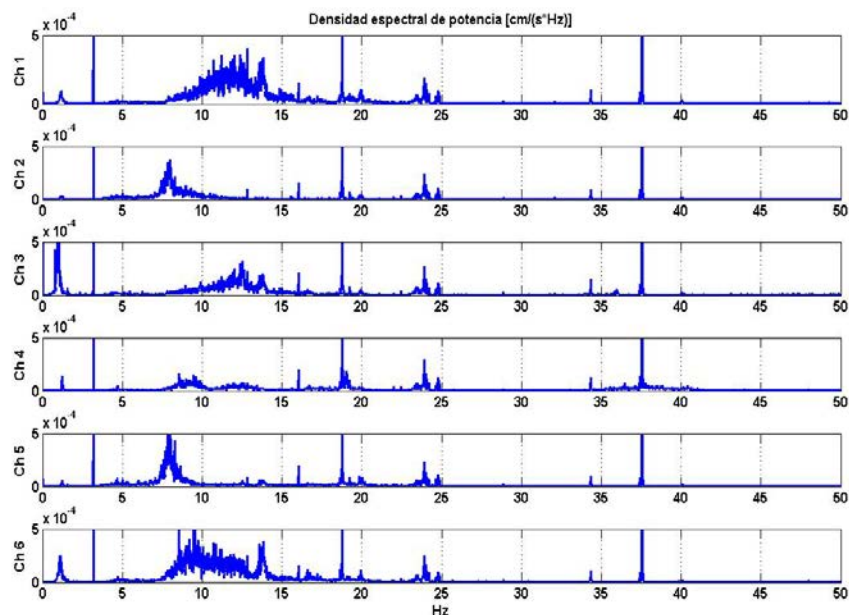
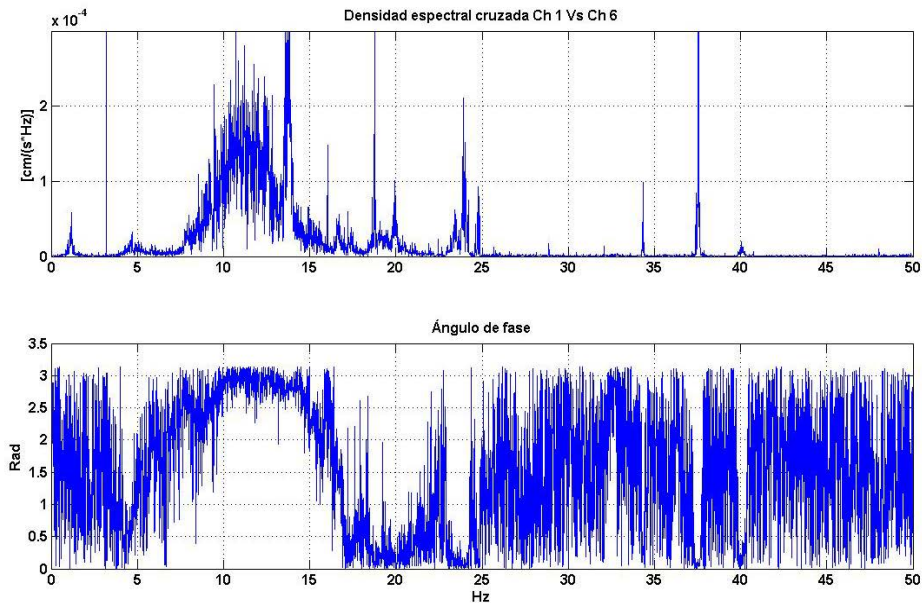


Figura 5.2. 53.- Espectros de potencia U.E. Playa Grande.

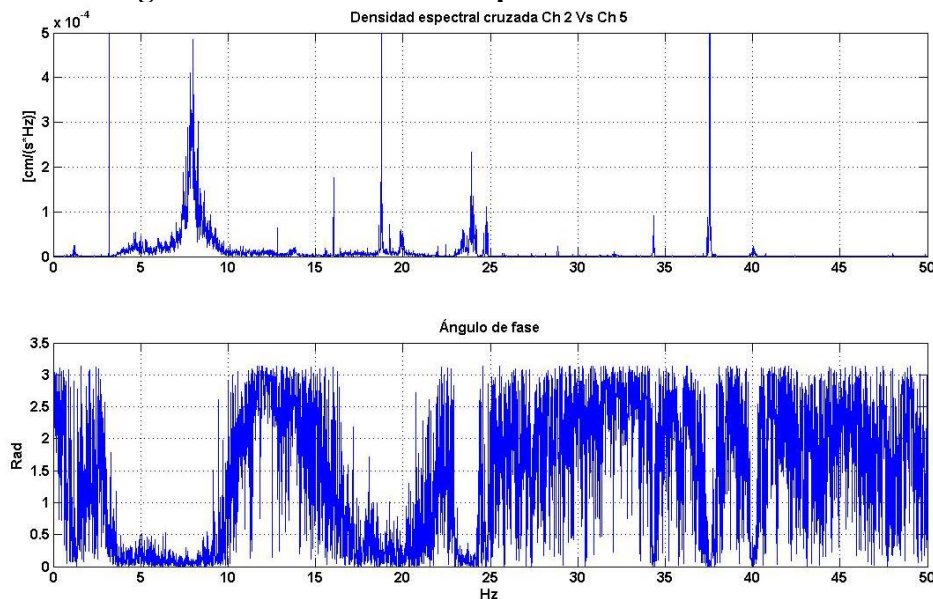
Luego de identificadas las posibles frecuencias modales, se calculó la densidad espectral cruzada entre varios registros seleccionados, de manera de poder determinar frecuencias comunes y ángulo de fase entre ellos. El criterio de selección consiste en buscar

en los espectros cruzados aquellas frecuencias vistas en los espectros directos, que a su vez presenten ángulos de fase iguales a 0(cero) o a  $\pi$  radianes ( $180^\circ$ ), lo cual es indicativo de frecuencia de vibración modal.

Se presenta también el análisis de correlación cruzada de los dos registros rotacionales para detección de diafragma rígido, así como la media cuadrática acumulada para algunos registros en el dominio de la frecuencia, cuya diferencia tomada en el ancho de banda de cada pico detectado, sirve de estimador de la media cuadrática de dicha frecuencia en la señal registrada y por ende, de su amplitud máxima. Valores que se utilizaron para estimar la forma modal.



**Figura 5.2. 54.- Densidad espectral cruzada Ch1 vs Ch 6**



**Figura 5.2. 55.- Densidad espectral cruzada Ch 2 vs Ch5**



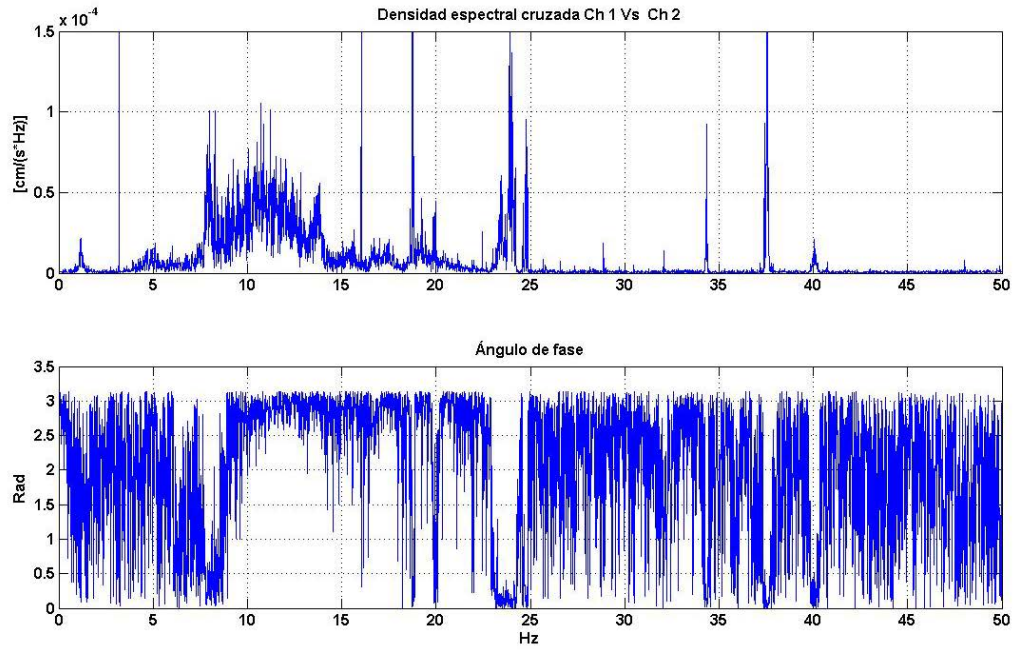


Figura 5.2. 56.- Densidad espectral cruzada Ch 1 vs Ch2

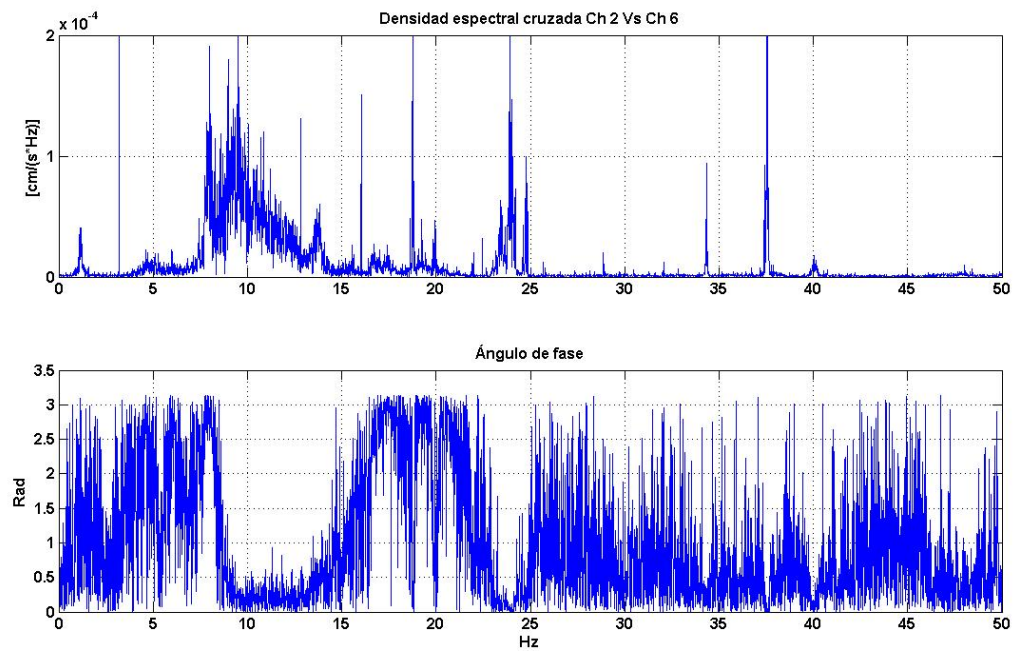


Figura 5.2. 57.- Densidad espectral cruzada Ch 2 vs Ch6



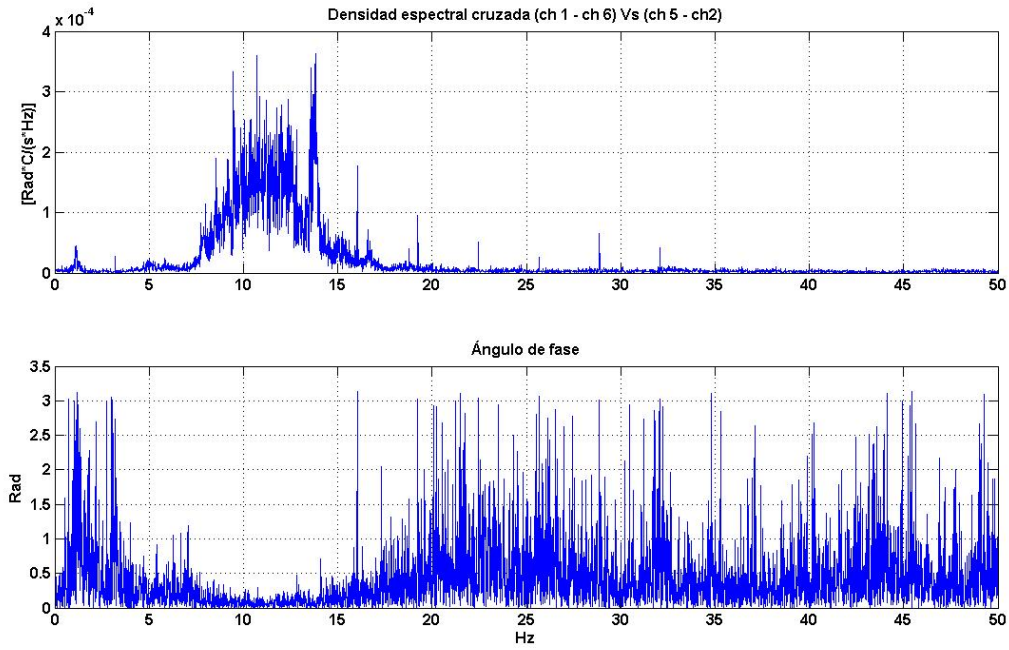


Figura 5.2. 58.- Correlación de registros rotacionales.

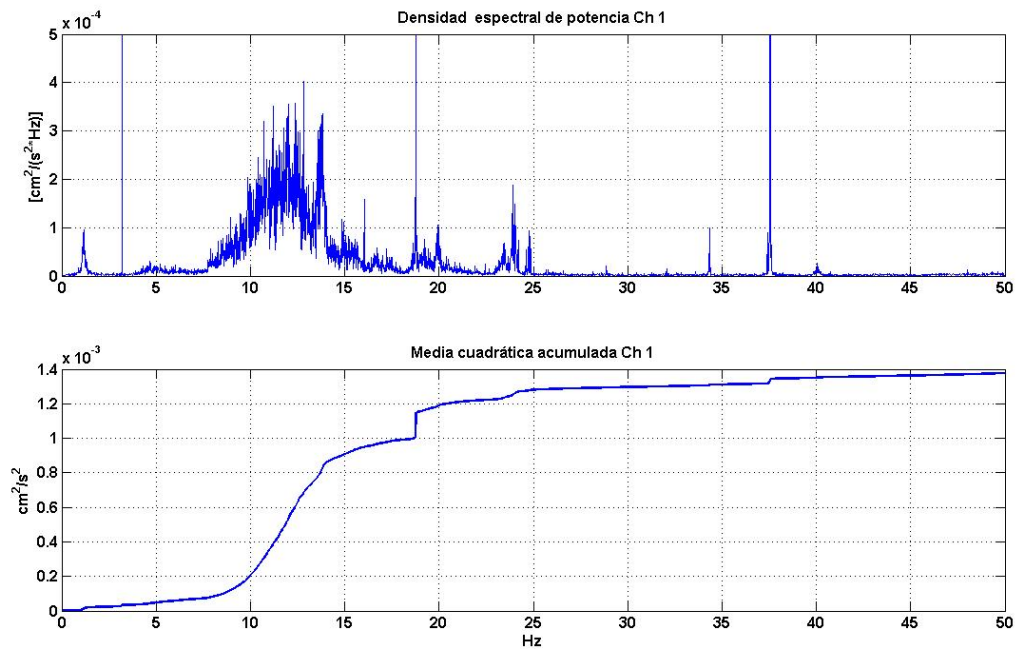


Figura 5.2. 59.- Estimación de amplitudes por frecuencia Ch 1.

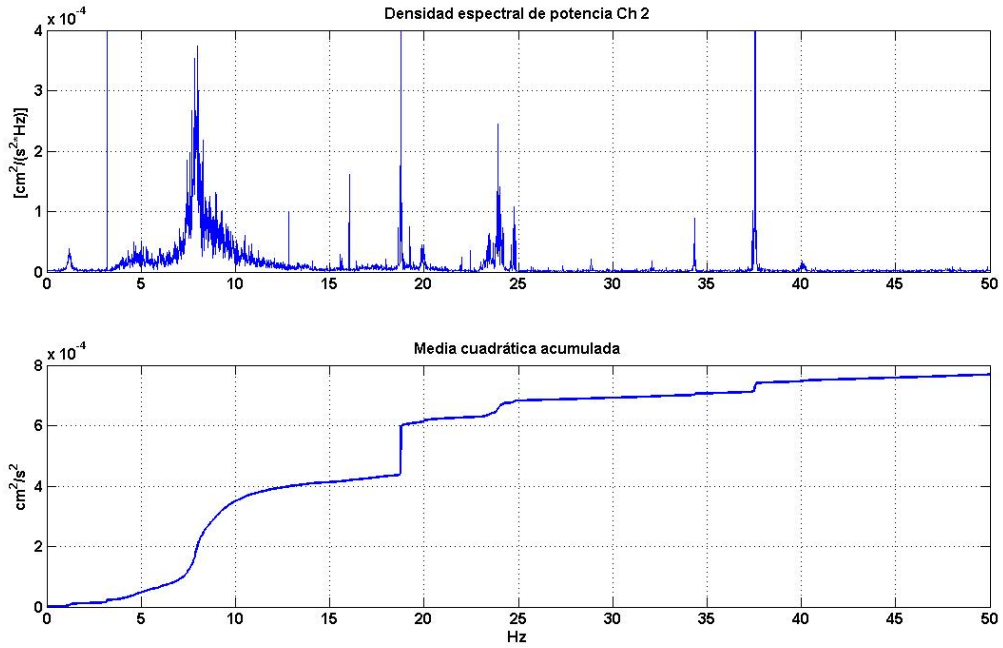


Figura 5.2. 60.- Estimación de amplitudes por frecuencia Ch 2

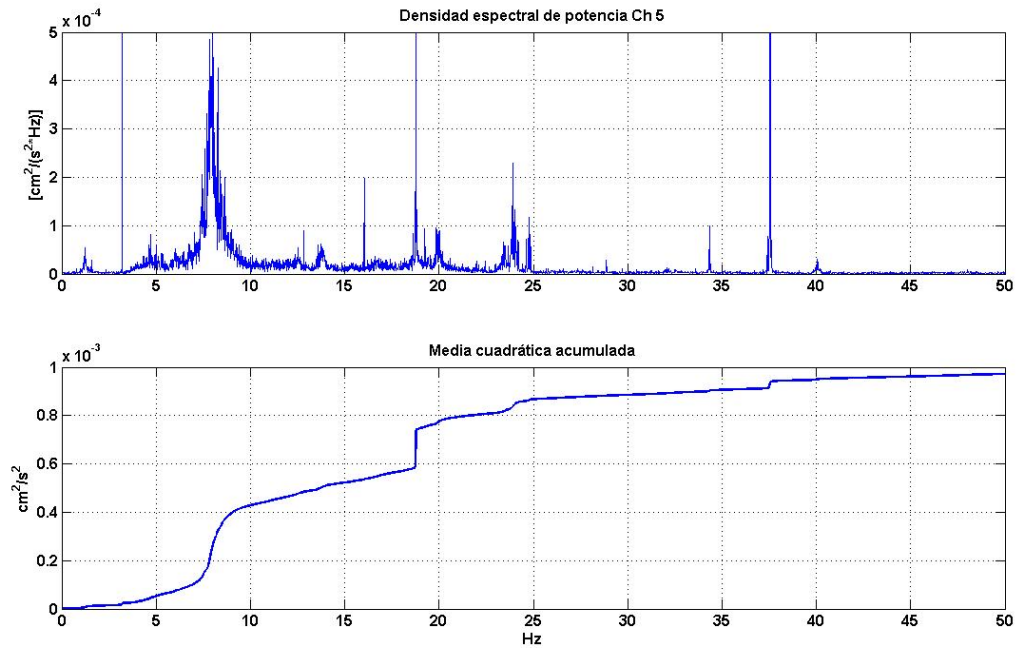


Figura 5.2. 61.- Estimación de amplitudes por frecuencia Ch 5

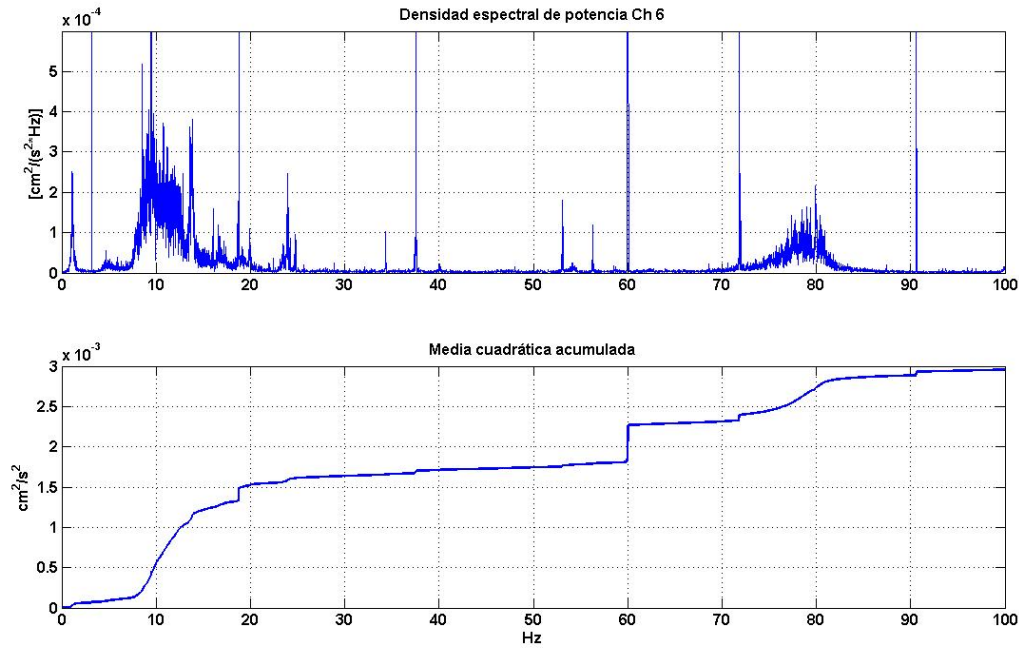


Figura 5.2. 62.- Estimación de amplitudes por frecuencia Ch 6

c) *Análisis de Resultados*

A continuación se presentan dos tablas con los resultados obtenidos. La tabla 1 muestra el análisis de correlación cruzada entre algunos registros seleccionados.

Tabla 5.2. 12.- Correlación cruzada de registros

Análisis de correlación cruzada de registros					
Arreglo	Sensor / registro	Sensor / registro	Frecuencias detectadas (Hz)		
			7.8	11-13	
1	Ch1	Ch6		-	
	Ch2	Ch5	+		
	Ch1	Ch2	+	-	
	Ch2	Ch6	-	+	
	ChR1	ChR2		+	

En la tabla 5.2.12 se muestra, para cada frecuencia modal encontrada, las amplitudes medidas con los instrumentos. Se muestran los máximos espectrales y luego sus raíces cuadradas, las cuales, como se dijo anteriormente, son proporcionales a la amplitud de respuesta.

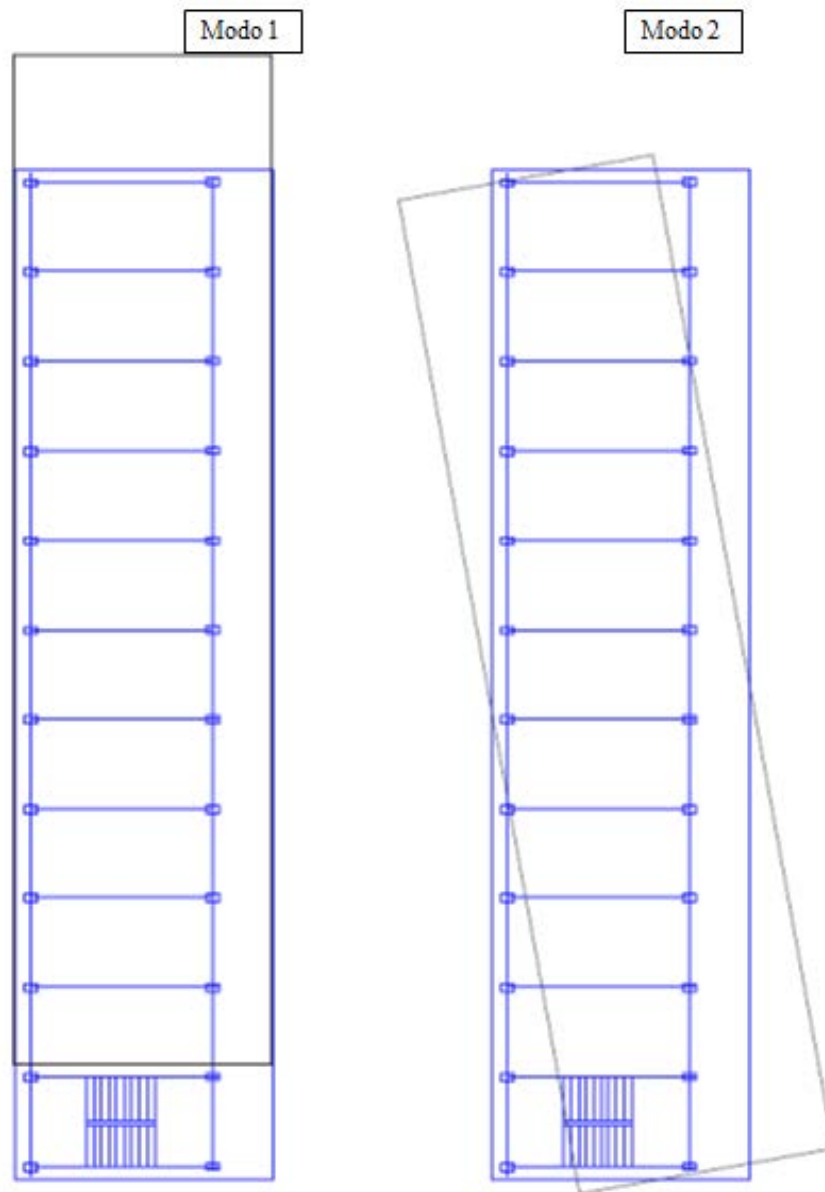
**Tabla 5.1. 13.- Amplitudes de velocidad para cada registro**

Amplitud de Movimiento			
	Sensor / registro	Frecuencias detectadas (Hz)	
		7.9	11 ~13
MEDIAS CUADRÁTICAS ESPECTRALES	Ch1		7.50E-04
	Ch2	2.50E-04	
	Ch5	2.50E-04	
	Ch6		7.50E-04
MÁXIMOS NORMALIZADOS	Ch1	0	1
	Ch2	1	0
	Ch5	1	0
	Ch6	0	1

d) *Conclusiones*

Del análisis de los resultados obtenidos, a partir del procesamiento de los datos adquiridos en la medición de propiedades dinámicas de la U.E. Playa Grande se concluye:

- Los dos primeros modos tienen frecuencias de 7.9 y 11-13 Hz respectivamente con una tolerancia de cálculo de +/- 0.0061 Hz puesto que la tasa de muestreo fue de 200 Hz y el número de puntos por ventana igual a 16384 muestras.
- Los modos identificados en orden creciente de frecuencias son: Traslacional dirección Y y Torsional. Del análisis se deriva que estos dos primeros modos están prácticamente desacoplados a pesar de que puede apreciarse algún acoplamiento menor en algunas gráficas, éste bien puede ser atribuido a la desviación entre la dirección del sensor y la principal de los ejes estructurales, sin embargo, en el caso de que fuese un acoplamiento estructural real, éste es, para fines prácticos, despreciable.
- El amortiguamiento calculado para el primer modo es 3.1% y para el segundo 10.4% del amortiguamiento crítico. Estos amortiguamientos son representativos de vibraciones a baja amplitud y no deben tomarse para análisis estructurales de edificaciones que no vayan a estar sujetas a esta condición.



**Figura 5.2. 63.- Modos de vibración U.E. Playa Grande**

5.2.6.- Unidad Educativa Corazón de Jesús

a) *Instrumentación*

Esta edificación se instrumentó a través de un arreglo de 6 sismómetros, los cuales se colocaron en el segundo nivel, pues el nivel de techo fue inaccesible. Para el día de la visita existían aulas cerradas que impidieron la instalación en dos esquinas opuestas del entrepiso, por lo que se dispuso de dos arreglos biaxiales, uno en esquina y el otro en un punto cercano a la esquina opuesta. Los restantes sismómetros se instalaron en puntos intermedios para obtener información redundante de verificación.



Figura 5.2. 64.- Instalación de sensores Ch 5 y Ch 6 (arriba), sensores Ch3 y Ch4 (derecha) y vista interior del plantel (abajo).

Para esta edificación no se supuso comportamiento como diafragma rígido por la dimensión de la abertura central y por no existir juntas estructurales. Dicho comportamiento se verificó a través de los análisis de correlación cruzada de los registros de rotación.

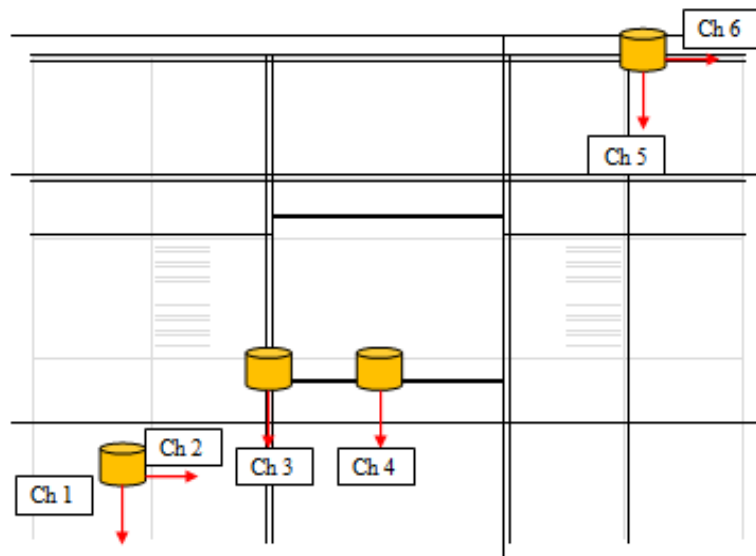


Figura 5.2. 65.- Esquema de instrumentación de la U.E. Corazón de Jesús



b) Registro y procesamiento de datos

Los datos fueron adquiridos a una tasa de 500 muestras por segundo durante 60 minutos y almacenados para su posterior procesamiento mediante el empleo del programa de computación MatLab.

Una vez determinados los espectros de potencia suavizados, se identificaron los picos máximos que indican las componentes frecuenciales predominantes en el registro.

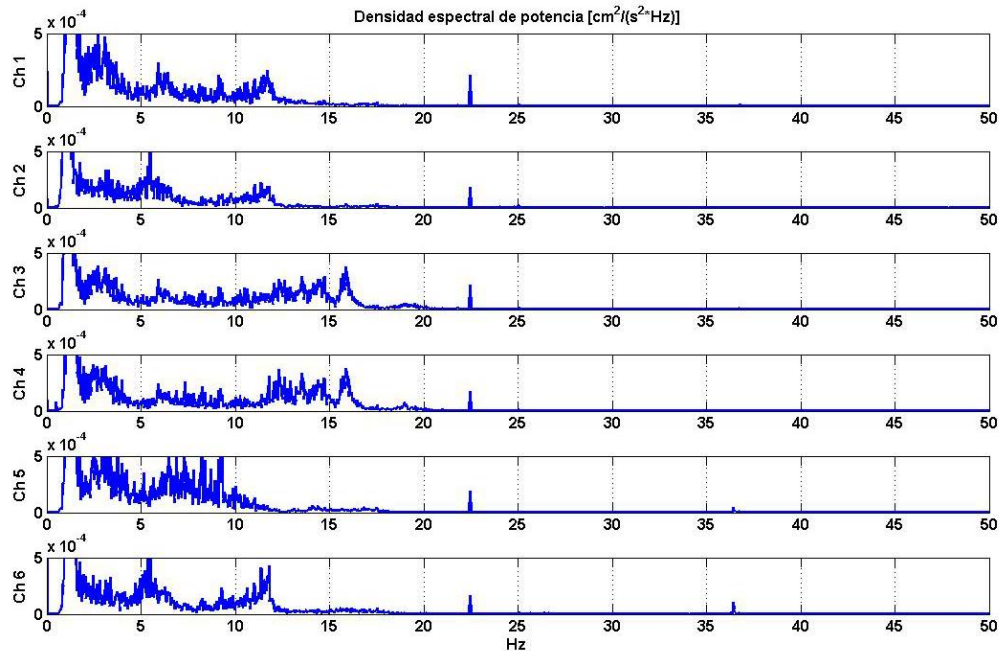


Figura 5.2. 66.- Espectros de potencia U.E. Corazón de Jesús

Luego de identificadas las posibles frecuencias modales, se calculó la densidad espectral cruzada entre varios registros seleccionados, de manera de poder determinar frecuencias comunes y ángulo de fase entre ellos. El criterio de selección consiste en buscar en los espectros cruzados aquellas frecuencias vistas en los espectros directos, que a su vez presenten ángulos de fase iguales a 0 (cero) o a  $\pi$  radianes ( $180^\circ$ ), lo cual es indicativo de frecuencia de vibración modal.

Se presenta también el análisis de correlación cruzada de los dos registros rotacionales para detección de diafragma rígido, así como la media cuadrática acumulada para algunos registros en el dominio de la frecuencia, cuya diferencia tomada en el ancho de banda de cada pico detectado, sirve de estimador de la media cuadrática de dicha frecuencia en la señal registrada y por ende, de su amplitud máxima. Valores que se utilizaron para estimar la forma modal.

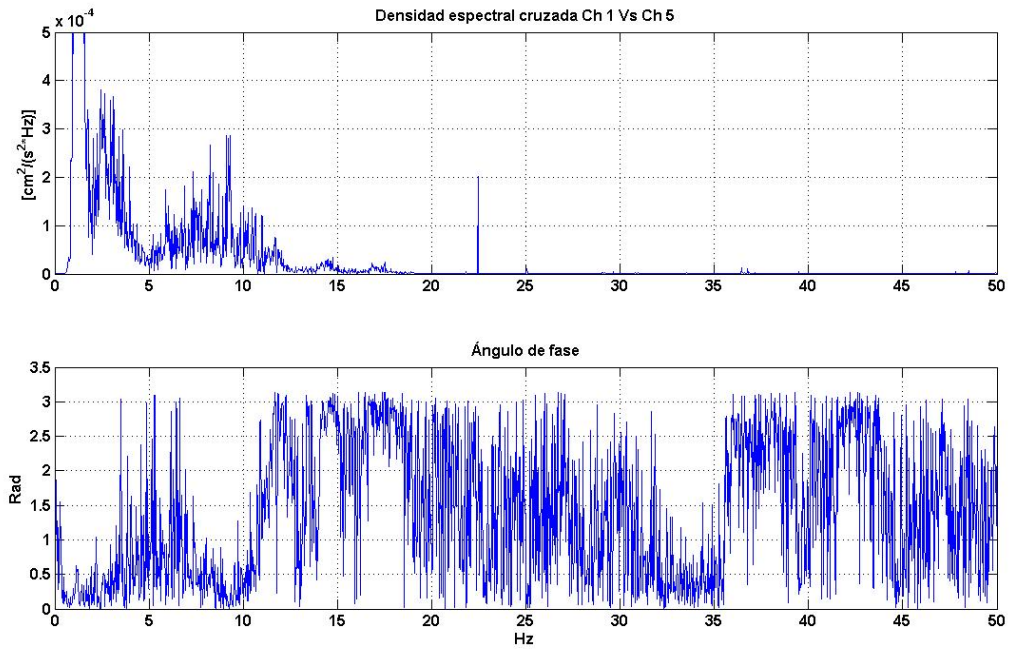


Figura 5.2. 67.- Densidad espectral cruzada Ch 1 vs Ch 5

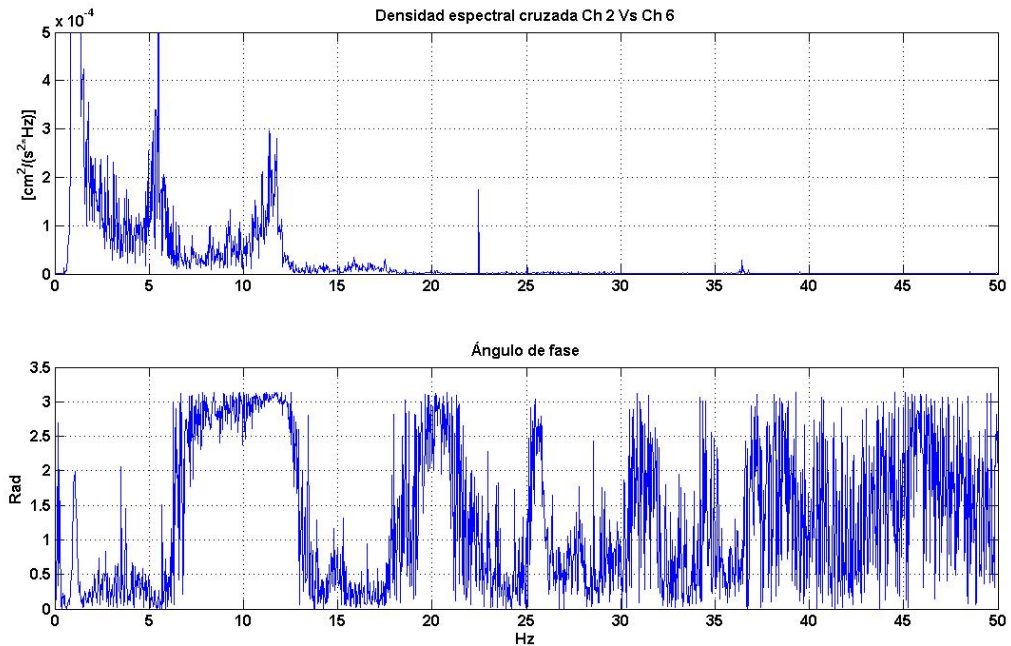


Figura 5.2. 68.- Densidad espectral cruzada Ch 2 vs Ch 6

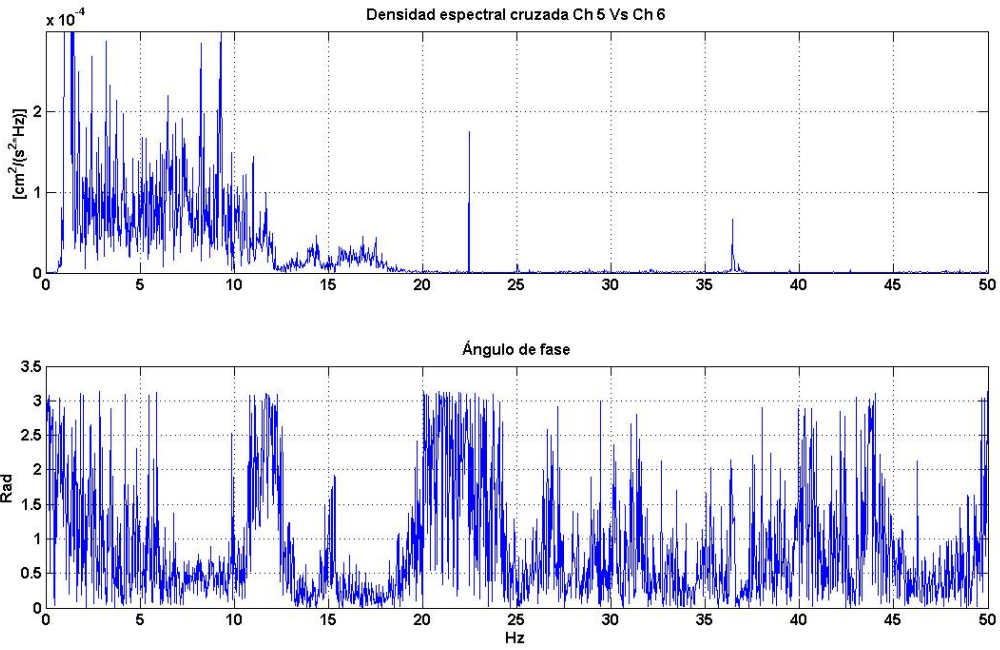


Figura 5.2. 69.- Densidad espectral cruzada Ch 5 vs Ch 6.

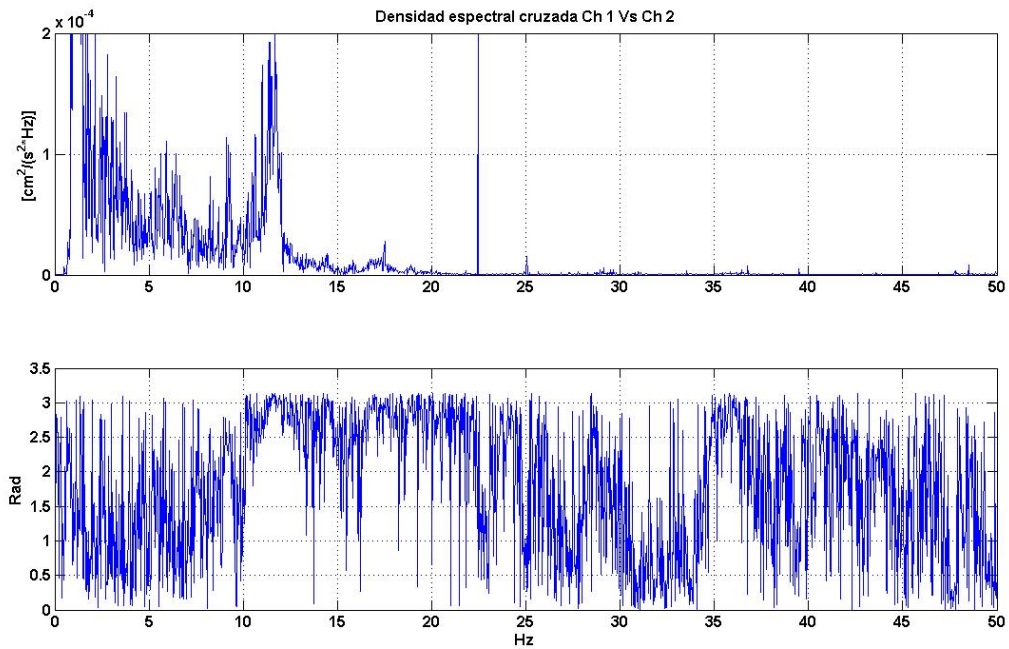


Figura 5.2. 70.- Densidad espectral cruzada Ch 1 vs Ch 2.

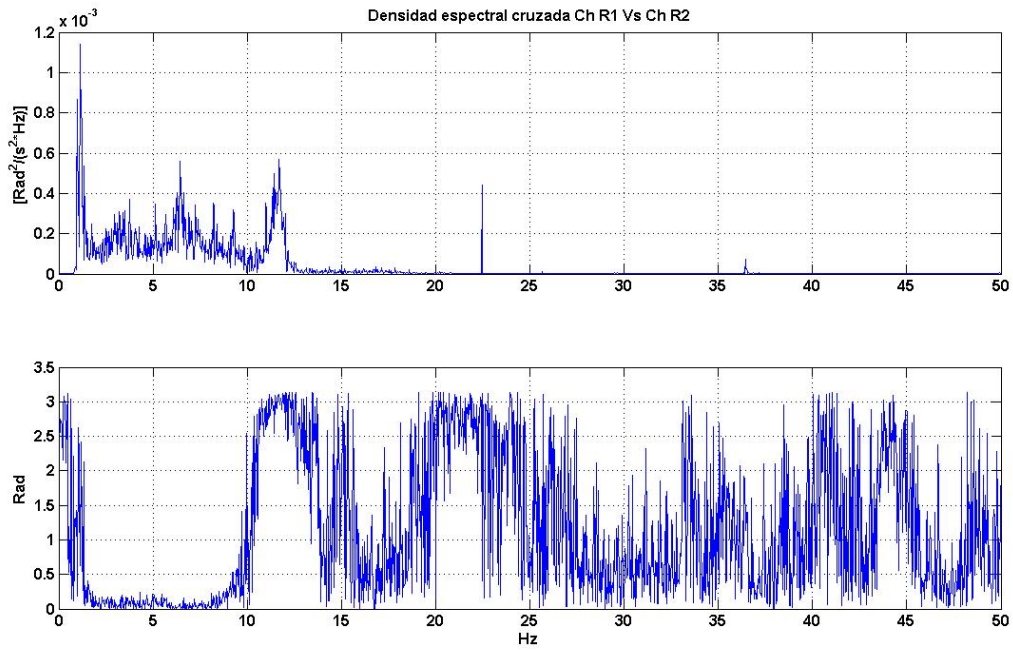


Figura 5.2. 71.- Densidad espectral cruzada del registro rotacional.

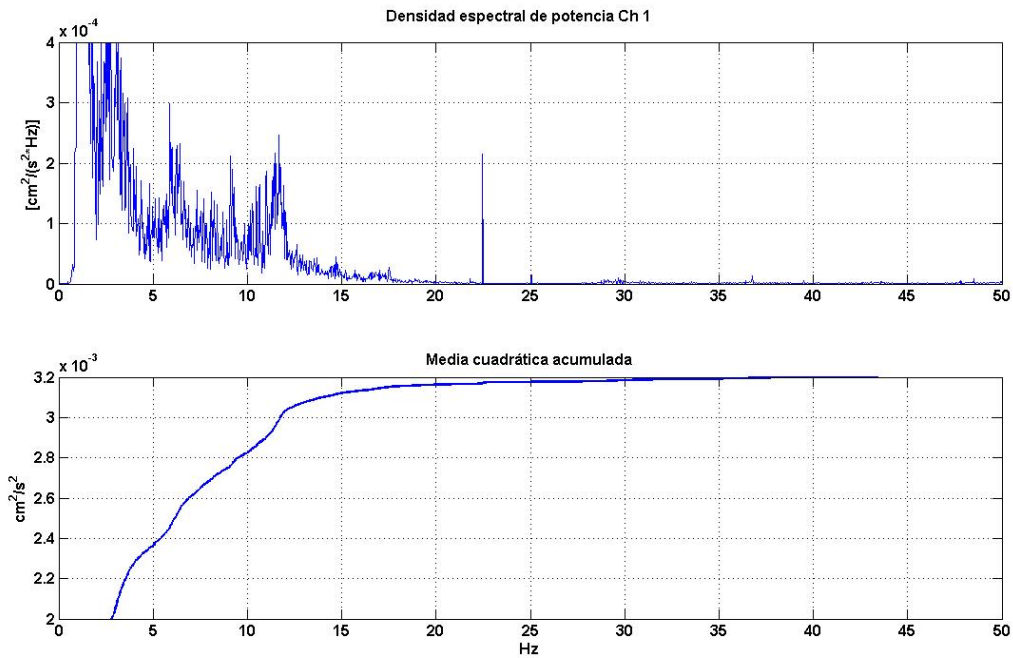


Figura 5.2. 72.- Estimación de amplitud por frecuencia Ch 1.

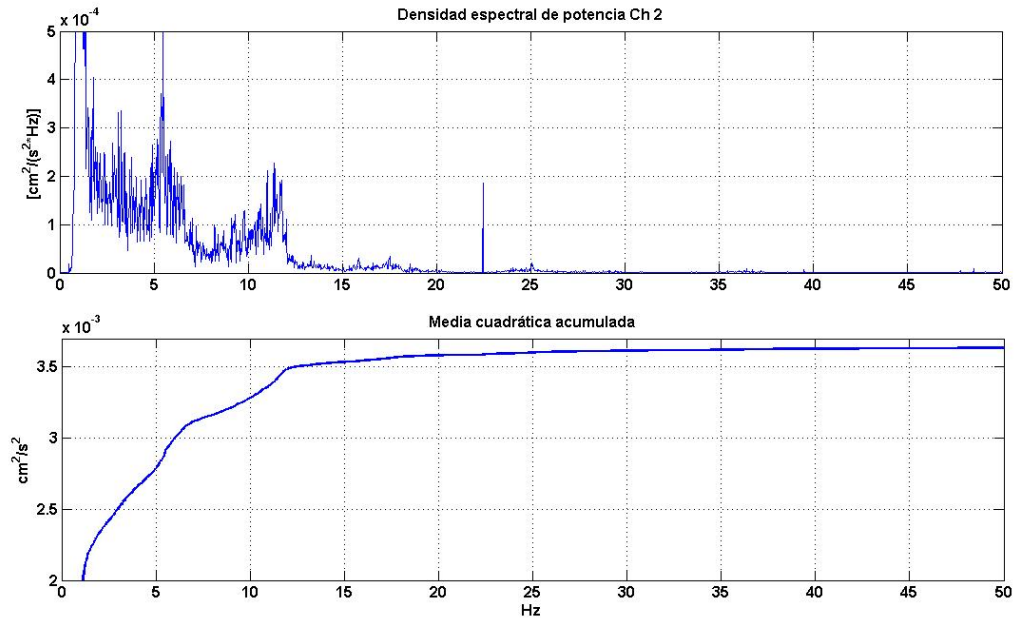


Figura 5.2. 73.- Estimación de amplitud por frecuencia Ch 2

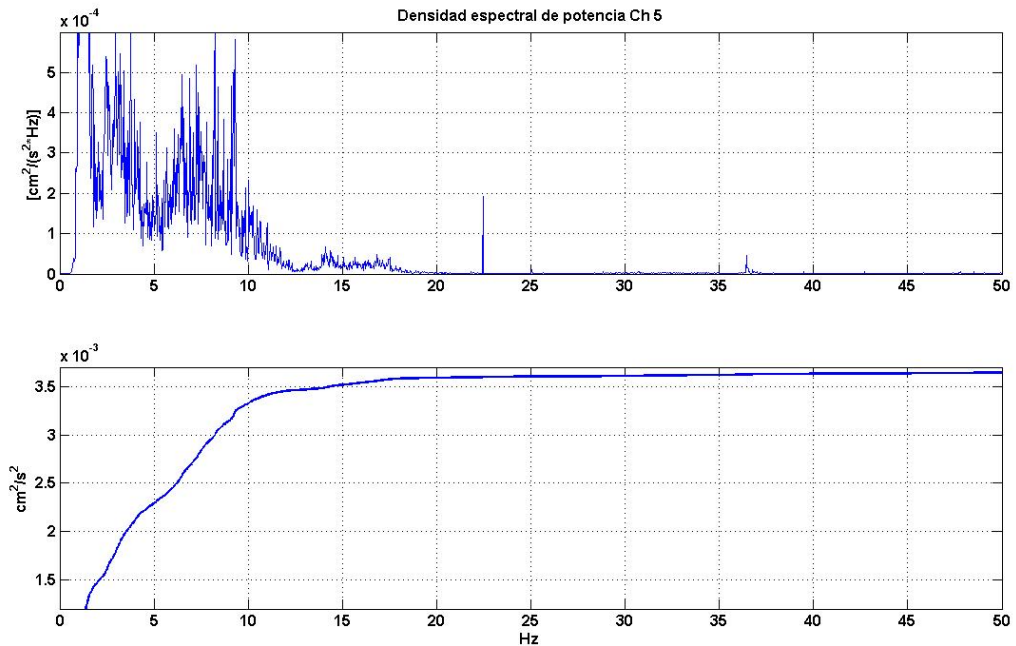


Figura 5.2. 74.- Estimación de amplitud por frecuencia Ch 5.



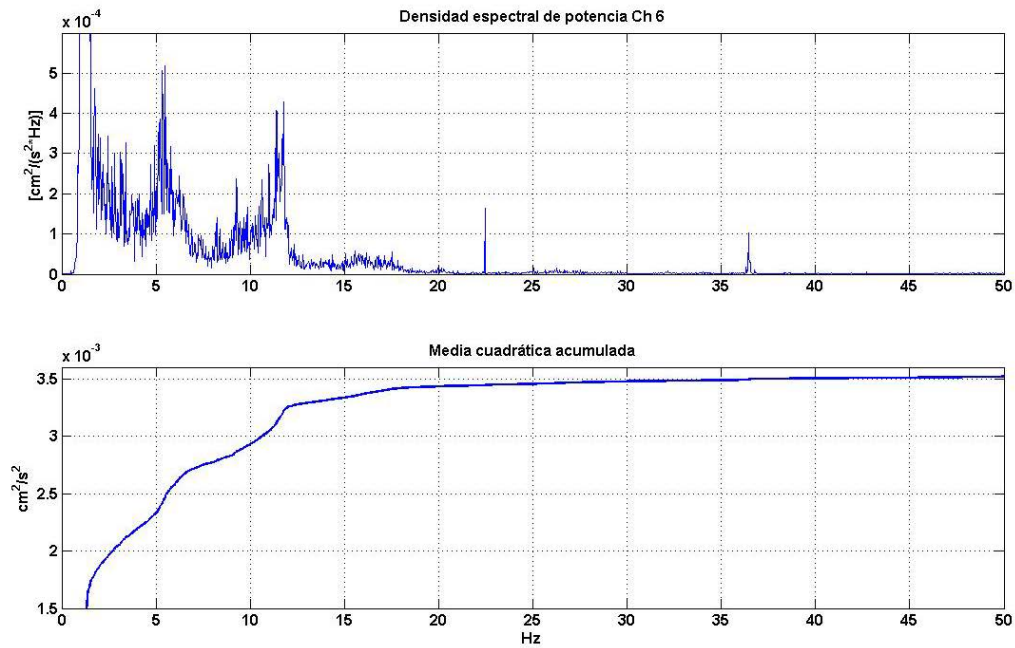


Figura 5.2. 75.- Estimación de amplitud por frecuencia Ch 6.

c) *Análisis de Resultados*

Se presentan a continuación las tablas con los resultados provenientes de los espectros de potencia y el análisis de correlación cruzada, resumido este último como fases, las cuales pueden ser positivas o negativas.

Tabla 5.2. 14.- Amplitudes de velocidad para cada registro.

Amplitud de Movimiento			
	Sensor / registro	Frecuencias detectadas (Hz)	
		5.50	11.5
MEDIAS CUADRÁTICAS ESPECTRALES	Ch1	0.00020	0.00025
	Ch2	0.00045	0.00025
	Ch5		0.00020
	Ch6	0.00	0.00040
MÁXIMOS NORMALIZADOS	Ch1	0.44	0.63
	Ch2	1.00	0.63
	Ch5	0.00	0.50
	Ch6	0.89	1.00



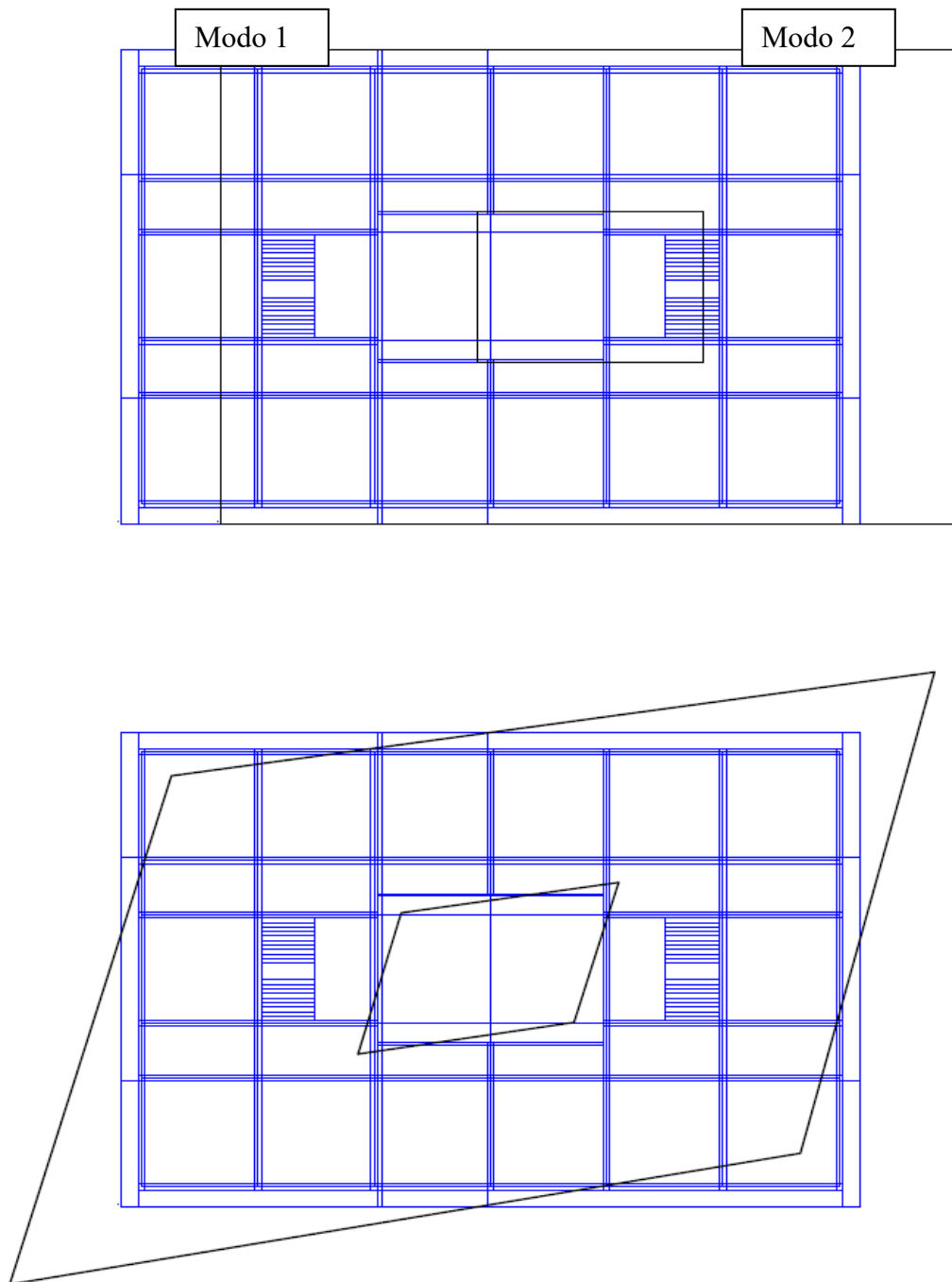
Tabla 5.2. 15.- Análisis de correlación cruzada.

Análisis de correlación cruzada de registros				
Arreglo	Sensor / registro	Sensor / registro	Frecuencias detectadas (Hz)	
			5.5	11.5
1	Ch1	Ch5		
	Ch2	Ch6	+	-
	Ch5	Ch6		-
	Ch1	Ch2		-
	ChR1	ChR2		-

d) Conclusiones

Del análisis de los resultados obtenidos a partir del procesamiento de los datos adquiridos en la medición de propiedades dinámicas de la U.E. Corazón de Jesús se concluye:

- Los dos primeros modos tienen frecuencias de 5.5 y 11.5 Hz respectivamente con una tolerancia de cálculo de  $\pm 0.0152$  Hz puesto que la tasa de muestreo fue de 500 Hz y el número de puntos por ventana igual a 16384 muestras.
- El primer modo de vibración es principalmente traslacional en dirección del eje Y, con algún ligero acomplamiento torsional, pues no se observó correlación entre los registros de los sensores 1 y 5 para el primer modo, pero si se pudo medir algún nivel de amplitud en el registro del sensor 1 para esa frecuencia, cuyo sentido relativo no pudo ser determinado.
- El segundo modo de vibración obedece a una forma modal correspondiente a un diafragma flexible, lo cual además pudo ser corroborado por el análisis de correlación de los registros de rotación, el cual ofrece una fase negativa para la frecuencia del segundo modo, descartando por completo la posibilidad de un diafragma rígido.
- Debido a la alta dispersión se dificultó determinar el amortiguamiento, el cual fue estimado para el primer modo en 10% del amortiguamiento crítico. Estos amortiguamientos son representativos de vibraciones a baja amplitud y no deben tomarse para análisis estructurales de edificaciones que no vayan a estar sujetas a esta condición.



**Figura 5.2. 76.- Modos de vibración U.E. Corazón de Jesús.**

5.2.7.- Unidad Educativa Antonio Rodríguez Abreu.

a) *Instrumentación*

Esta edificación fue instrumentada con seis sismómetros. Se realizó un arreglo, en el cual los sismómetros fueron distribuidos en dos puntos de registro biaxial y dos puntos de registro uniaxial.



**Figura 5.2. 77.- Sensores Ch 5 y Ch 6 (inferior), vista de la losa de techo (superior),  
Vista desde el segundo nivel (derecha).**

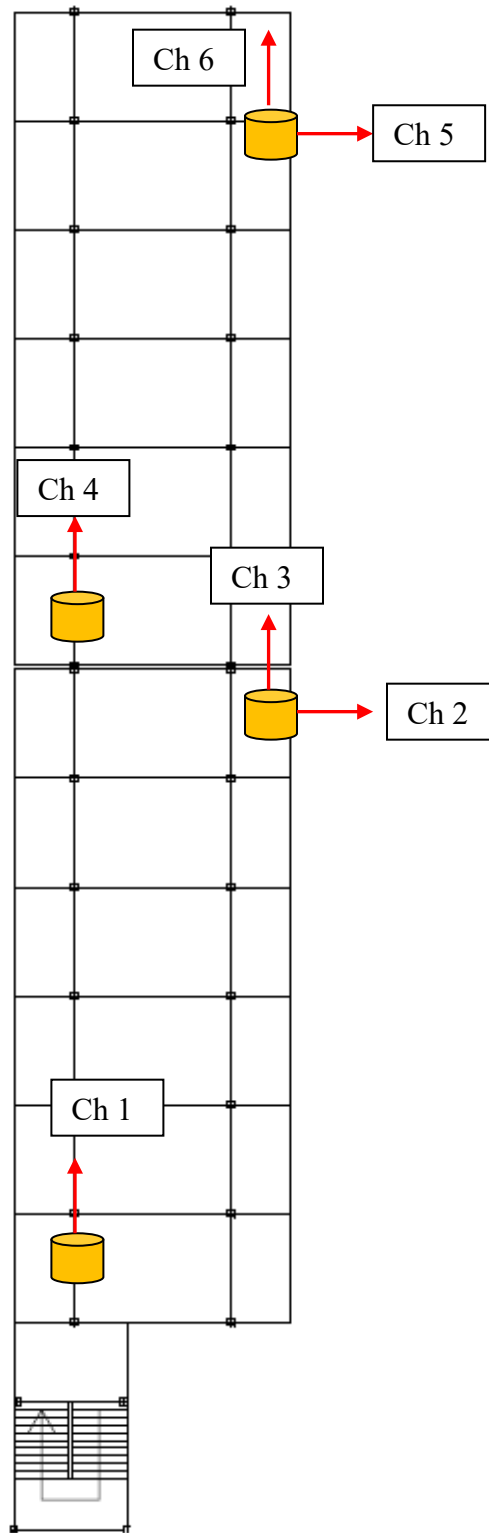
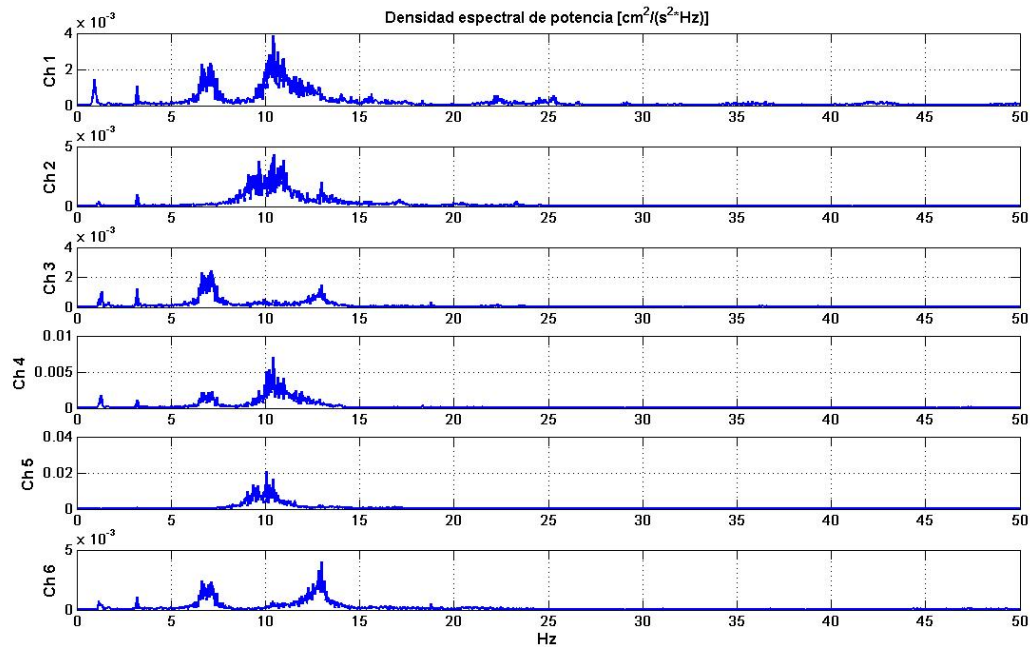


Figura 5.2. 78.- Esquema de instrumentación U.E. Antonio R. Abreu.

### b) Registro y procesamiento de datos

Los datos fueron adquiridos a una tasa de 500 muestras por segundo durante 44 minutos y almacenados para su posterior procesamiento utilizando el programa de computación MatLab.

Una vez determinados los espectros de potencia suavizados, se identificaron los picos máximos que indican las componentes frecuenciales predominantes en el registro.



**Figura 5.2. 79.- Espectros de potencia.**

Luego de identificadas las posibles frecuencias modales, se calculó la densidad espectral cruzada entre varios registros seleccionados, de manera de poder determinar frecuencias comunes y ángulo de fase entre ellos.

El criterio de selección consiste en buscar en los espectros cruzados aquellas frecuencias vistas en los espectros directos y que a su vez presenten ángulos de fase iguales a 0 (cero) o a  $\pi$  radianes ( $180^\circ$ ), lo cual es indicativo de frecuencia de vibración modal.

Se presentan a continuación una colección de gráficas de densidad espectral cruzada y de amplitud media cuadrática acumulada para varios registros.

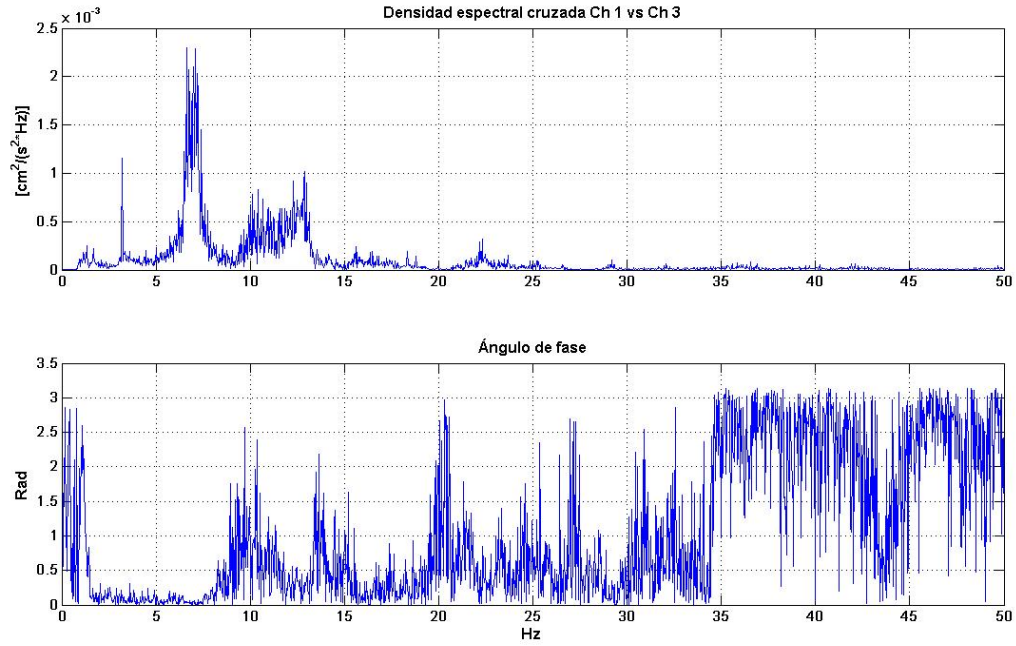


Figura 5.2. 80.- Densidad espectral cruzada Ch 1 vs Ch 3

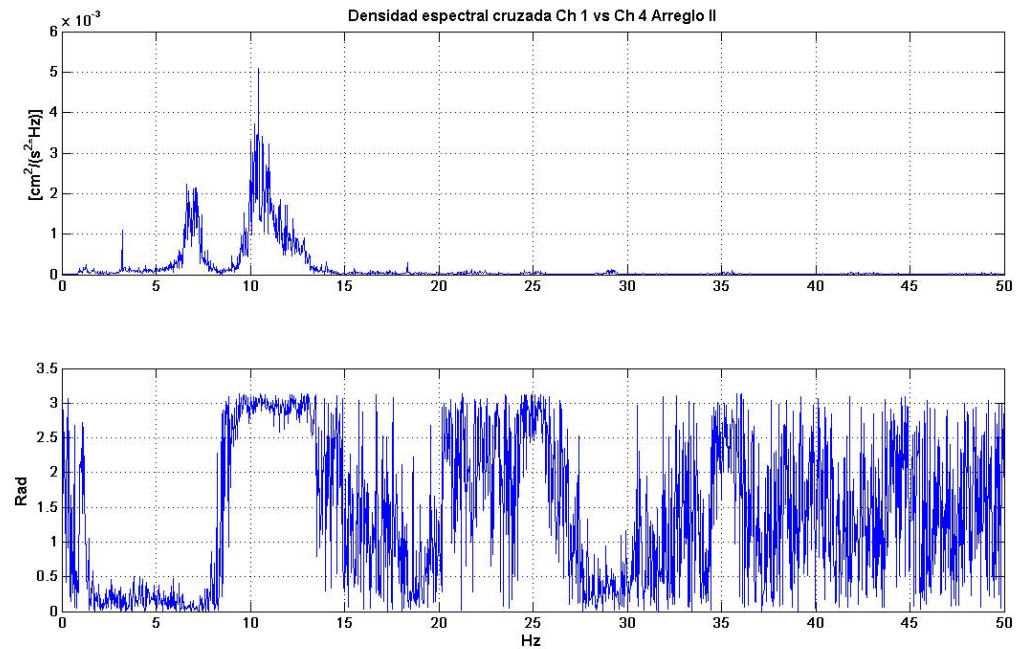
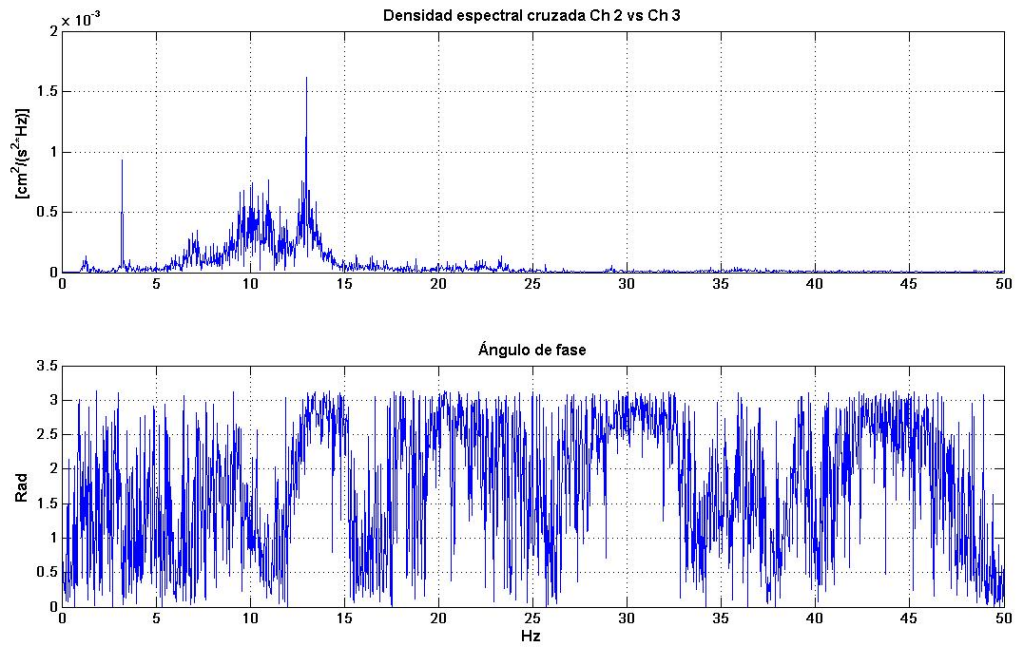
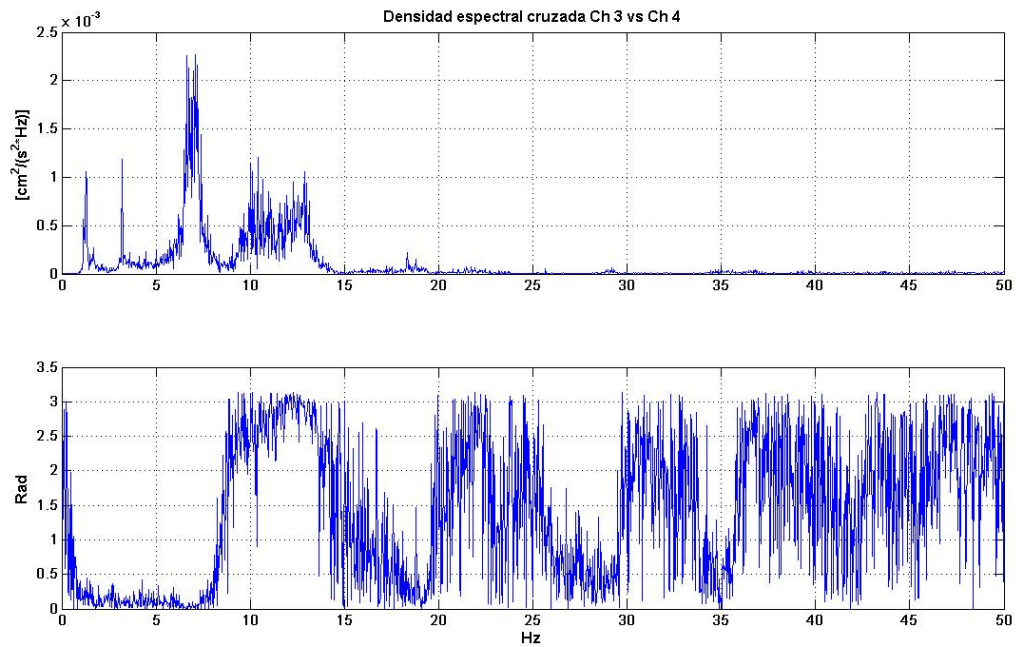


Figura 5.2. 81.- Densidad espectral cruzada Ch 1 vs Ch 4





**Figura 5.2. 82.- Densidad espectral cruzada Ch 2 vs Ch 3.**



**Figura 5.2. 83.- Densidad espectral cruzada Ch 3 vs Ch 4.**

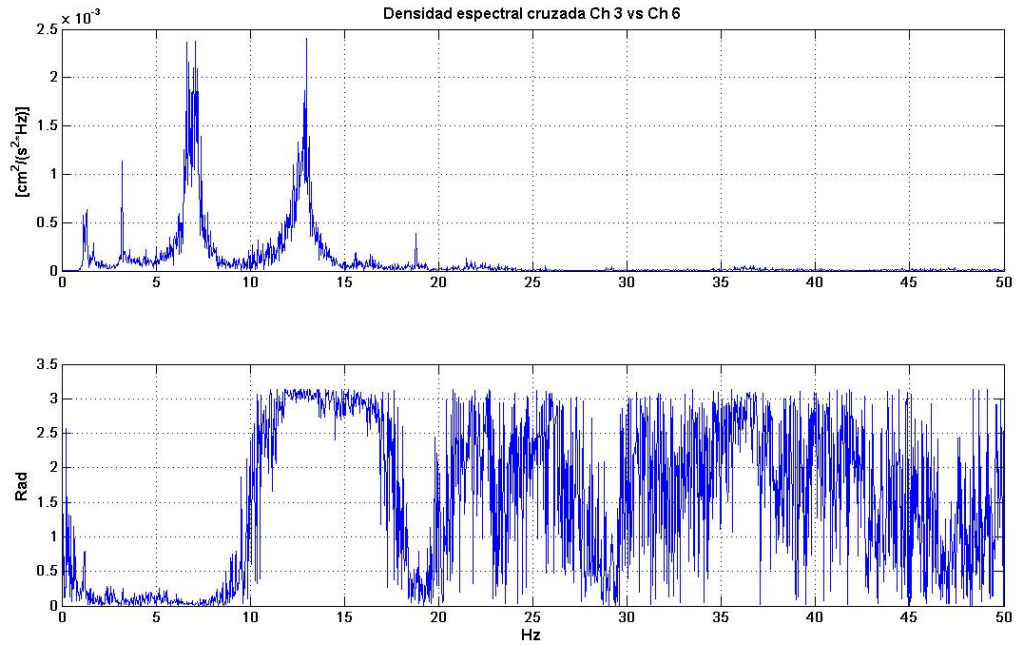


Figura 5.2. 84.- Densidad espectral cruzada Ch 3 vs Ch 6.

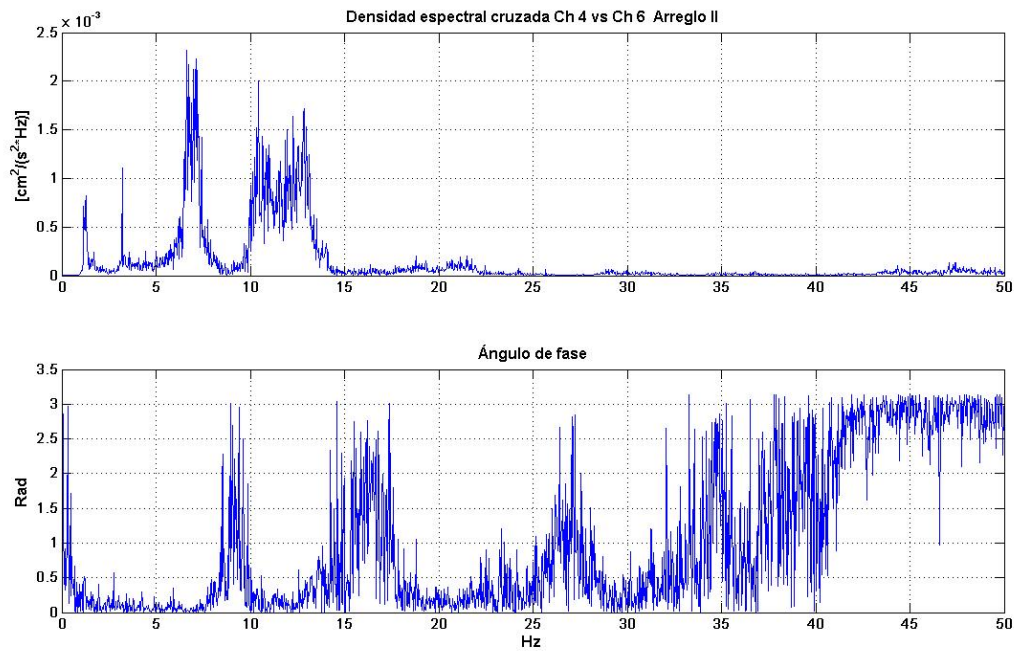


Figura 5.2. 85.- Densidad espectral cruzada Ch 4 vs Ch 6.

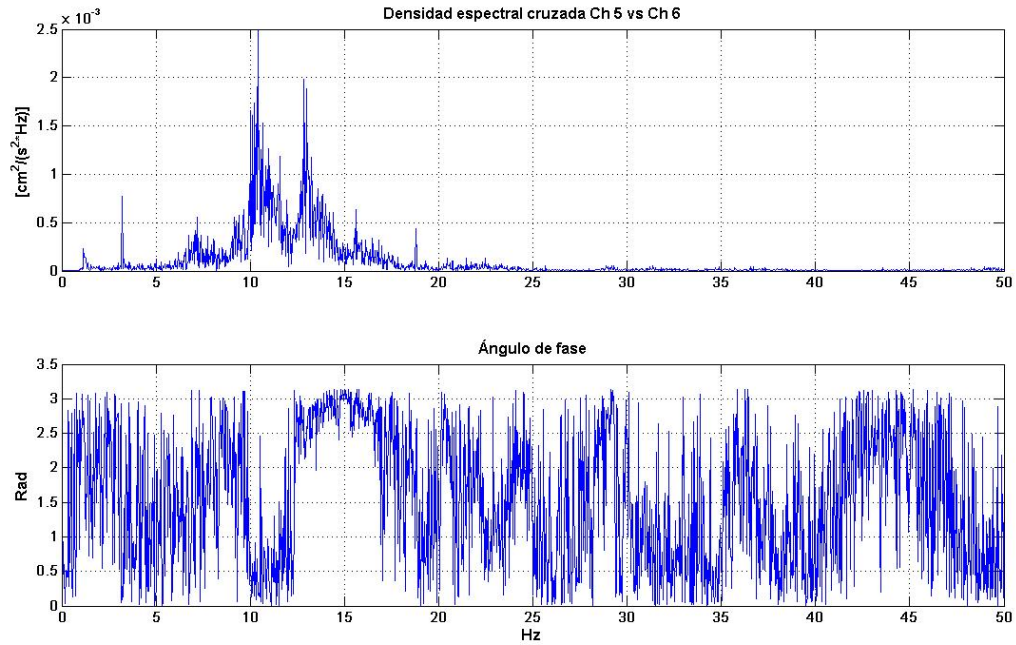


Figura 5.2. 86.- Densidad espectral cruzada Ch 5 vs Ch 6.

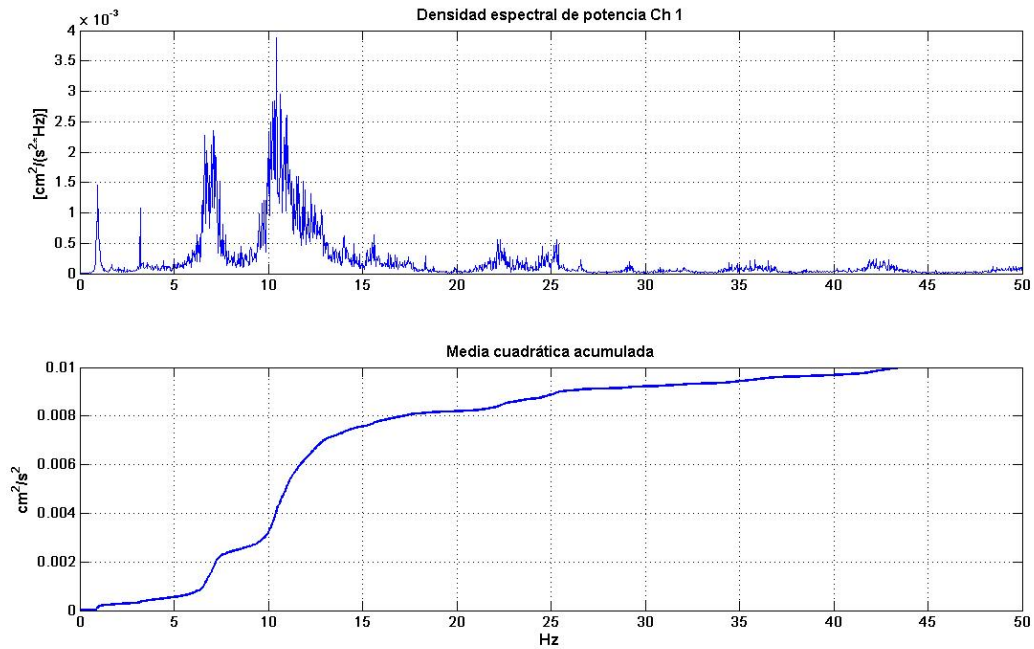


Figura 5.2. 87.- Amplitud por frecuencia Ch 1.

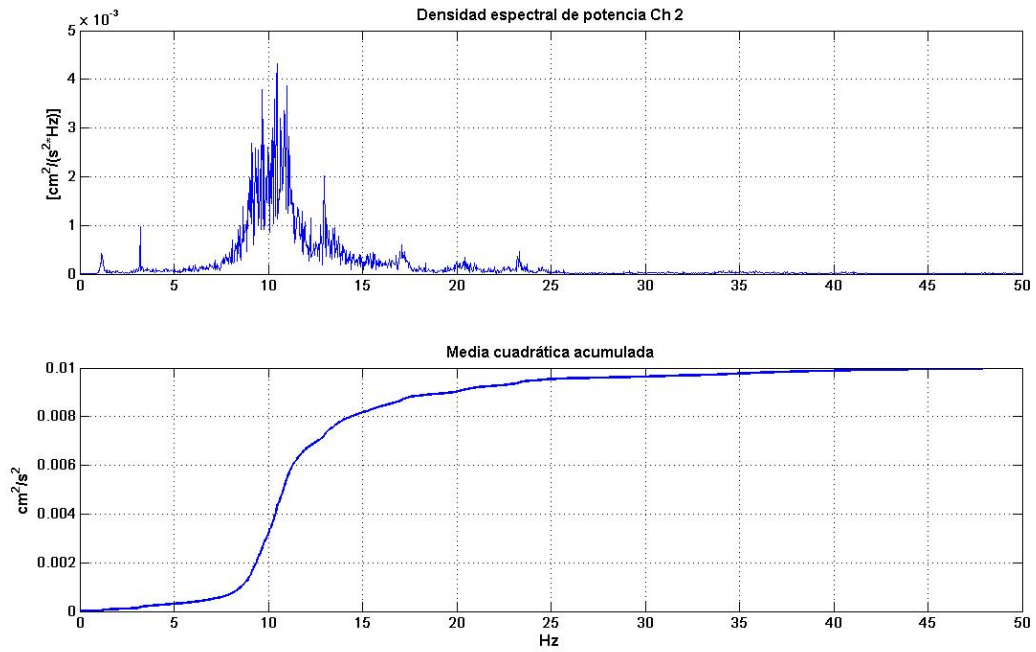


Figura 5.2. 88.- Amplitud por frecuenciaCh2

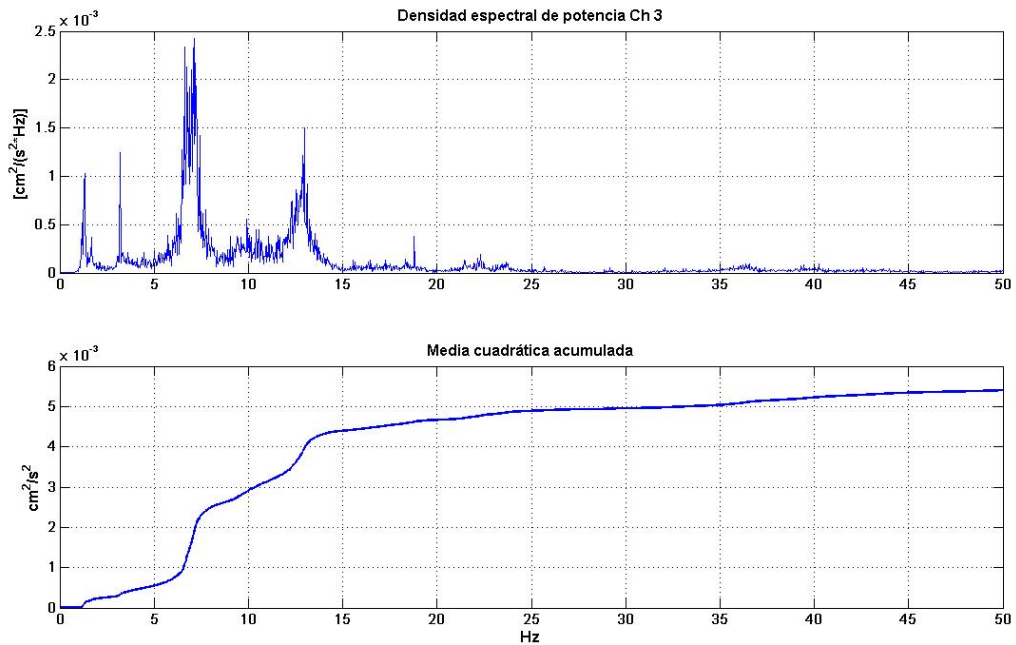
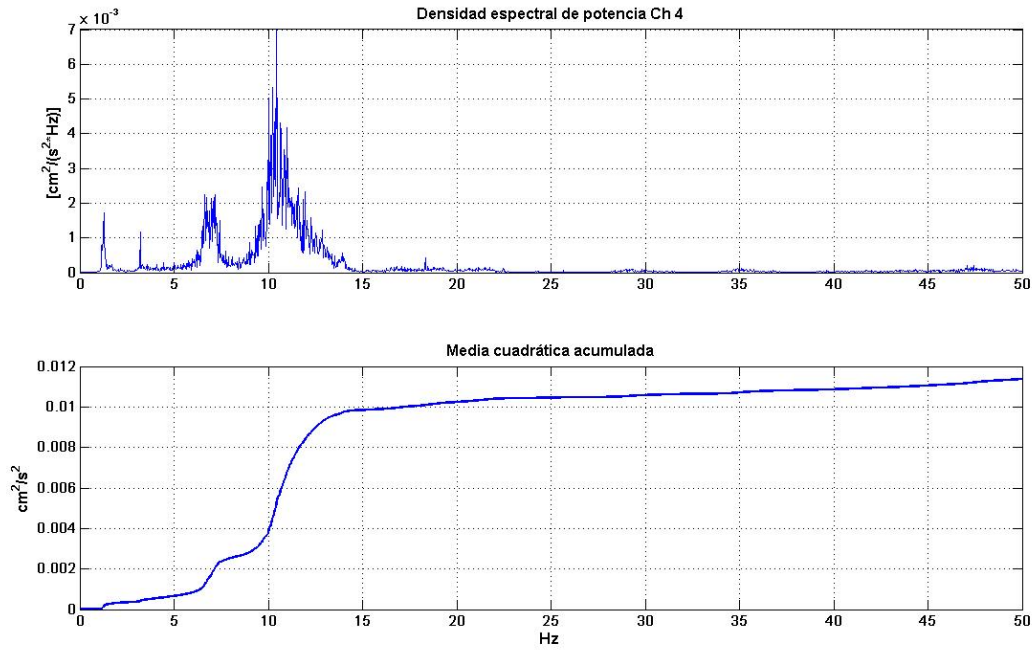
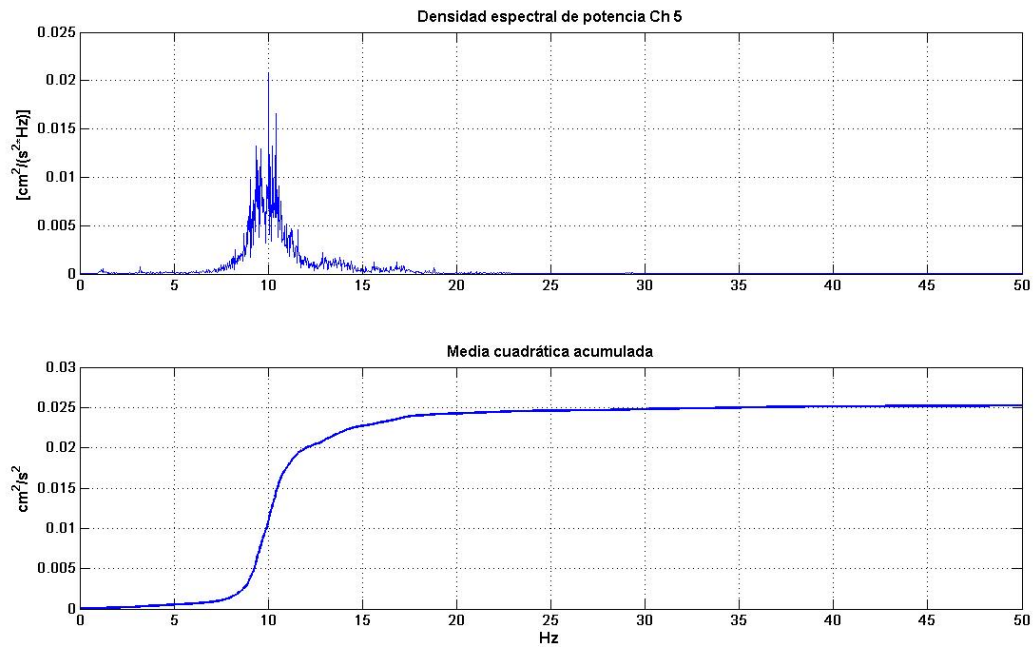


Figura 5.2. 89.- Amplitud por frecuencia Ch 3.

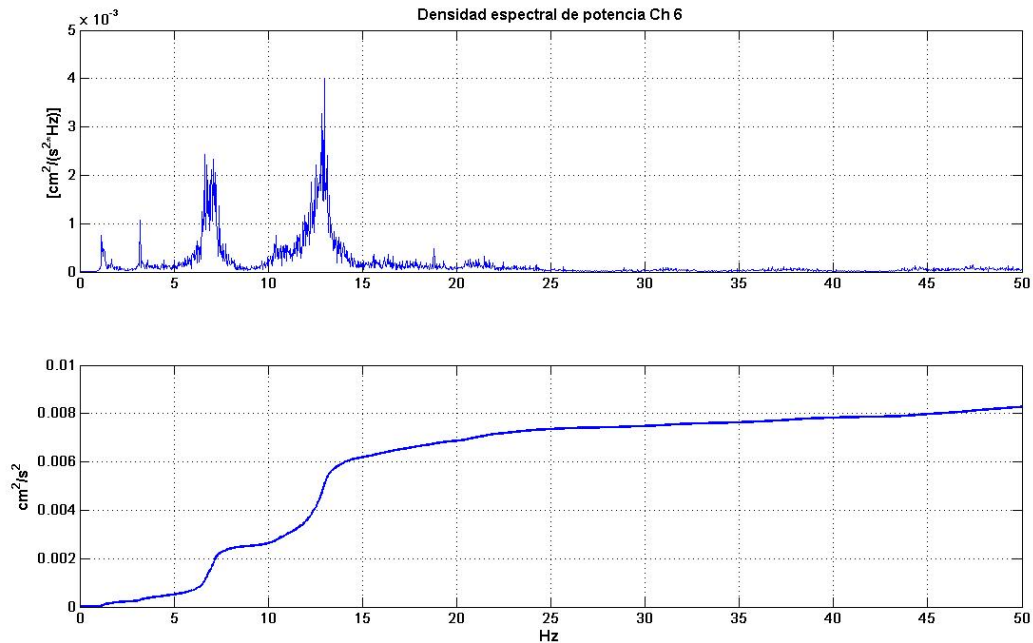


**Figura 5.2. 90.- Amplitud por frecuencia Ch 4.**



**Figura 5.2. 91.- Amplitud por frecuencia Ch 5**





**Figura 5.2. 92.- Amplitud por frecuencia Ch 6.**

c) *Análisis de Resultados*

Se presentan a continuación las tablas con los resultados provenientes de los espectros de potencia con el análisis de correlación cruzada, resumido este último como fases, las cuales pueden ser positivas o negativas

**Tabla 5.2. 16.- Análisis de correlación cruzada.**

Análisis de correlación cruzada de registros					
Arreglo	Sensor / registro	Sensor / registro	Frecuencias detectadas		
			7	10.5	13
1	Ch3	Ch4	+	-	-
	Ch1	Ch4	+	-	
	Ch2	Ch3		+	-
	Ch5	Ch6		+	-
	Ch3	Ch6	+		-
	Ch4	Ch6	+	+	+



**Tabla 5.2. 17.- Amplitudes de velocidad para cada registro.**

Amplitud de Movimiento				
	Sensor / registro	Frecuencias detectadas		
		7	10.5	13
MEDIAS CUADRÁTICAS ESPECTRALES	Ch1	0.0018	0.0042	0
	Ch2	0.0000	0.0065	0
	Ch3	0.0020	0	0.0012
	Ch4	0.0018	0.007	0
	Ch5	0.0000	0.018	0
	Ch6	0.002	0	0.003
MÁXIMOS NORMALIZADOS	Ch1	0.90	0.23	0.00
	Ch2	0.00	0.36	0.00
	Ch3	1.00	0.00	0.40
	Ch4	0.90	0.39	0.00
	Ch5	0.00	1.00	0.00
	Ch6	1.00	0.00	1.00

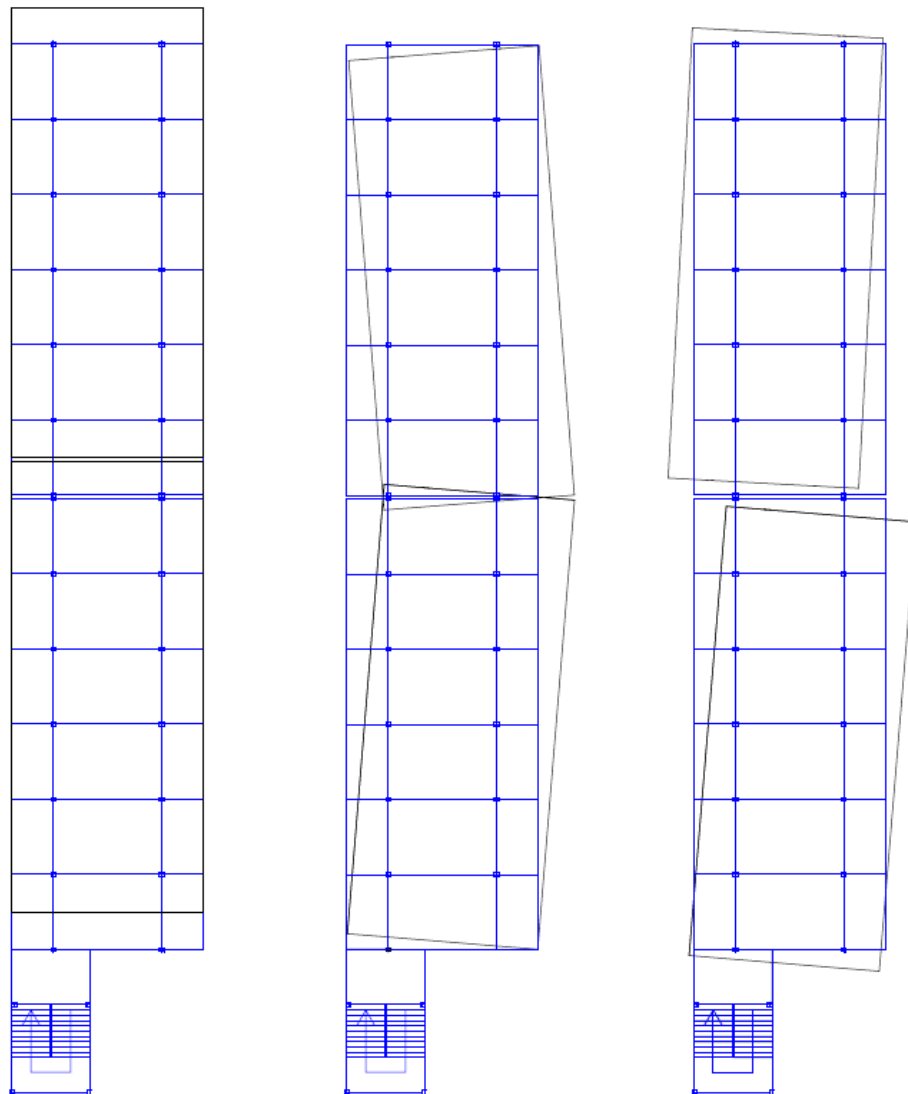
d) *Conclusiones*

Del análisis de los resultados obtenidos a partir del procesamiento de los datos adquiridos en la medición de propiedades dinámicas de la U.E. J. Rodríguez Abreu:

- Los tres primeros modos tienen frecuencias de 7.0, 10.5 y 13.0 Hz respectivamente con una tolerancia de cálculo de  $\pm 0.0152$  Hz puesto que la tasa de muestreo fue de 500 Hz y el número de puntos por ventana igual a 16384 muestras.
- El primer modo es traslacional en dirección Y de ambos módulos en conjunto, mientras el segundo, que es principalmente torsional y el tercero, acoplado, son modos con interacción a través de la junta estructural. Del análisis se deduce que las juntas estructurales están funcionando como medios elásticos de baja rigidez lo cual induce al acoplamiento de los dos módulos principales. Esto se evidencia en el segundo y tercer modo, donde se observan dos registros paralelos concurrentes a ambos lados de la junta estructural presentando un desfase de  $180^\circ$ , lo cual indica que en vez vibrar cada módulo de manera independiente, lo hacen en

conjunto como un modo estructural de 6 grados de libertad por nivel, 3 en cada módulo.

- El amortiguamiento calculado para el primer modo es 7.14%, 2.7% para el segundo y para el tercero 4.7% del amortiguamiento crítico. Estos amortiguamientos son representativos de vibraciones a baja amplitud y no deben tomarse para análisis estructurales de edificaciones que no vayan a estar sujetas a esta condición. Se presume que la presencia de mayor porcentaje de mampostería en la dirección norte haya influido en el incremento del amortiguamiento en esa dirección.



**Figura 5.2. 93.- Modos de vibración U.E. Antonio R. Abreu.**

### 5.2.8.- U.E. María Reina de López

#### a) *Instrumentación*

Esta edificación fue instrumentada con seis sismómetros. Debido a la regularidad en planta, ausencia de juntas estructurales y acceso al nivel de techo, se realizó la adquisición mediante un único arreglo, en el cual los sismómetros fueron distribuidos en tres puntos de registro biaxial, dos correspondientes a esquinas opuestas y uno cercano a lo que se estima pueda ser el centro de masa.



**Figura 5.2. 94.- Fachada principal U.E. María R. López.**



**Figura 5.2. 95.- Sensores Ch 5 y Ch 6.**



Figura 5.2. 96.- Sensores Ch 1 y Ch 2.

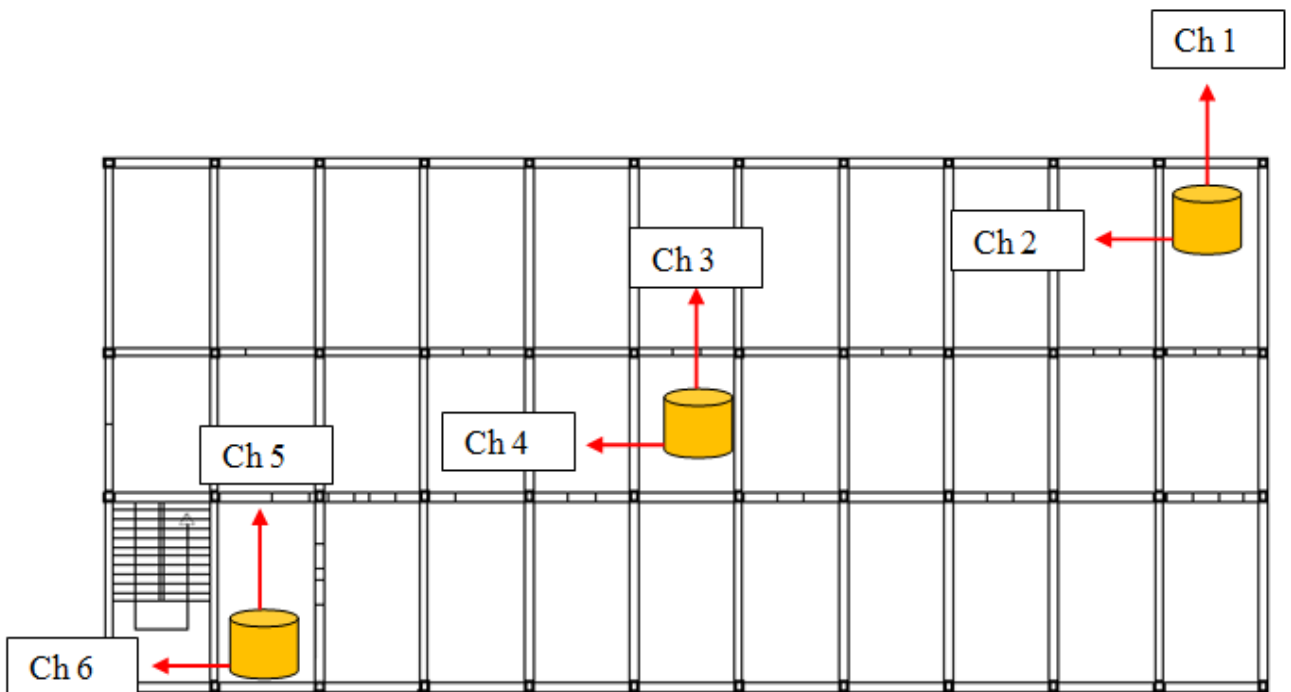


Figura 5.2. 97.- Esquema de instrumentación U.E. María R. López.

b) Registro y procesamiento de datos

Los datos fueron adquiridos a una tasa de 500 muestras por segundo durante 60 minutos y almacenados para su posterior procesamiento utilizando el programa de computación MatLab.

Una vez determinados los espectros de potencia suavizados, se identificaron los picos máximos que indican las componentes frecuenciales predominantes en el registro.

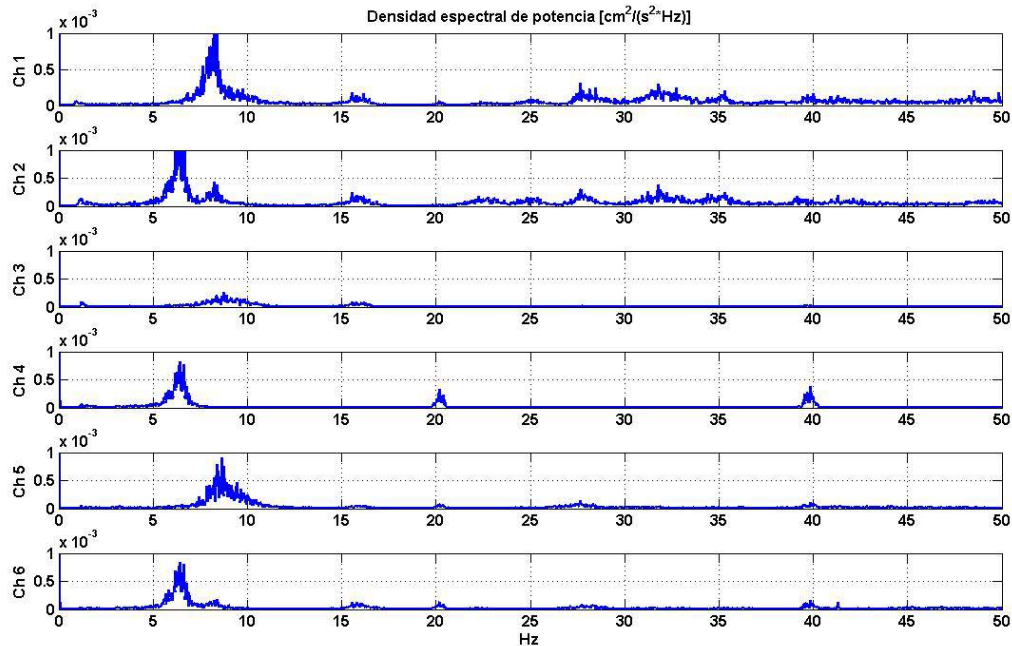


Figura 5.2.98.- Espectros de potencia U.E. María R. López.

Luego de identificadas las posibles frecuencias modales, se calculó la densidad espectral cruzada entre varios registros seleccionados, de manera de poder determinar frecuencias comunes y ángulo de fase entre ellos.

El criterio de selección consiste en buscar en los espectros cruzados aquellas frecuencias vistas en los espectros directos y que a su vez presenten ángulos de fase iguales a 0(cero) o a  $\pi$  radianes ( $180^\circ$ ), lo cual es indicativo de frecuencia de vibración modal.

Se presentan a continuación una colección de gráficas de densidad espectral cruzada y de amplitud media cuadrática acumulada para varios registros.

Como información adicional se realizó la comprobación de comportamiento como diafragma rígido a través del análisis de correlación de los registros de rotación.



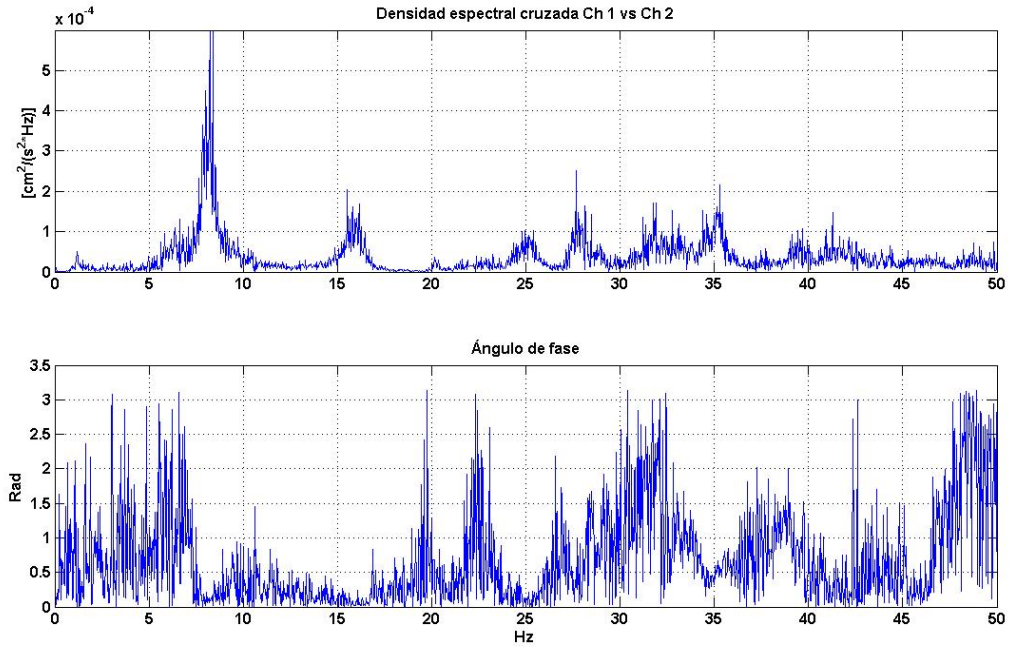


Figura 5.2. 99.- Densidad espectral cruzada Ch 1 vs Ch 2.

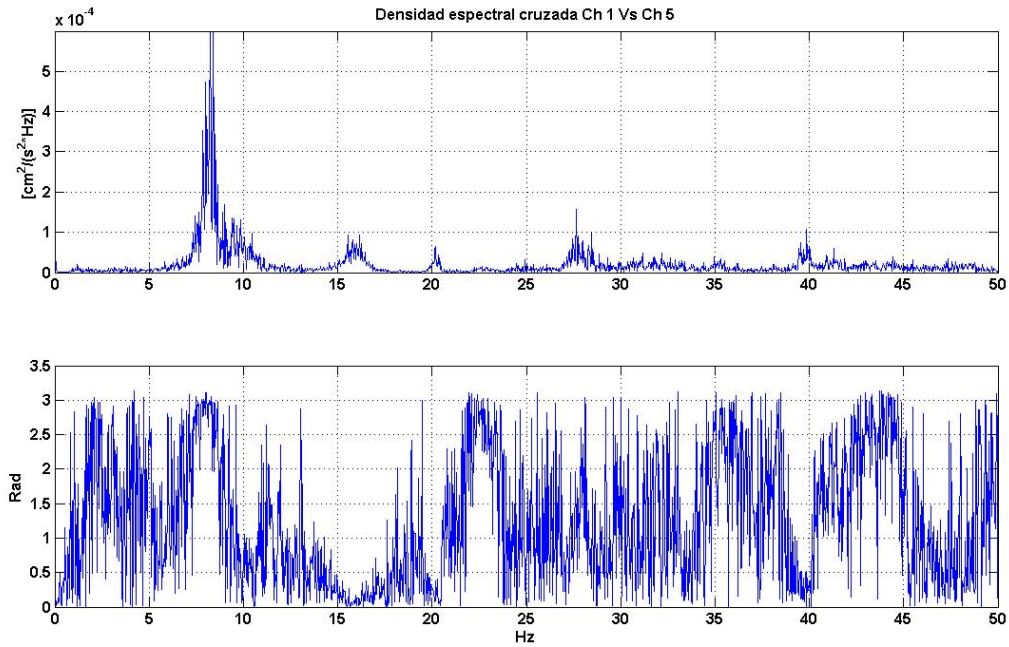
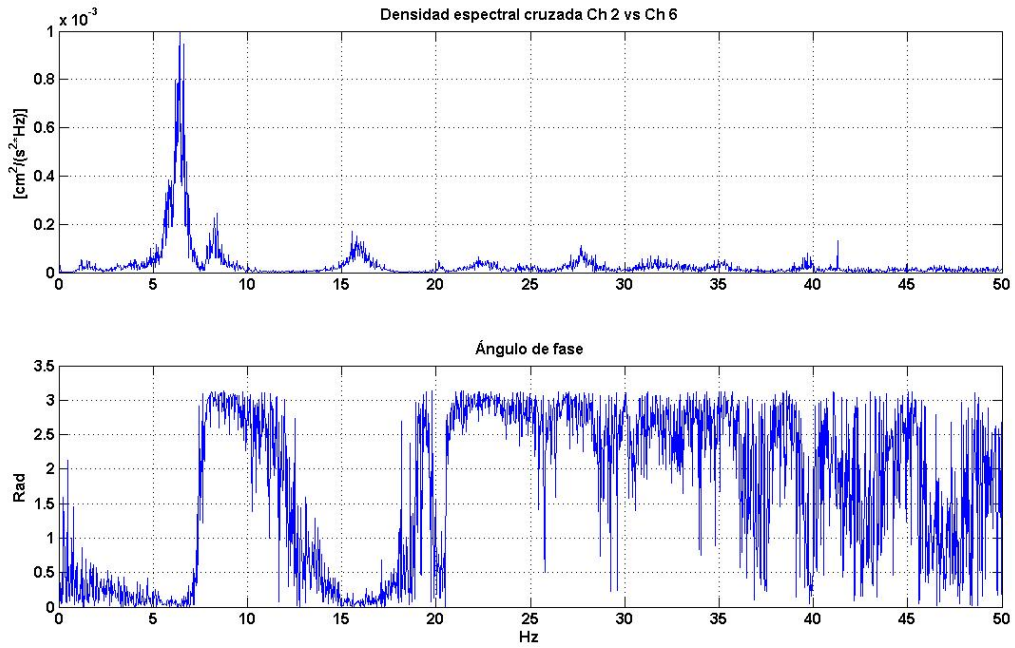
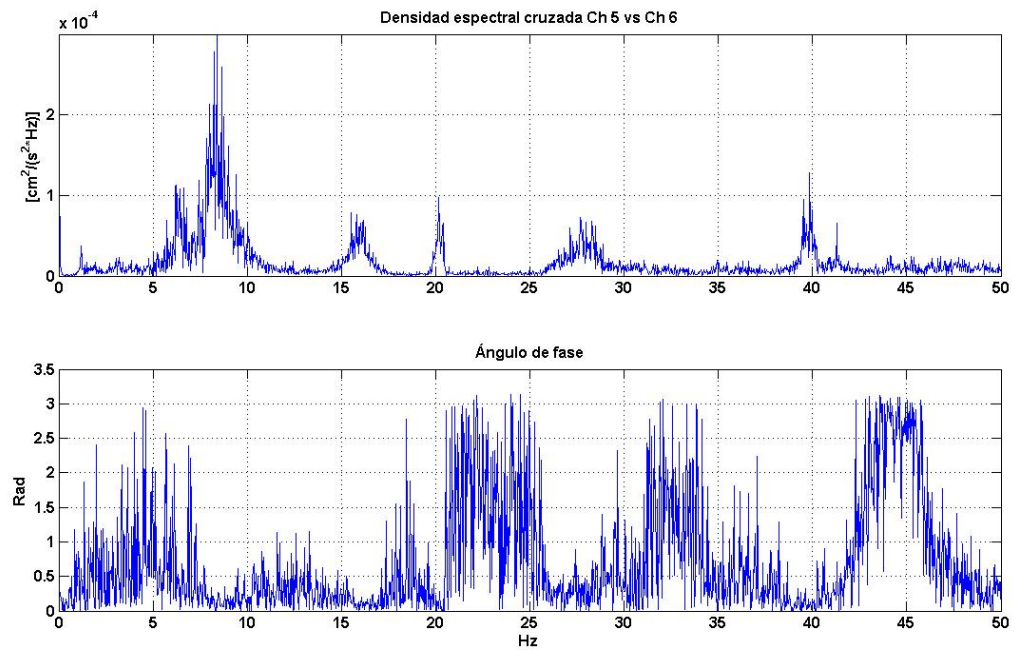


Figura 5.2. 100.- Densidad espectral cruzada Ch 1 vs Ch 5.





**Figura 5.2. 101.- Densidad espectral cruzada Ch 2 vs Ch 6.**



**Figura 5.2. 102.- Densidad espectral cruzada Ch 2 vs Ch 6.**

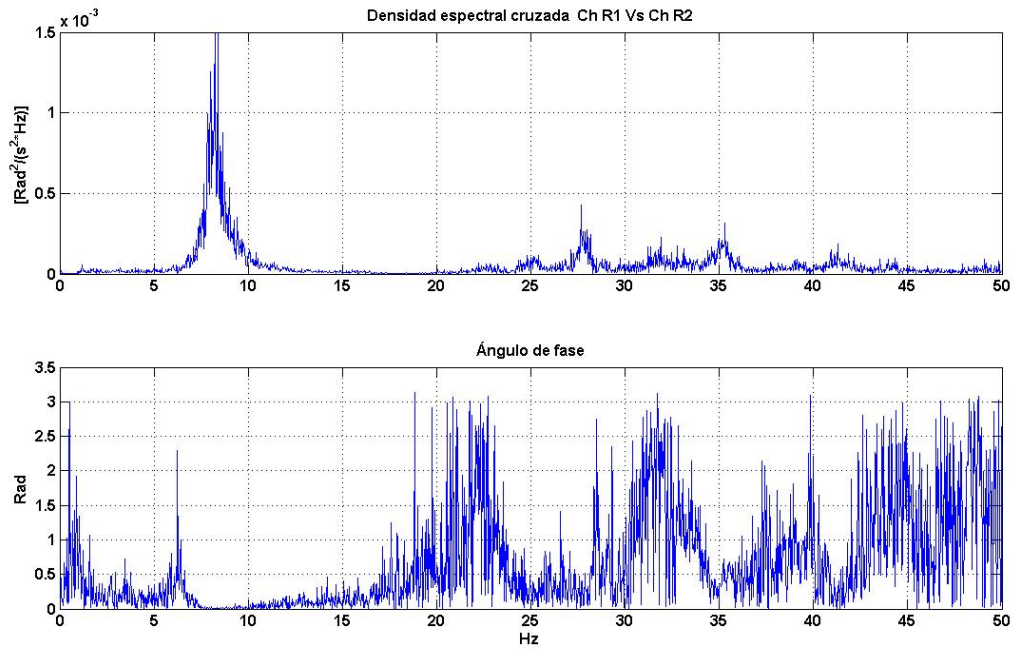


Figura 5.2. 103.- Densidad espectral cruzada para los registros rotacionales.

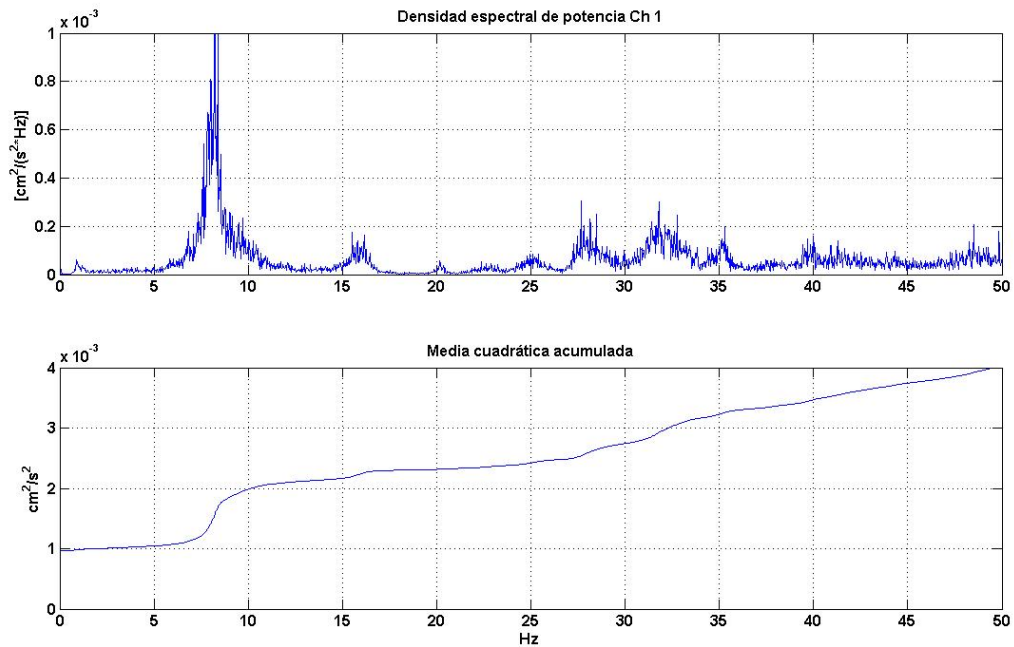
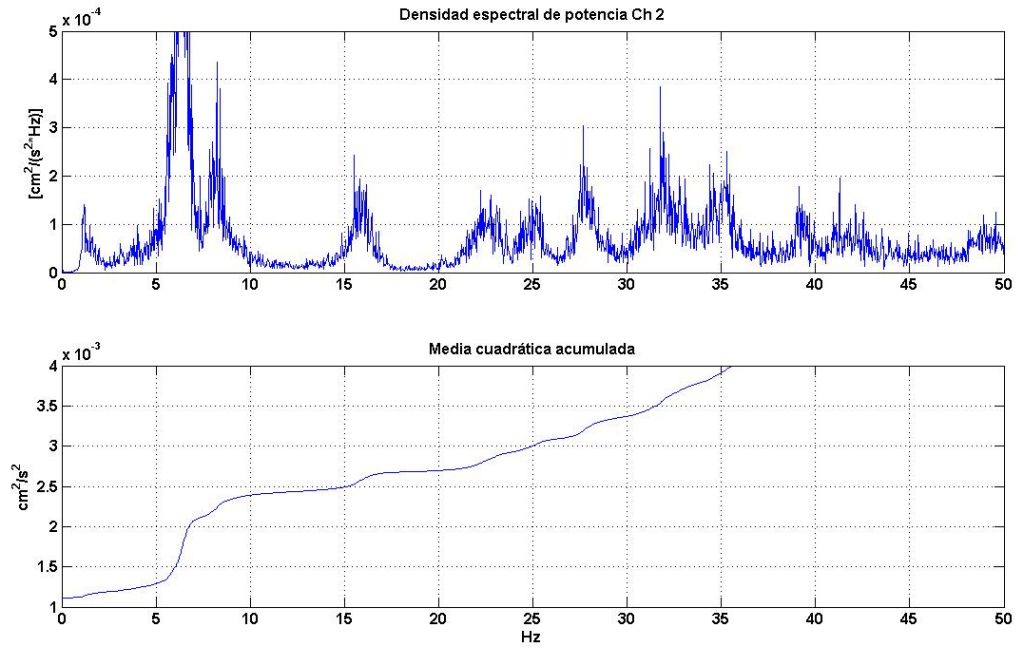
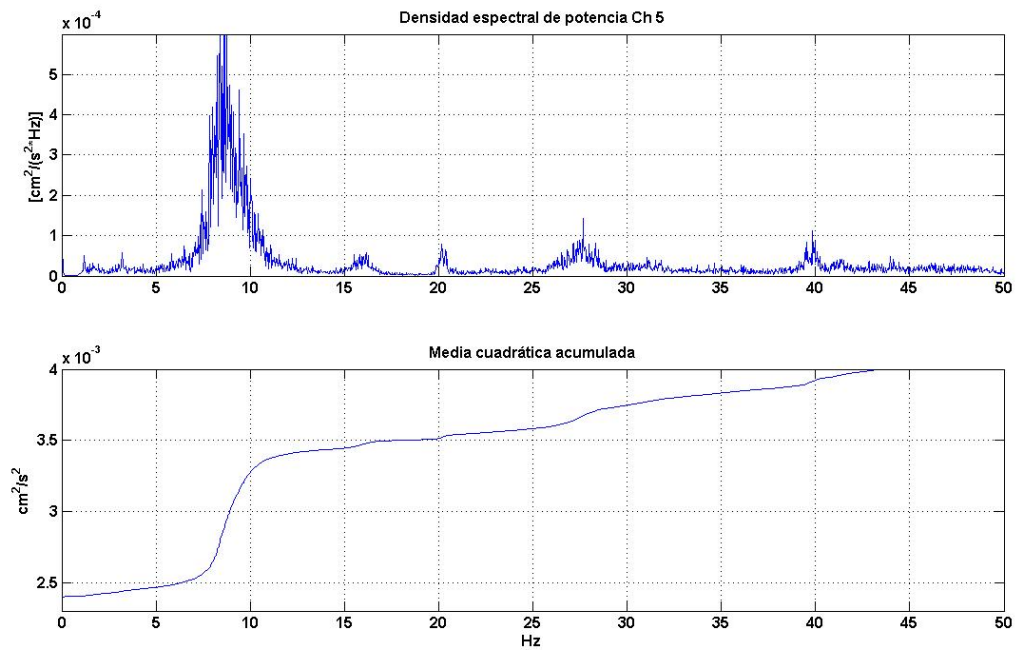


Figura 5.2. 104.- Amplitud por frecuencia Ch 1.



**Figura 5.2. 105.- Amplitud por frecuencia Ch 2.**



**Figura 5.2. 106.- Amplitud por frecuencia Ch 5.**

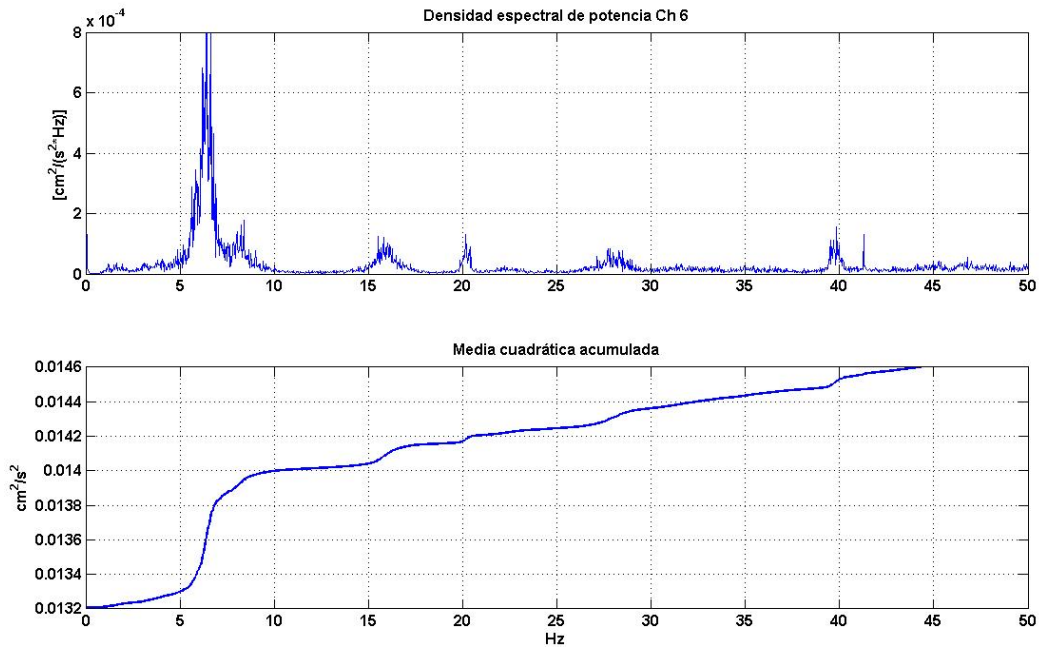


Figura 5.2. 107.- Amplitud por frecuencia Ch 6.

c) *Análisis de Resultados*

Se presentan a continuación las tablas con los resultados provenientes de los espectros de potencia con el análisis de correlación cruzada, resumido este último como fases, las cuales pueden ser positivas o negativas.

Tabla 5.2.18.- Análisis de correlación cruzada.

Análisis de correlación cruzada de registros					
Arreglo	Sensor / registro	Sensor / registro	Frecuencias detectadas		
			6.40	8.2	15.8
1	Ch1	Ch2		+	+
	Ch1	Ch5		-	+
	Ch2	Ch6	+	-	+
	Ch5	Ch6		+	+
	ChR1	ChR2		+	

**Tabla 5.2. 19.- Amplitud de velocidad de registros.**

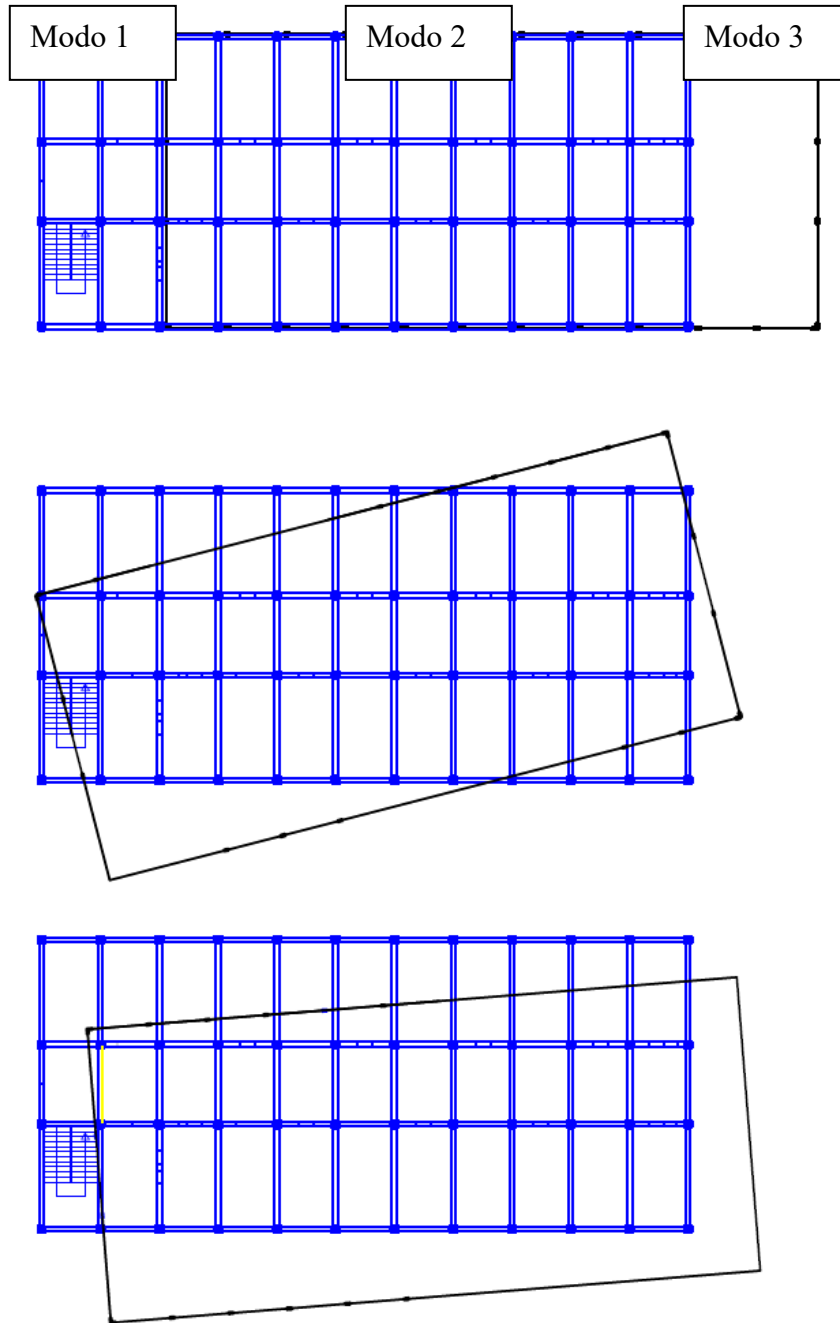
Amplitud de Movimiento				
	Sensor / registro	Frecuencias detectadas		
		6.40	8.2	15.8
MEDIAS CUADRÁTICAS ESPECTRALES	Ch1	0	0.001	0.0001
	Ch2	0.0010	0.0002	0.0002
	Ch3	0	0	0
	Ch4	0	0	0
	Ch5	0.0000	0.0009	0.00005
	Ch6	0.0006	0.0001	0.00015
MÁXIMOS NORMALIZADOS	Ch1	0.00	1.00	0.50
	Ch2	1.00	0.20	1.00
	Ch3	0.00	0.00	0.00
	Ch4	0.00	0.00	0.00
	Ch5	0.00	0.90	0.25
	Ch6	0.63	0.10	0.75

d) *Conclusiones*

Del análisis de los resultados obtenidos a partir del procesamiento de los datos adquiridos en la medición de propiedades dinámicas de la U.E. María Reina de López:

- Los tres primeros modos tienen frecuencias de 6.40, 8.2 y 15.8 Hz respectivamente con una tolerancia de cálculo de +/- 0.0152 Hz puesto que la tasa de muestreo fue de 500 Hz y el número de puntos por ventana igual a 16384 muestras.
- El primer modo es traslacional en dirección Y, el segundo es principalmente torsional con ligero acoplamiento traslacional y el tercero, traslacional en dirección X con ligero acoplamiento torsional.
- El amortiguamiento calculado para el primer modo es 6.25% , 4.87% para el segundo y para el tercero 4.74% del amortiguamiento crítico. Estos amortiguamientos son representativos de vibraciones a baja amplitud y no deben

tomarse para análisis estructurales de edificaciones que no vayan a estar sujetas a esta condición.



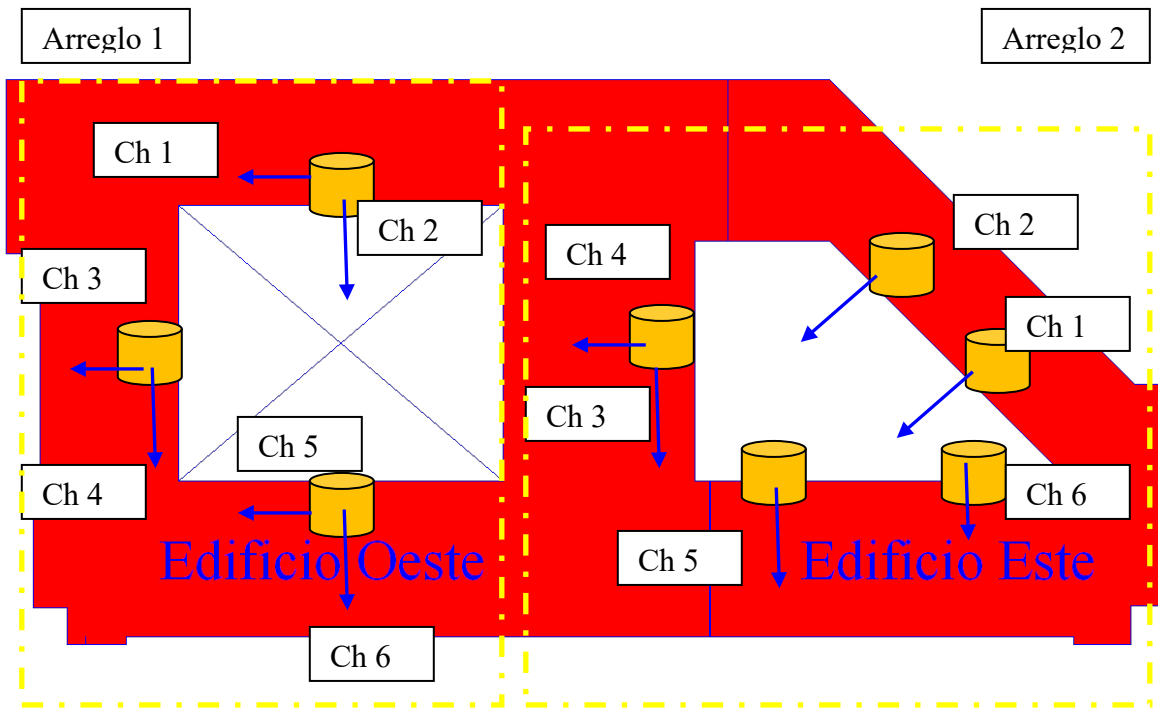
**Figura 5.2. 108.- Modos de vibración U.E. María R. López.**



### 5.2.9.- Unidad Educativa Escuela Experimental Venezuela (2da Parte)

#### a) Instrumentación

Esta unidad educativa tiene por sede, una edificación que consta de dos estructuras separadas por una junta estructural. Las mismas fueron identificadas como Edificio Este y Edificio Oeste, atendiendo a la respectiva ubicación espacial. Se decidió realizar una segunda secuencia de ensayos en esta escuela a fin de mejorar la calidad de los resultados. Se definieron dos (02) arreglos, uno de ellos establecido exclusivamente en el edificio Oeste, mientras el restante se distribuyó entre los dos edificios con la intención de investigar el efecto de la junta estructural. La distribución y orientación de estos arreglos es mostrada en la figura 5.2.109.



**Figura 5.2. 109.- Esquema de la instrumentación de la U.E. Nacional Experimental Venezuela.**

Con la finalidad de detectar experimentalmente la posible existencia de la irregularidad tipificada como diafragma flexible, el arreglo 1 se distribuyó en tres pares de instrumentos instalados en los tramos medios de cada lado de la losa, tal como se aprecia en la figura. Analíticamente se puede comprobar que las estructuras poseen diafragma flexible; en la tabla 5.2.20 se detalla este análisis. En esta misma tabla se leen los valores del cociente área-hueca/área-total para cada estructura, así, para el edificio Este dicho valor es 0.29 mientras para el edificio Oeste tenemos que el valor es 0.24; de tal forma que, al menos normativamente ambos diafragmas pueden ser clasificados como flexibles.

**Tabla 5.2. 20.- Propiedades geométricas de las plantas de la edificación.**

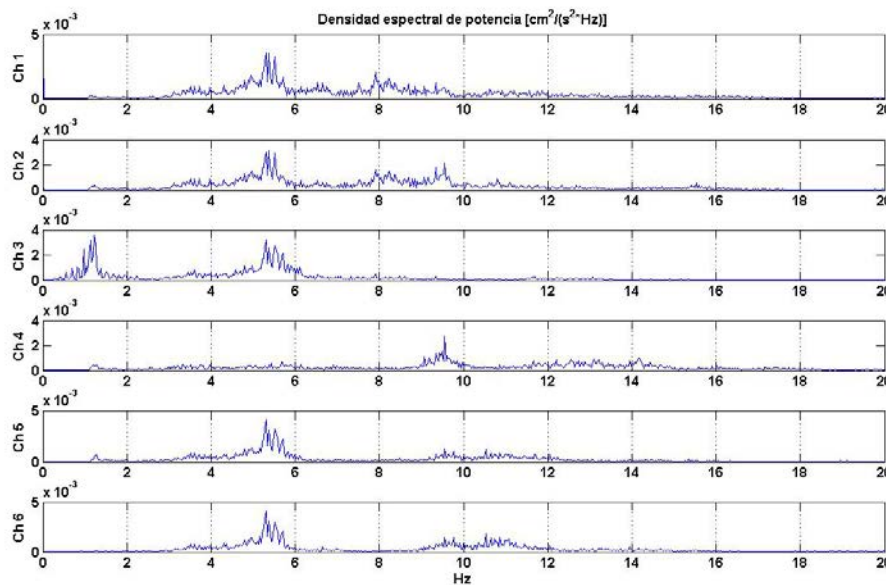
Edificio	Área total, At (m <sup>2</sup> )	Área hueca, Ah (m <sup>2</sup> )	Área losa, Al (m <sup>2</sup> )	Cociente (Ah/At)	Clasificación
Este	814.86	234.41	580.45	0.29	Diafragma flexible
Oeste	1605.80	379.80	1226.00	0.24	Diafragma flexible

b) Registro y procesamiento de datos

b.1) Edificio Este

Se adquirieron los datos a una tasa de 500 muestras por segundo durante 58 minutos y almacenados para su posterior procesamiento utilizando el programa de computación MatLab.

Aplicando rutinas propias y herramientas proporcionadas por el programa de cálculo, se determinaron los espectros de potencia suavizados (para cada canal), en los cuales se identificaron los picos máximos asociados a las componentes de frecuencias predominantes en el registro.



**Figura 5.2. 110.- Espectros de potencia de la U.E. Nacional Experimental Venezuela.**

El siguiente paso consistió en estudiar la correlación existente entre los distintos picos máximos de cada registro. Para ello se procedió a estimar la densidad espectral de potencia cruzada con la cual se detectaron las frecuencias comunes entre pares de registros y el ángulo de fase existente entre estos. El ángulo de fase, es el parámetro indicador del tipo de correlación existente, así encontraremos dos casos: correlación positiva ( $\varnothing = 0^\circ$ ) y correlación negativa ( $\varnothing = 180^\circ$ ), cada una de las cuales proveerá información relevante

concerniente a las propiedades modales del edificio. Un paso adicional, efectuado sobre cada uno de los registros individuales, fue el cálculo de la media cuadrática acumulada en el dominio de las frecuencias y a través de ella se pudo estimar las amplitudes relativas dentro de los modos hallados.

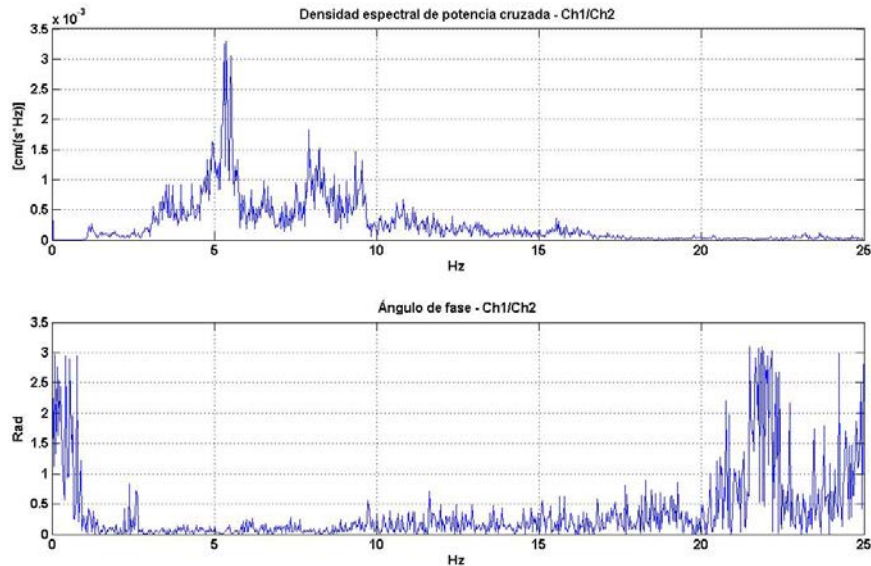


Figura 5.2. 111.- Densidad espectral de cruzada Ch 1 vs Ch 2.

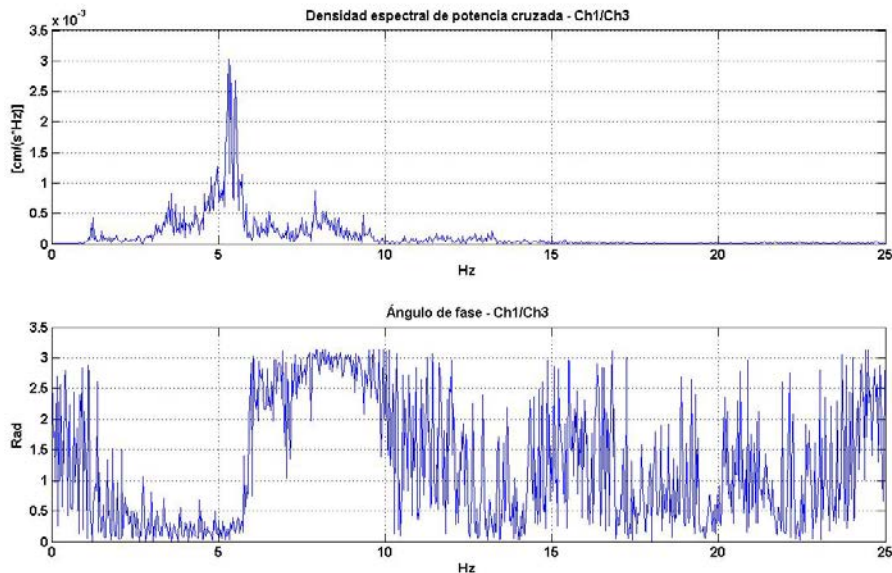


Figura 5.2. 112.- Densidad espectral de cruzada Ch 1 vs Ch 3.

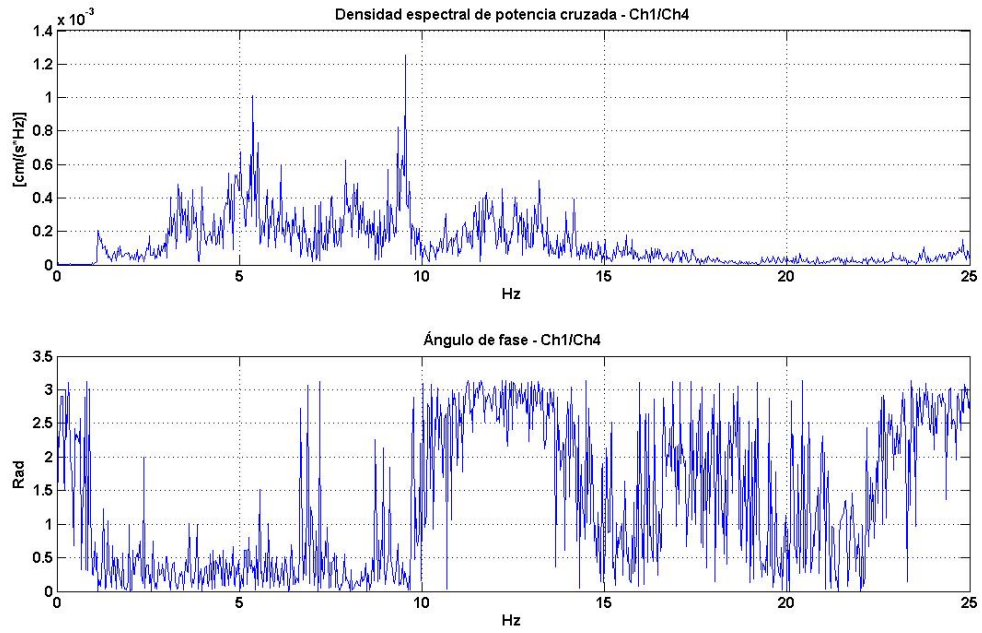


Figura 5.2. 113.- Densidad espectral de cruzada Ch 1 vs Ch 4.

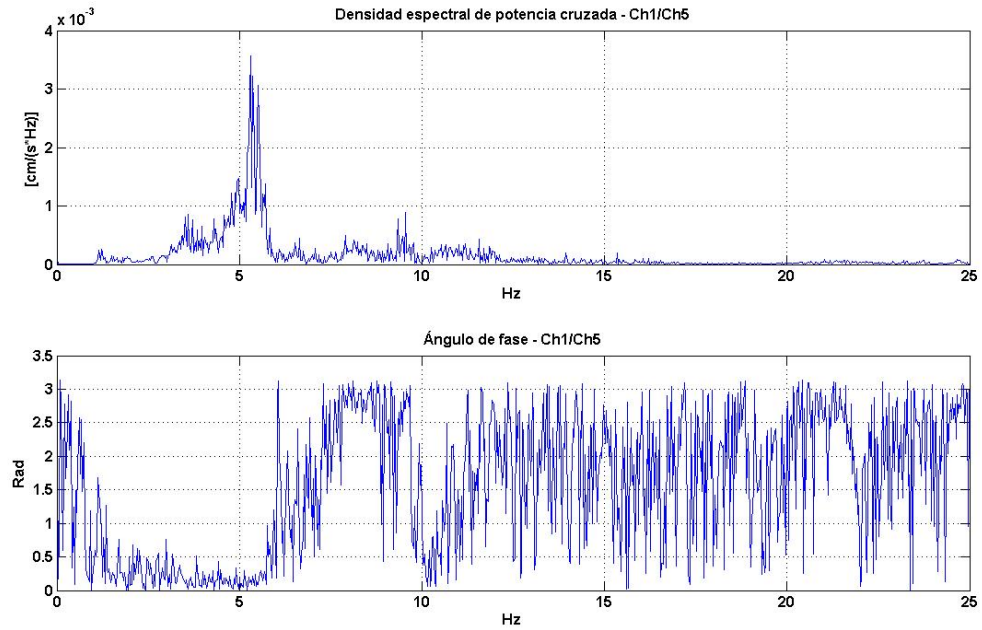


Figura 5.2. 114.- Densidad espectral de cruzada Ch 1 vs Ch 5.

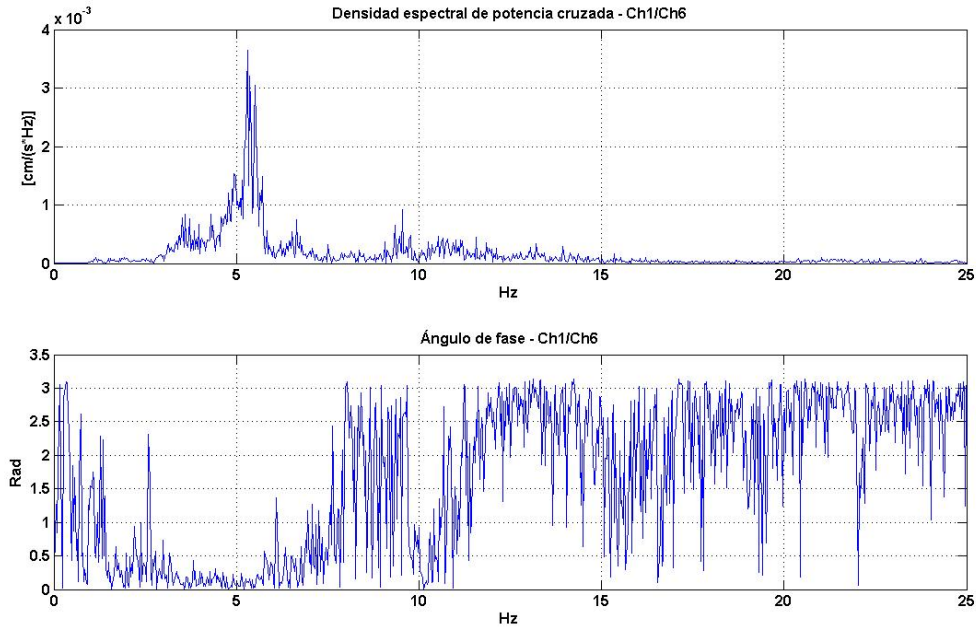


Figura 5.2. 115.- Densidad espectral de cruzada Ch 1 vs Ch 6.

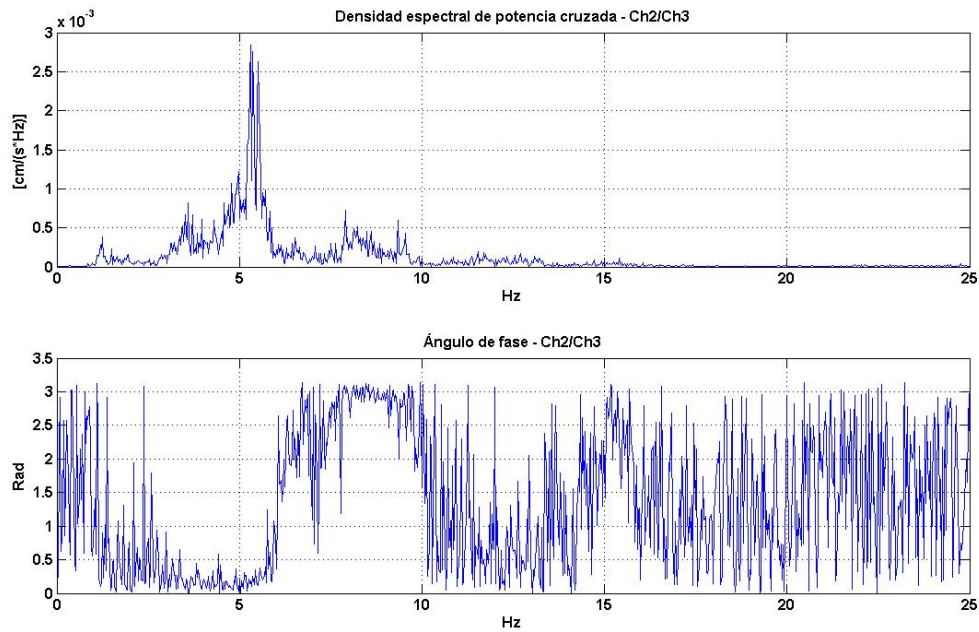


Figura 5.2. 116.- Densidad espectral de cruzada Ch 2 vs Ch 3.



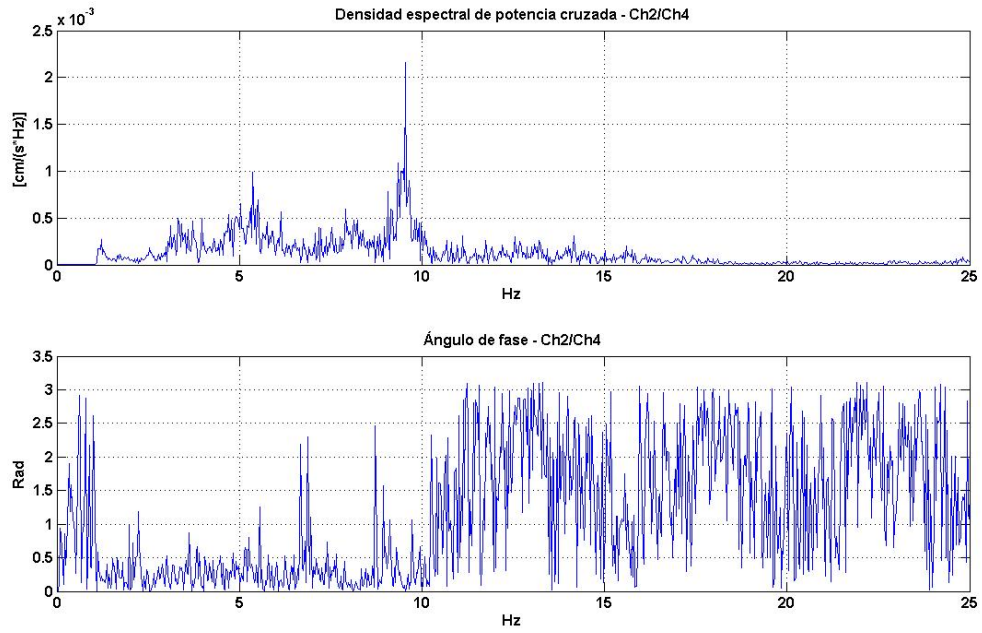


Figura 5.2. 117.- Densidad espectral de cruzada Ch 2 vs Ch 4.

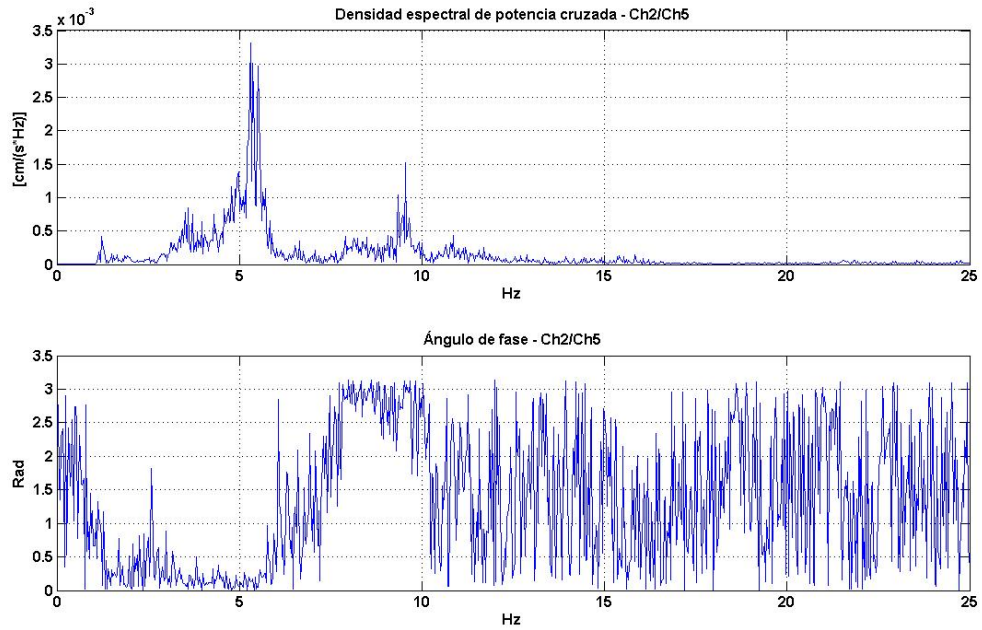


Figura 5.2. 118.- Densidad espectral de cruzada Ch 2 vs Ch 5.



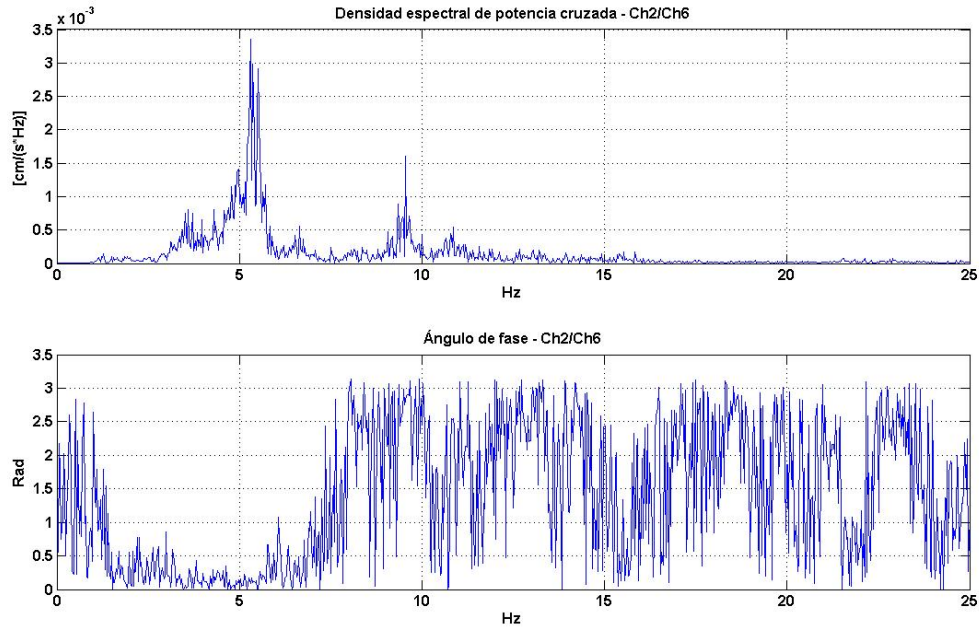


Figura 5.2. 119.- Densidad espectral de cruzada Ch 2 vs Ch 6.

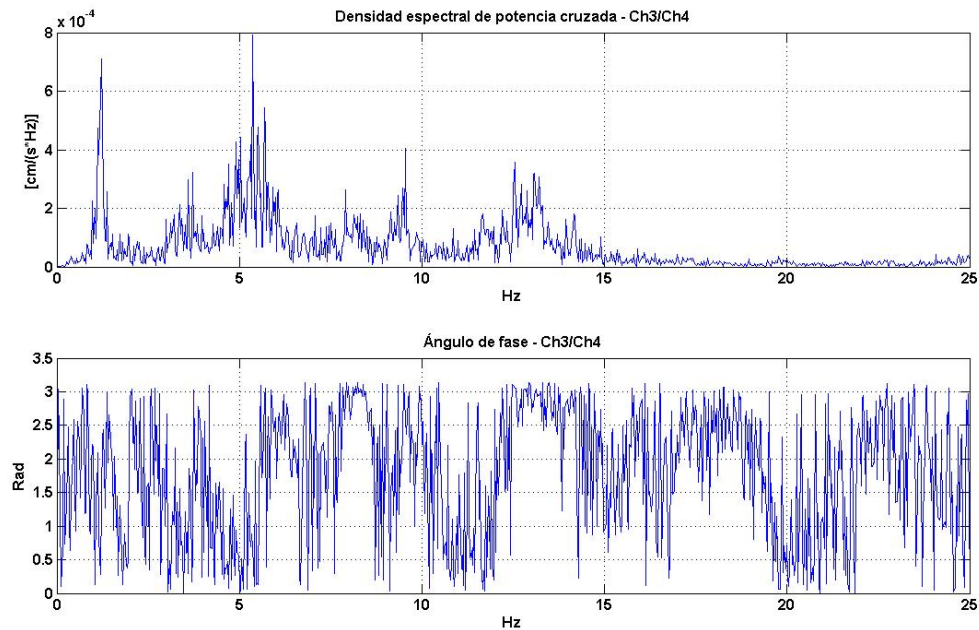


Figura 5.2. 120.- Densidad espectral de cruzada Ch 3 vs Ch 4.

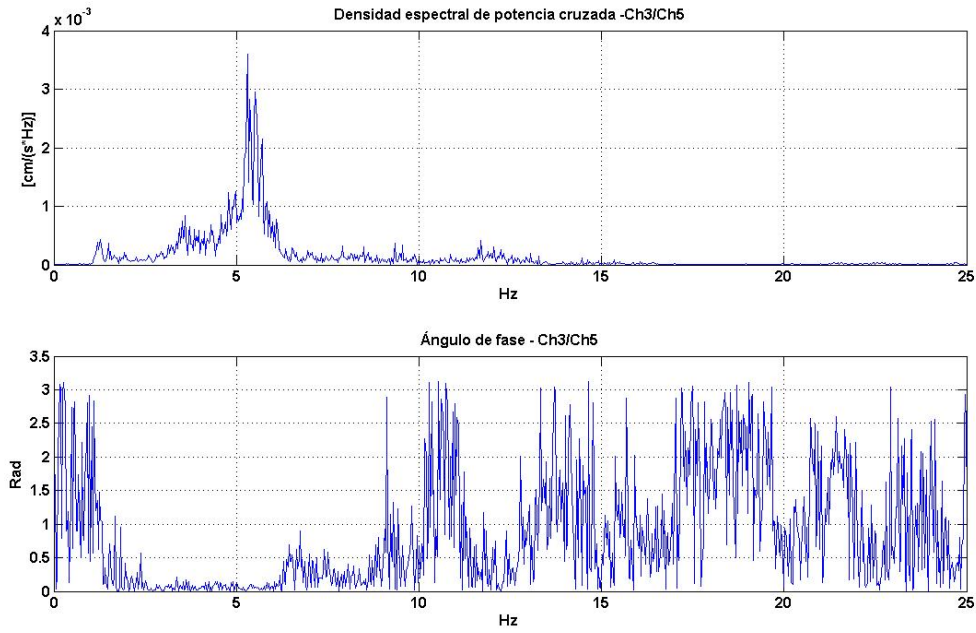


Figura 5.2. 121.- Densidad espectral de cruzada Ch 3 vs Ch 5.

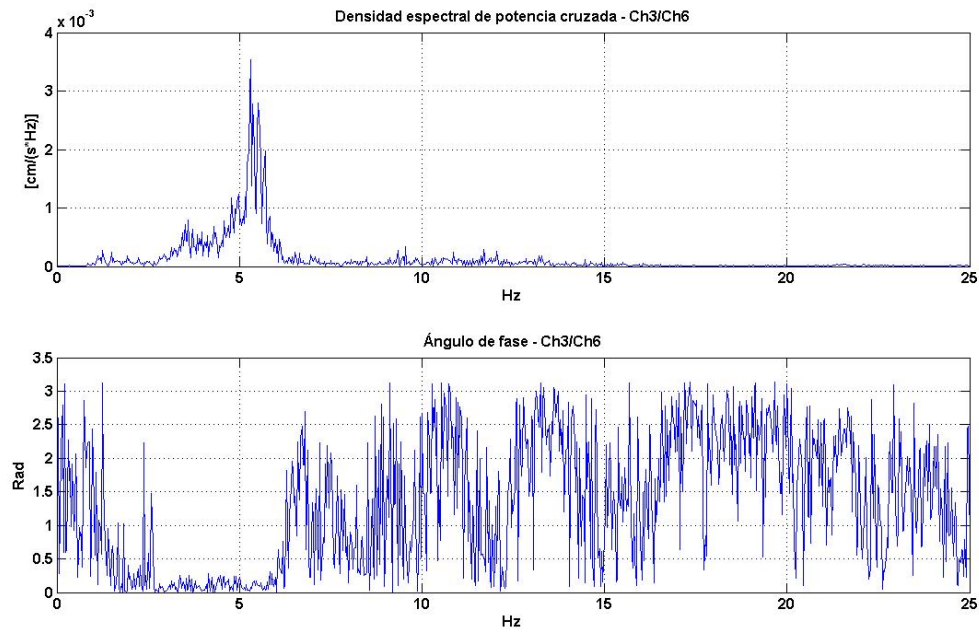
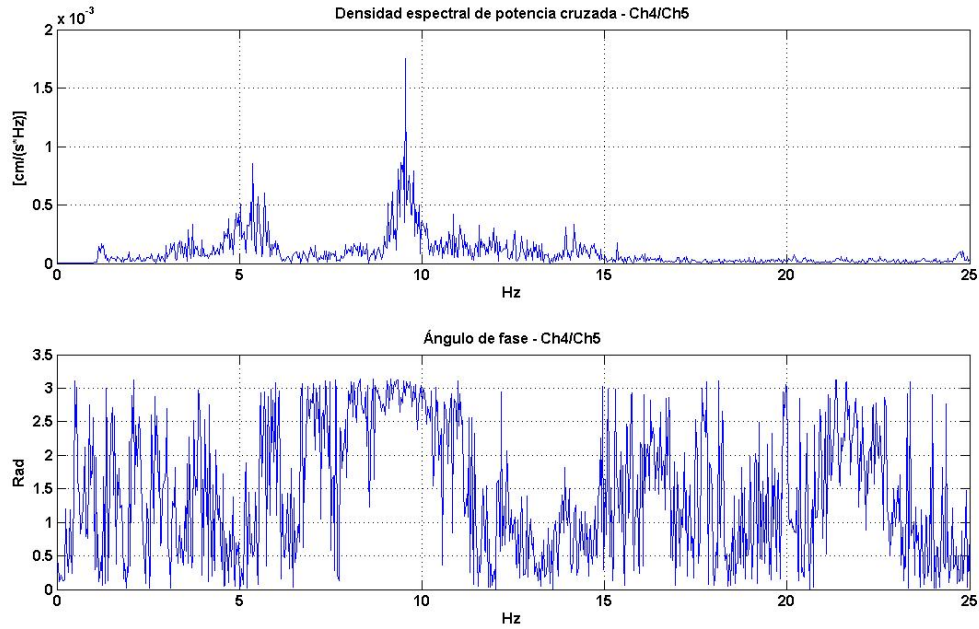
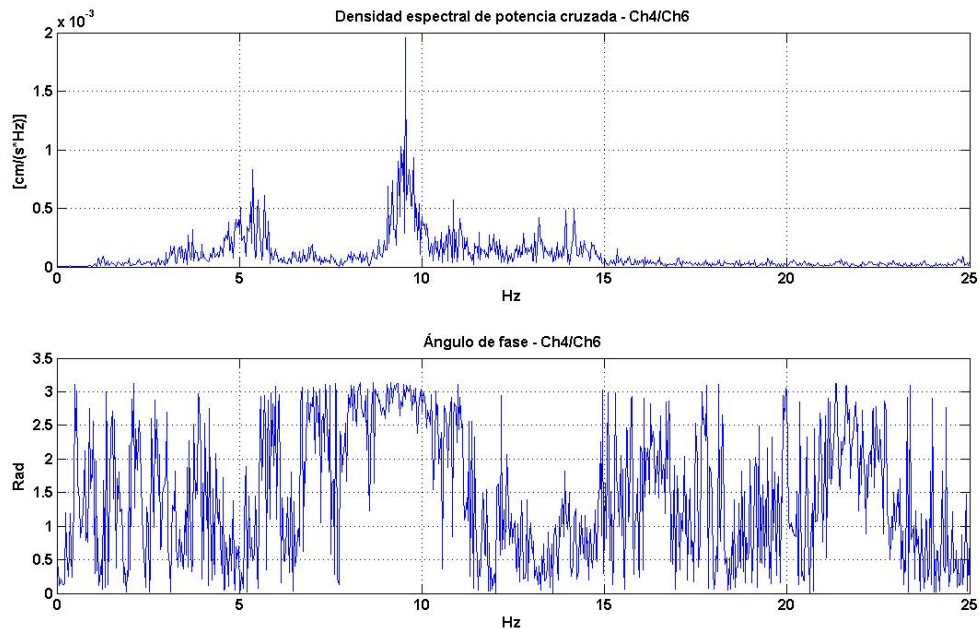


Figura 5.2. 122.- Densidad espectral de cruzada Ch 3 vs Ch 6.



**Figura 5.2. 123.- Densidad espectral de cruzada Ch 4 vs Ch 5.**



**Figura 5.2. 124.- Densidad espectral de cruzada Ch 4 vs Ch 6.**

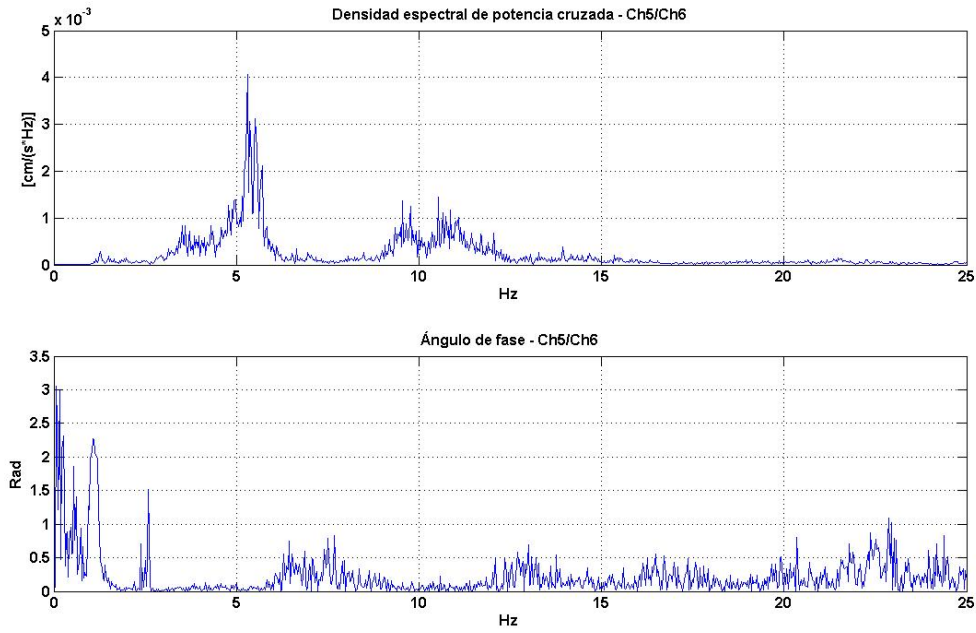


Figura 5.2. 125.- Densidad espectral de cruzada Ch 5 vs Ch 6.

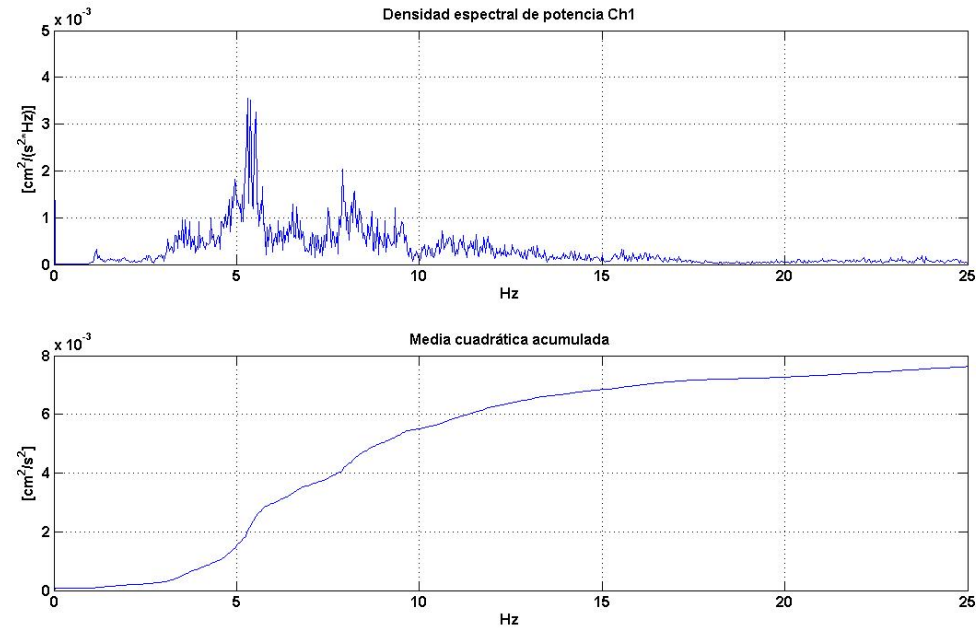
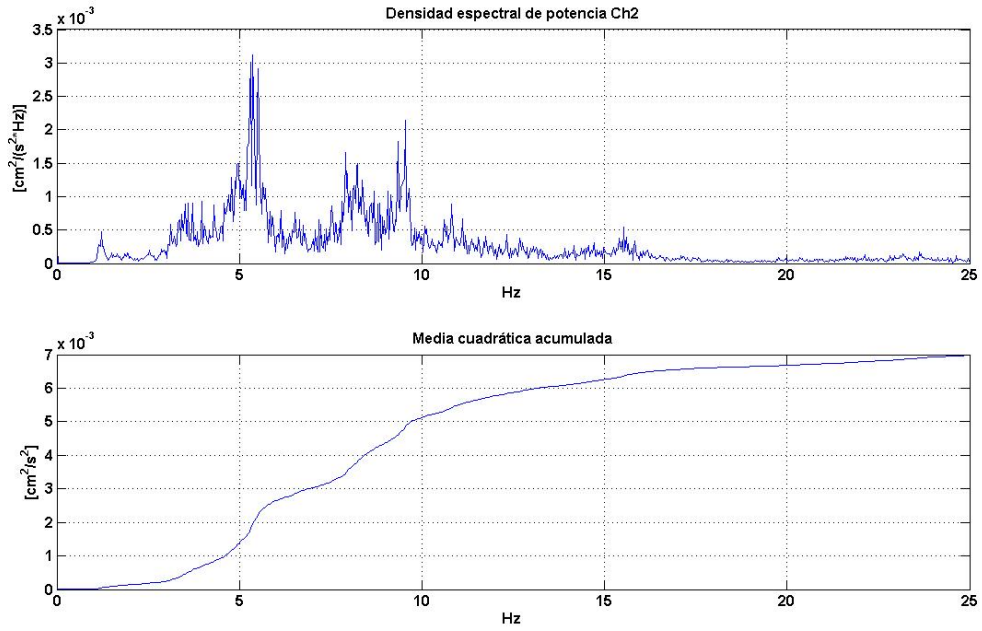
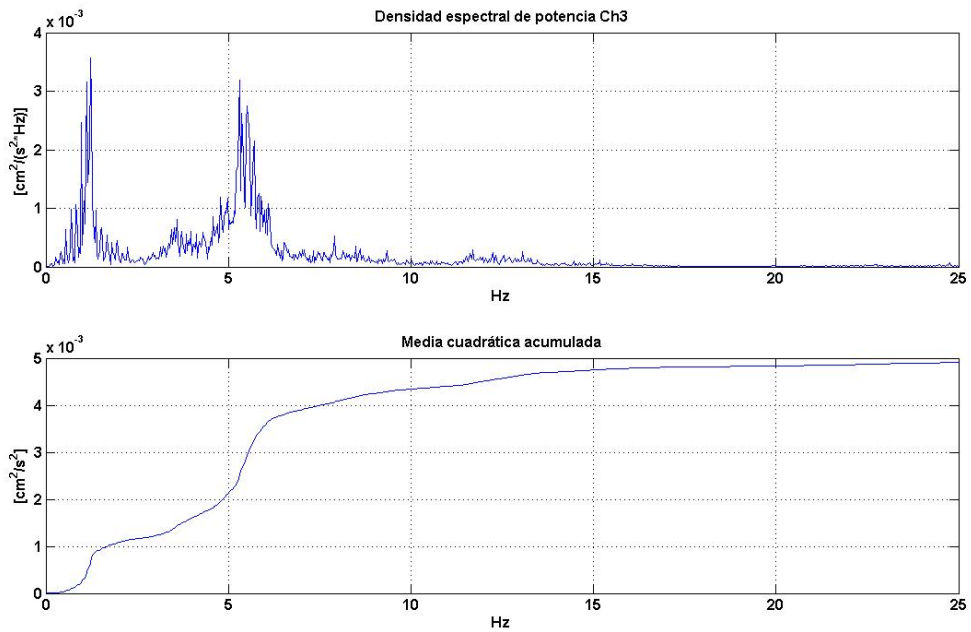


Figura 5.2. 126.- Amplitud por frecuencia Ch 1.



**Figura 5.2. 127.- Amplitud por frecuencia Ch 2.**



**Figura 5.2. 128.- Amplitud por frecuencia Ch 3.**



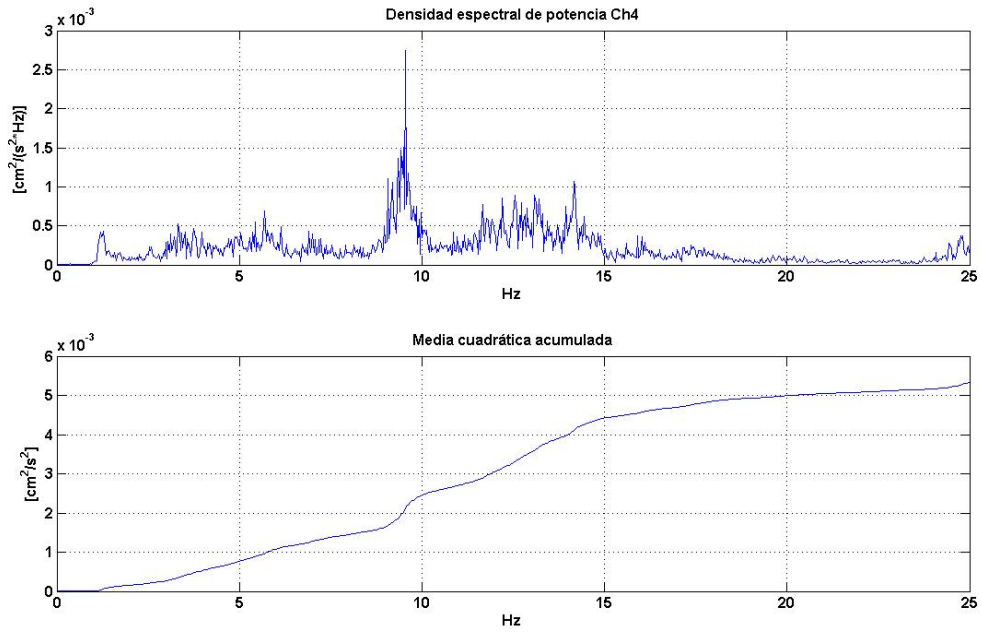


Figura 5.2. 129.- Amplitud por frecuencia Ch 4.

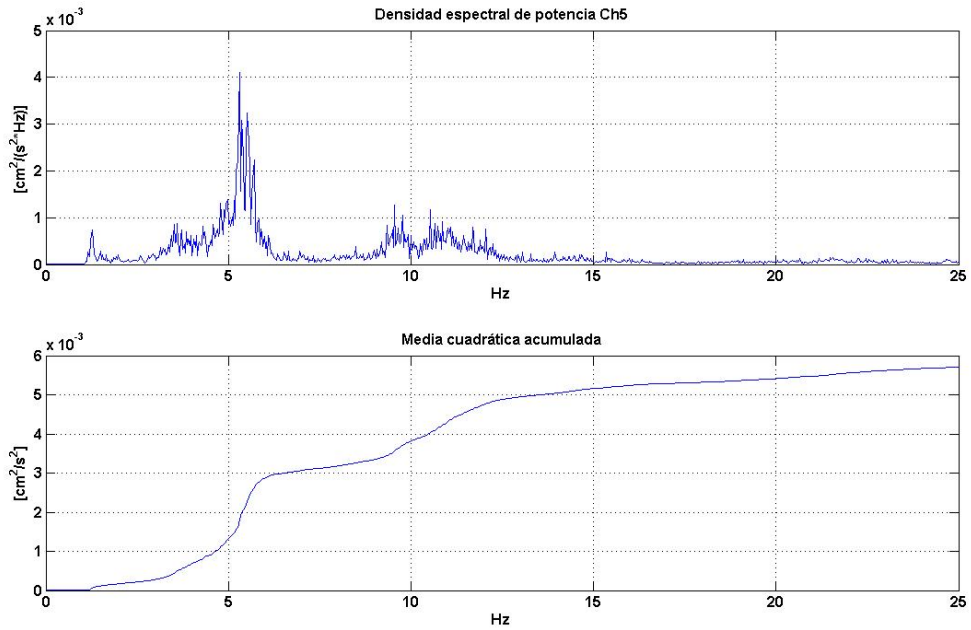


Figura 5.2. 130.- Amplitud por frecuencia Ch 5.



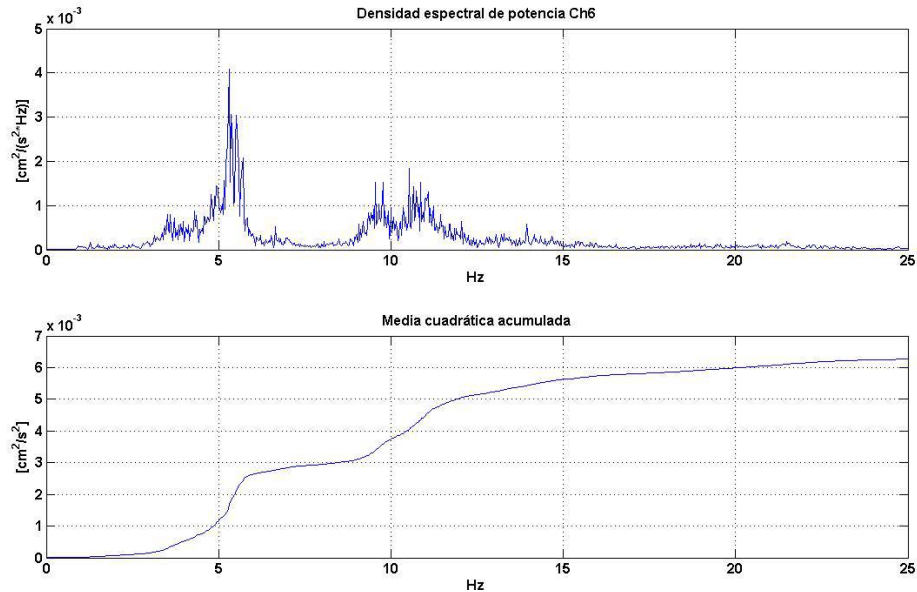


Figura 5.2. 131.- Amplitud por frecuencia Ch 6.

b.2) Edificio Oeste

Se adquirieron los datos a una tasa de 500 muestras por segundo durante 54 minutos y almacenados para su posterior procesamiento utilizando el programa de computación MatLab. El tratamiento de los registros obtenidos en este edificio se rigió por los mismos procedimientos efectuados para el edificio Este.

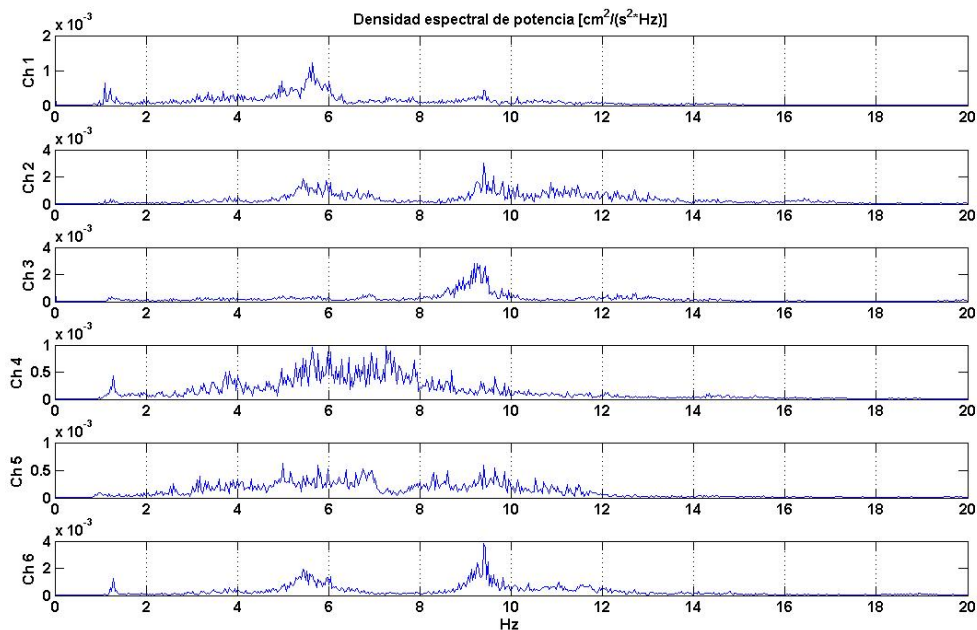


Figura 5.2. 132.- Espectros de potencia U.E. Nacional Experimental Venezuela.

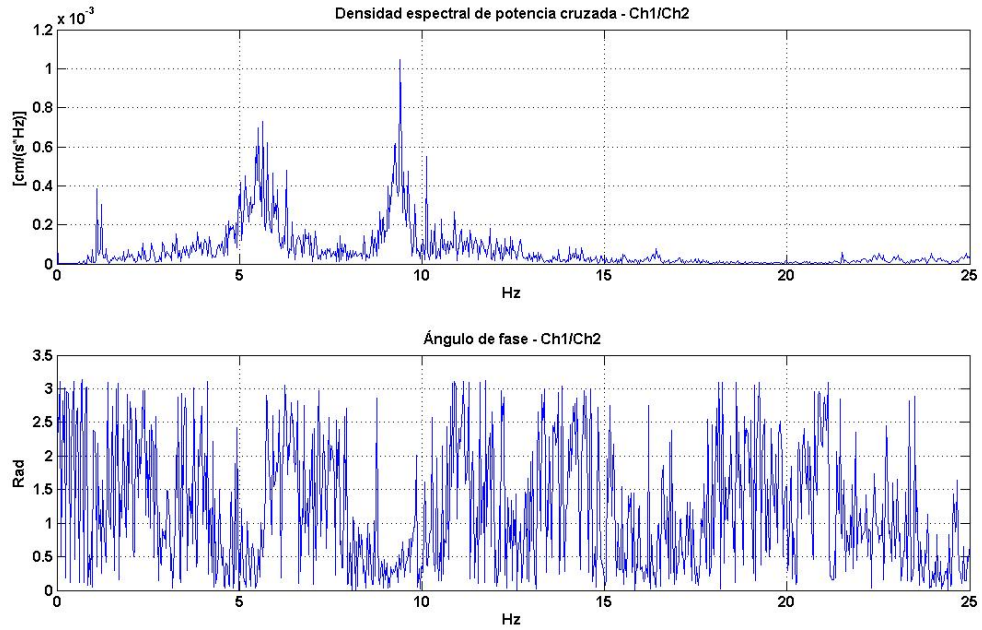


Figura 5.2. 133.- Densidad espectral cruzada Ch 1 vs Ch 2.

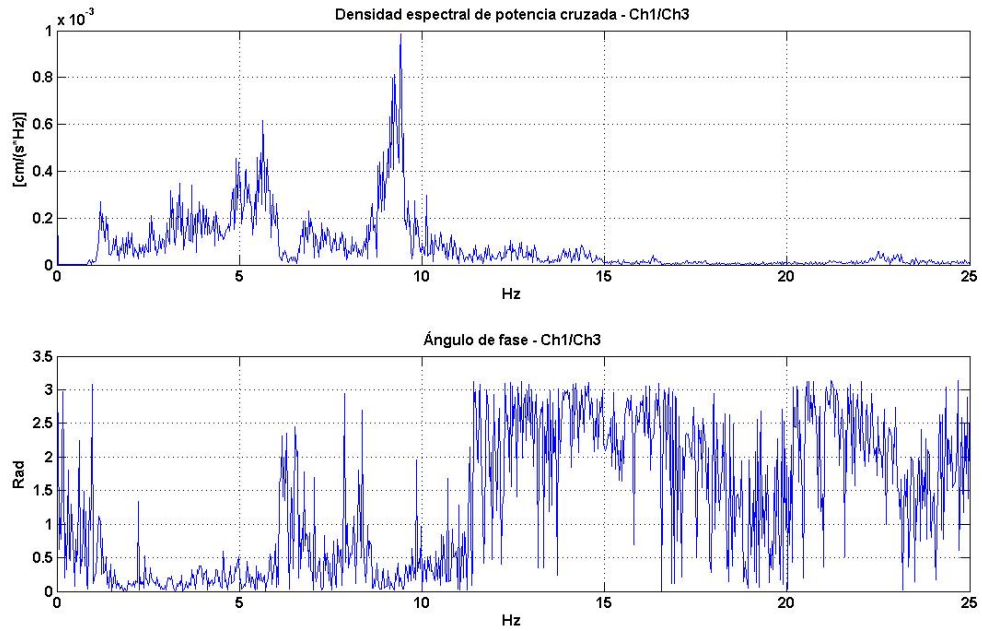


Figura 5.2. 134.- Densidad espectral cruzada Ch 1 vs Ch 3.

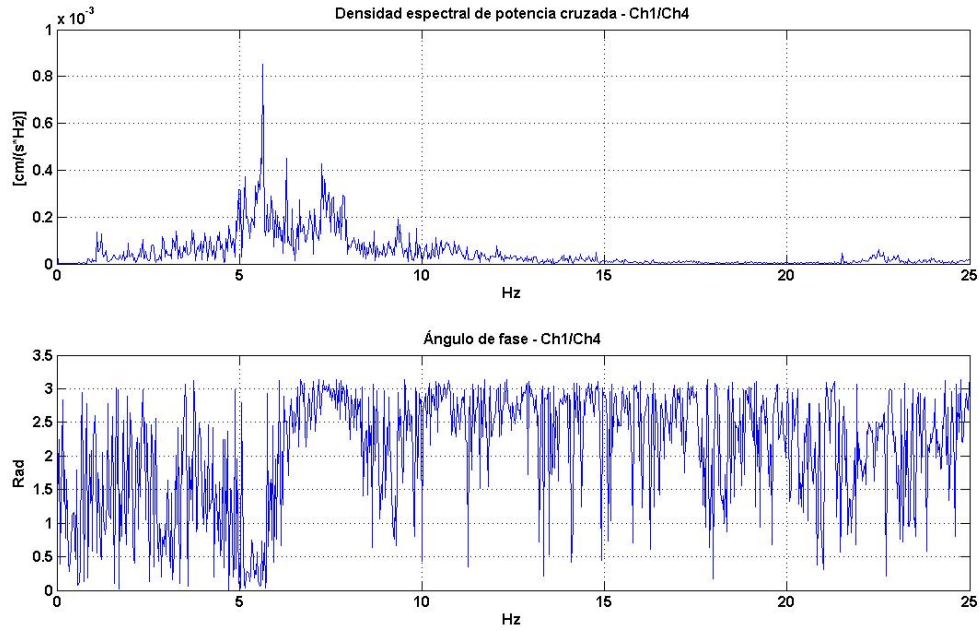


Figura 5.2. 135.- Densidad espectral cruzada Ch 1 vs Ch 4.

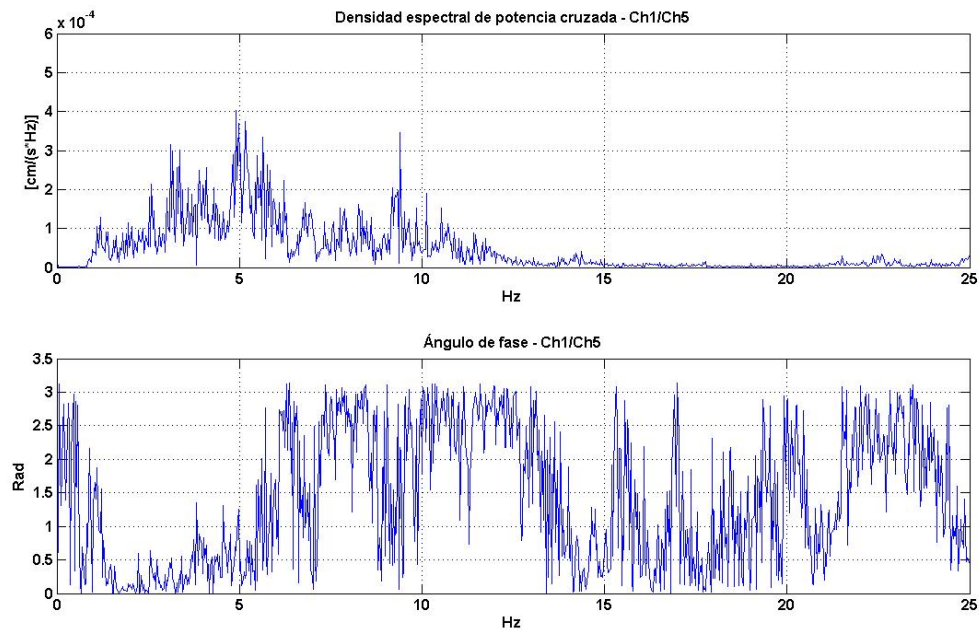


Figura 5.2. 136.- Densidad espectral cruzada Ch 1 vs Ch 5.

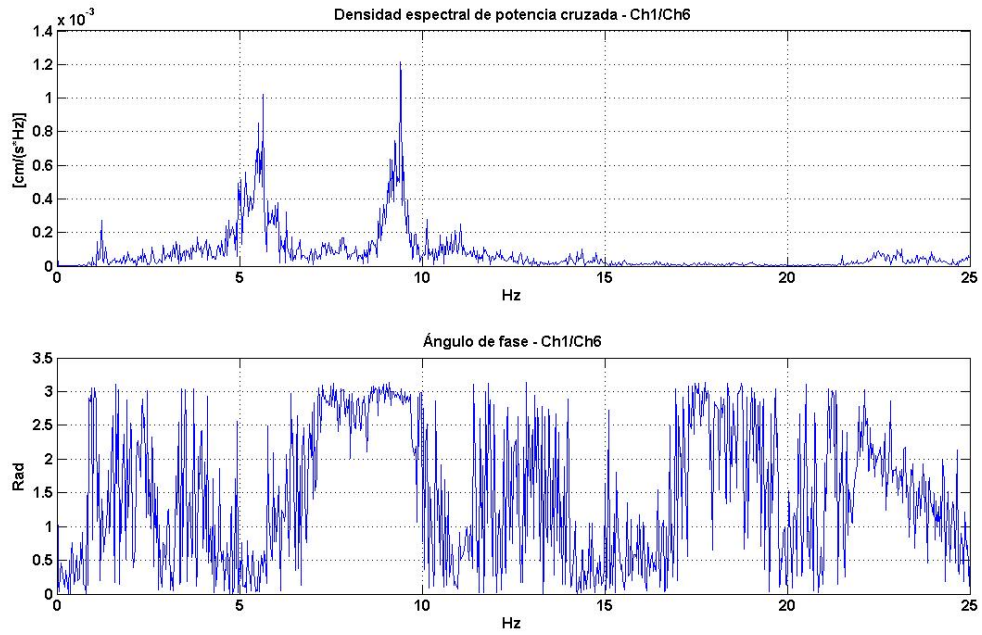


Figura 5.2. 137.- Densidad espectral cruzada Ch 1 vs Ch 6.

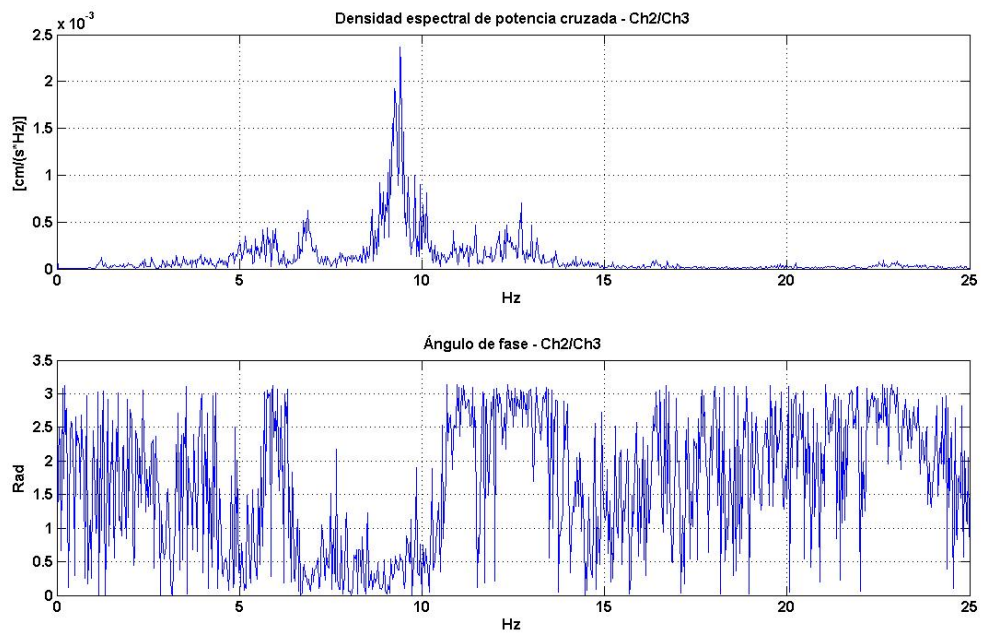
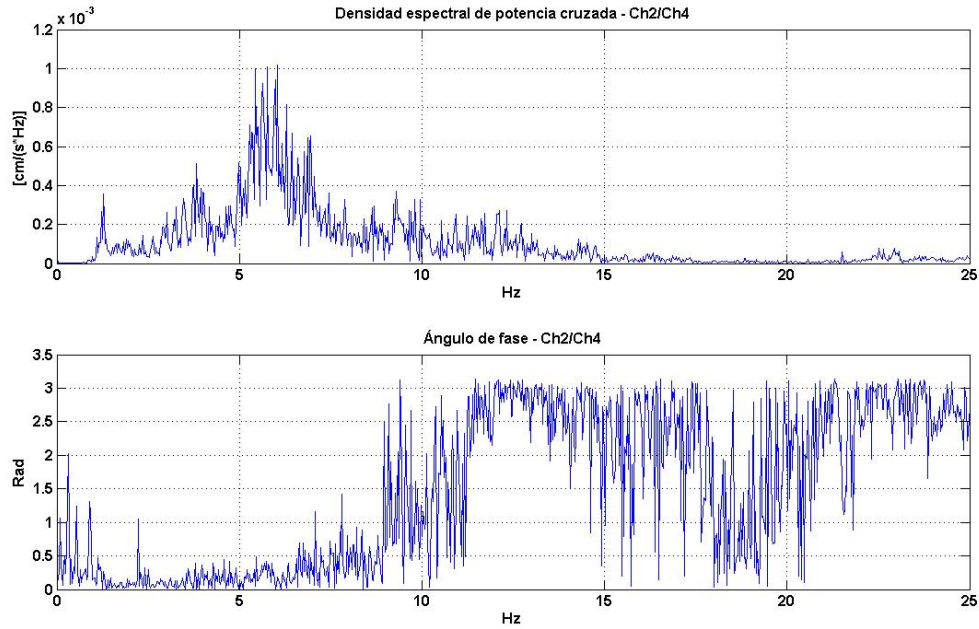
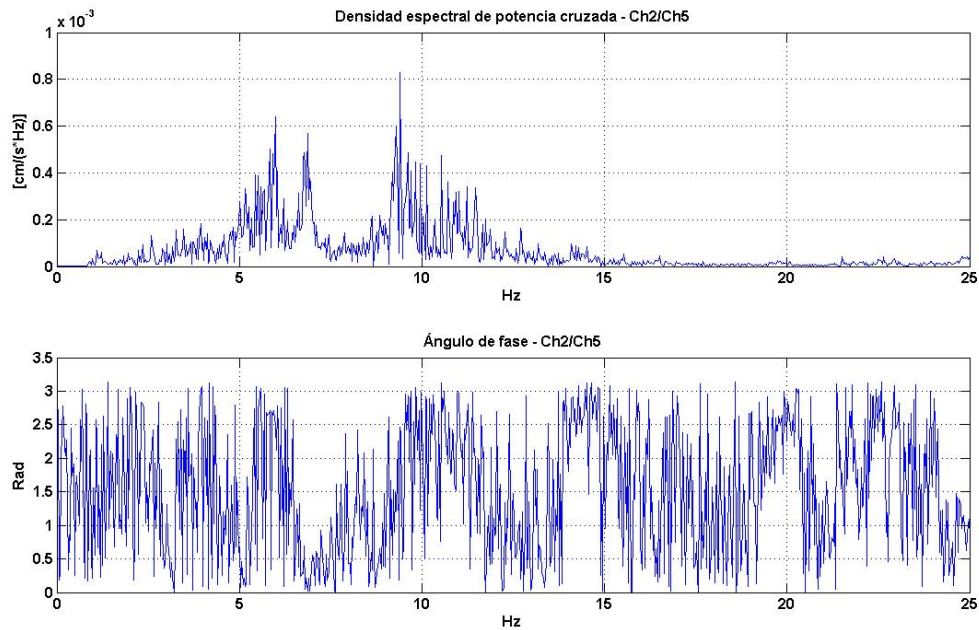


Figura 5.2. 138.- Densidad espectral cruzada Ch 2 vs Ch 3.





**Figura 5.2. 139.- Densidad espectral cruzada Ch 2 vs Ch 4.**



**Figura 5.2. 140.- Densidad espectral cruzada Ch 2 vs Ch 5.**

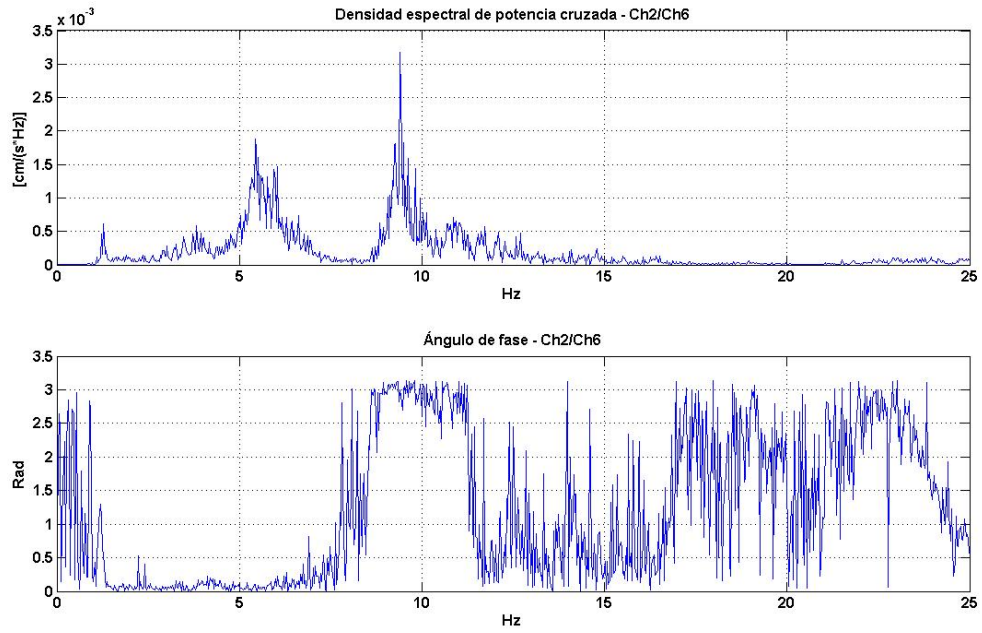


Figura 5.2. 141.- Densidad espectral cruzada Ch 2 vs Ch 6.

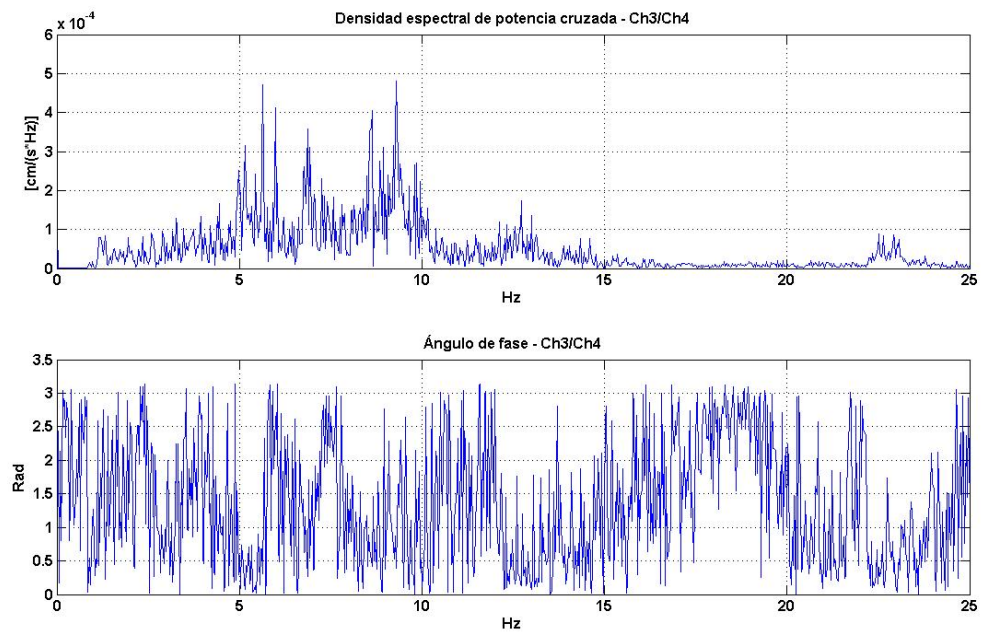


Figura 5.2. 142.- Densidad espectral cruzada Ch 3 vs Ch 4.



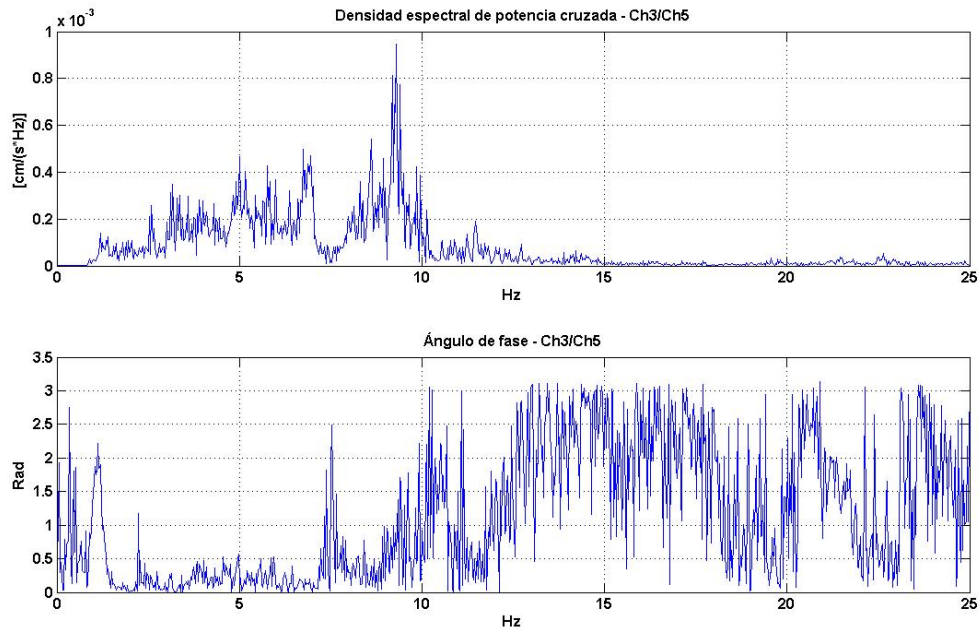


Figura 5.2. 143.- Densidad espectral cruzada Ch 3 vs Ch 5.

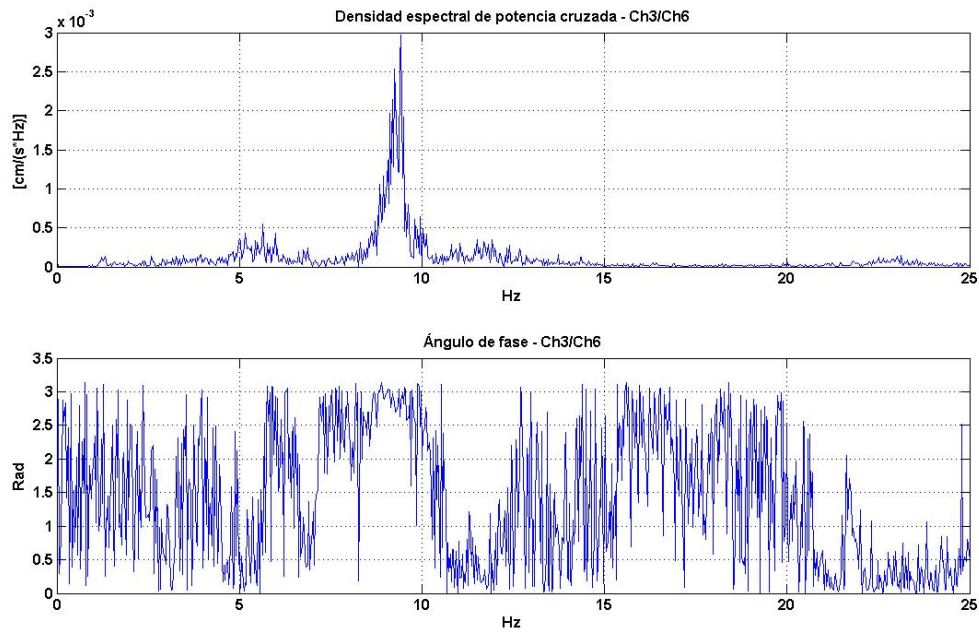


Figura 5.2. 144.- Densidad espectral cruzada Ch 3 vs Ch 6.

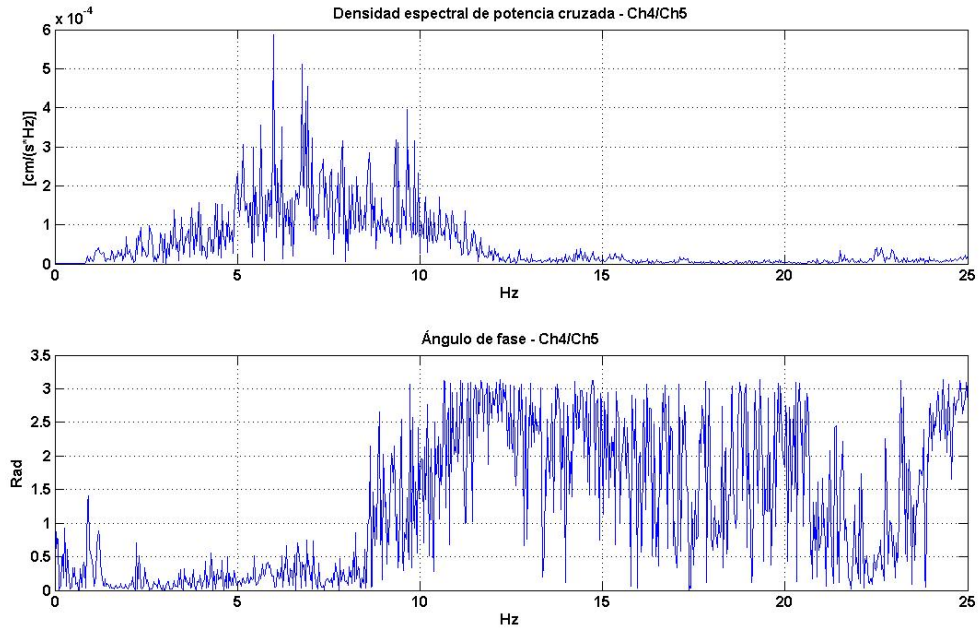


Figura 5.2. 145.- Densidad espectral cruzada Ch 4 vs Ch 5.

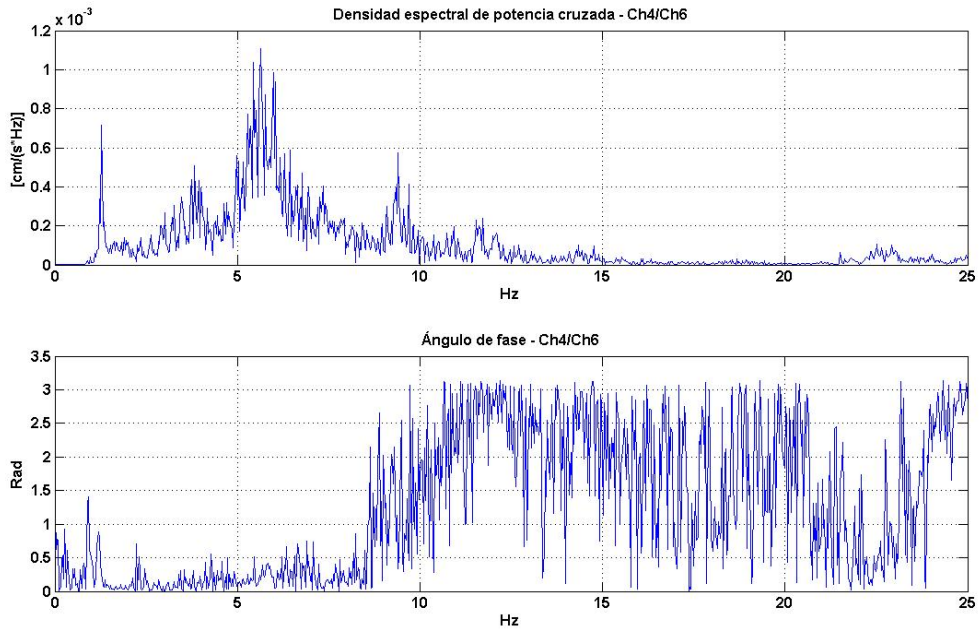


Figura 5.2. 146.- Densidad espectral cruzada Ch 4 vs Ch 6.

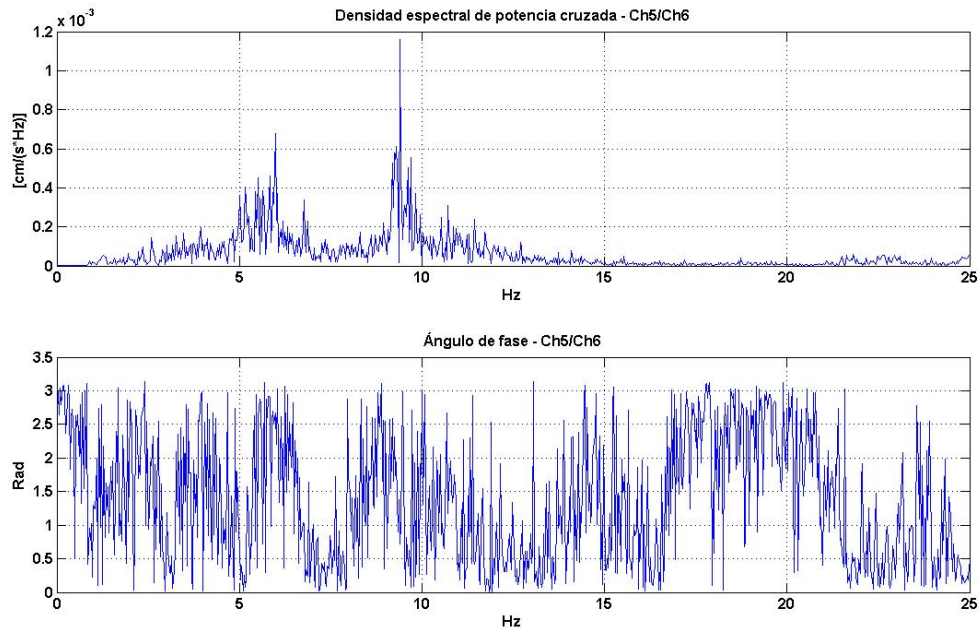


Figura 5.2. 147.- Densidad espectral cruzada Ch 5 vs Ch 6.

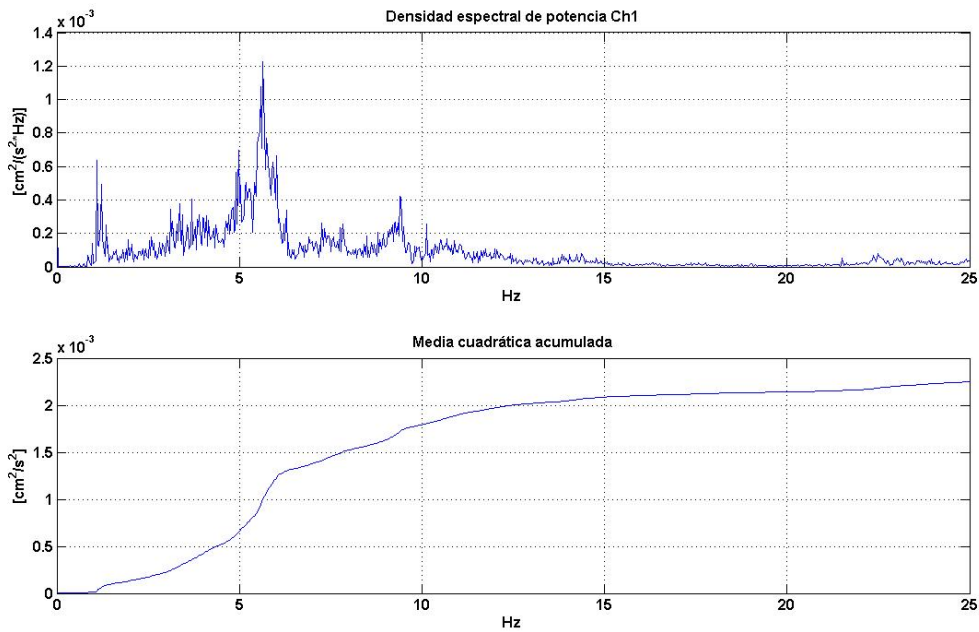


Figura 5.2. 148.- Amplitud por frecuencia Ch 1.

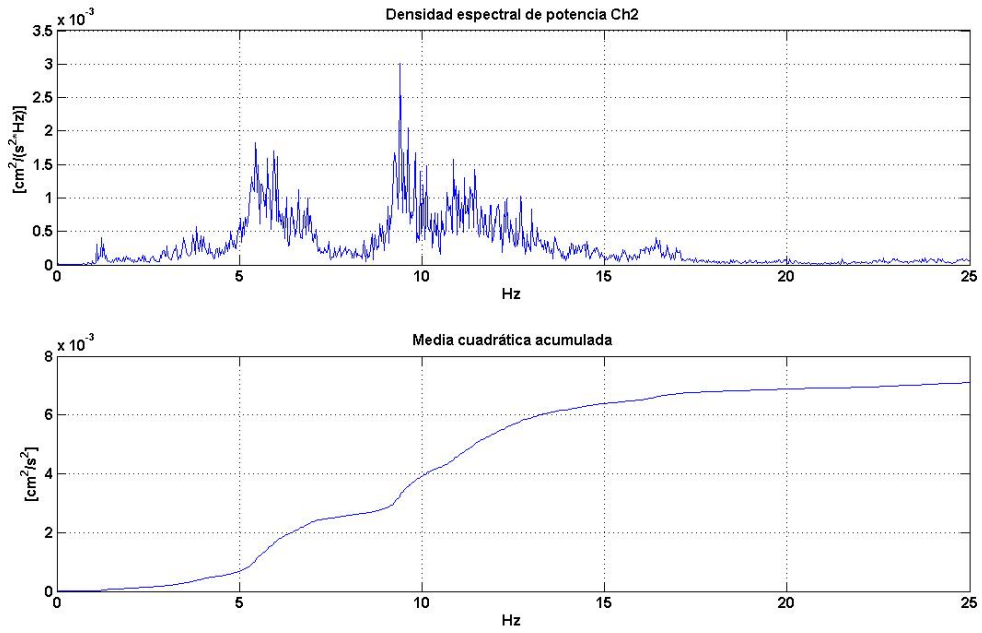


Figura 5.2. 149.- Amplitud por frecuencia Ch 2.

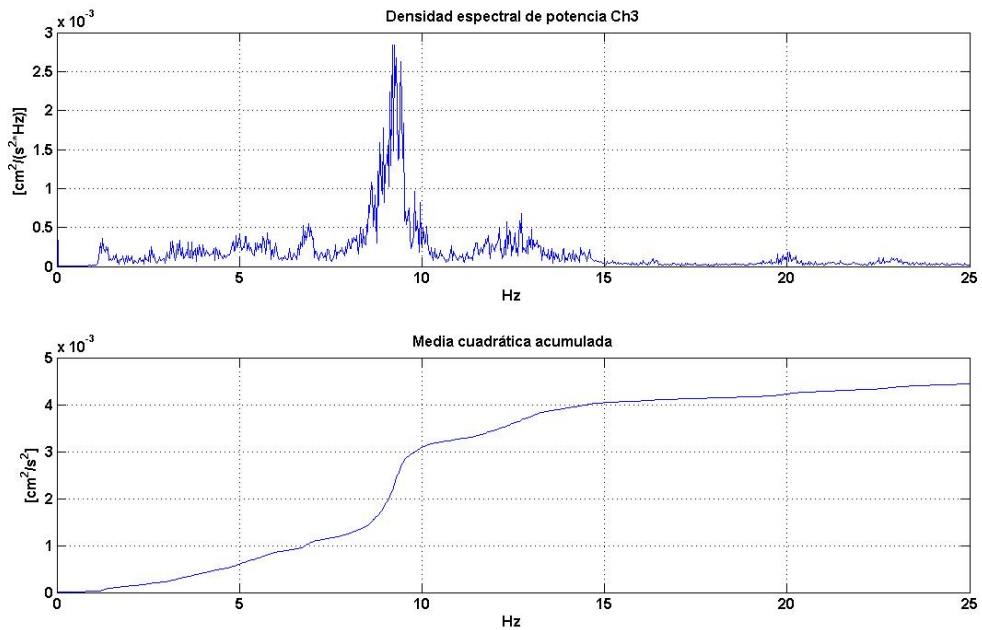
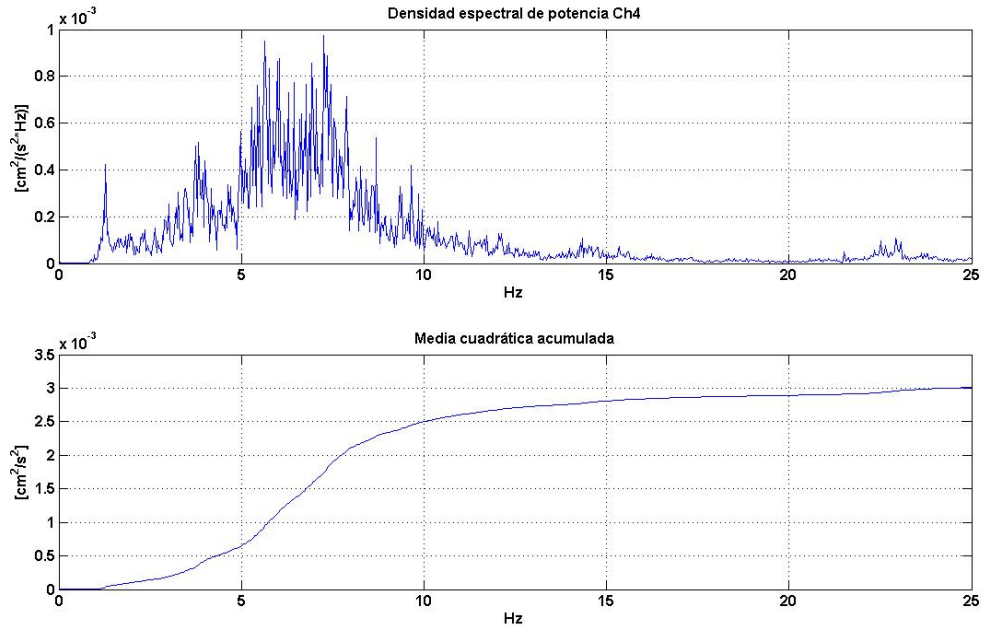
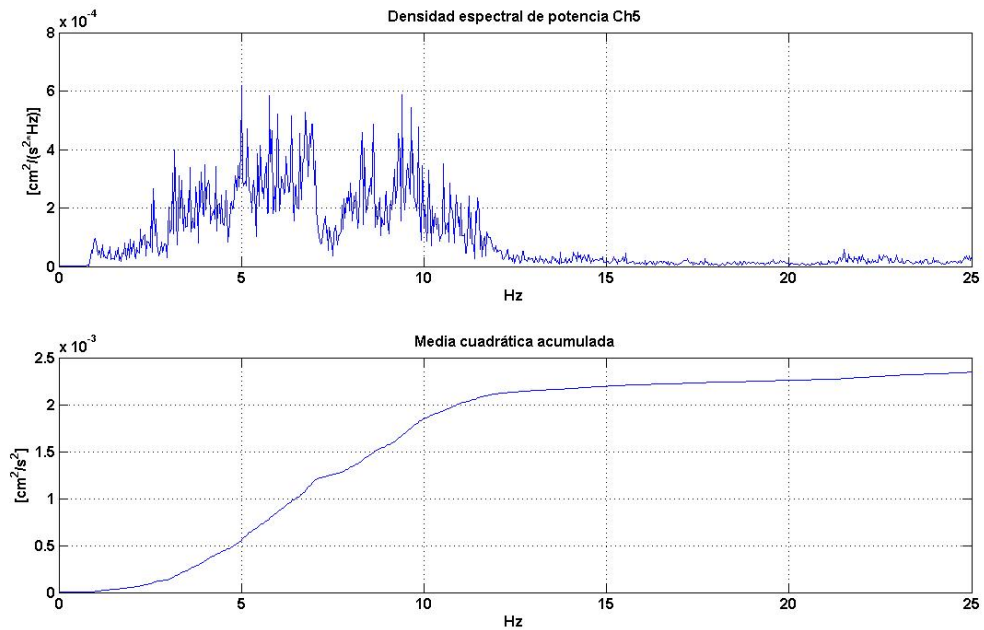


Figura 5.2. 150.- Amplitud por frecuencia Ch 3.



**Figura 5.2. 151.- Amplitud por frecuencia Ch 4.**



**Figura 5.2. 152.- Amplitud por frecuencia Ch 5.**

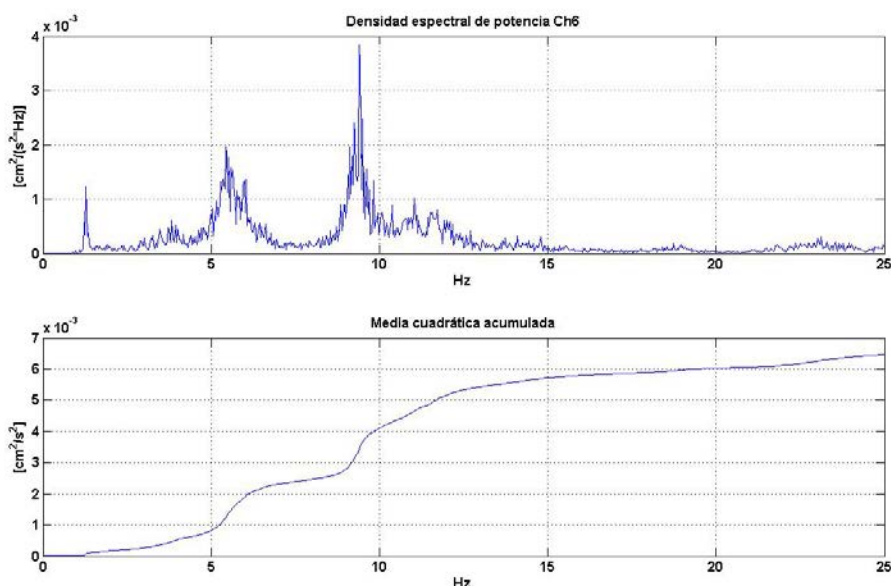


Figura 5.2. 153.- Amplitud por frecuencia Ch 6.

c) *Análisis de Resultados*

Se presentan los resultados del procesamiento y el análisis realizado sobre los mismos. Las siguientes tablas contienen el resumen de las frecuencias detectadas, los modos de vibración hallados y la correlación existente, representada mediante el ángulo de fase.

c.1) Edificio Este

Tabla 5.2. 21.- Amplitud de velocidad de registros.

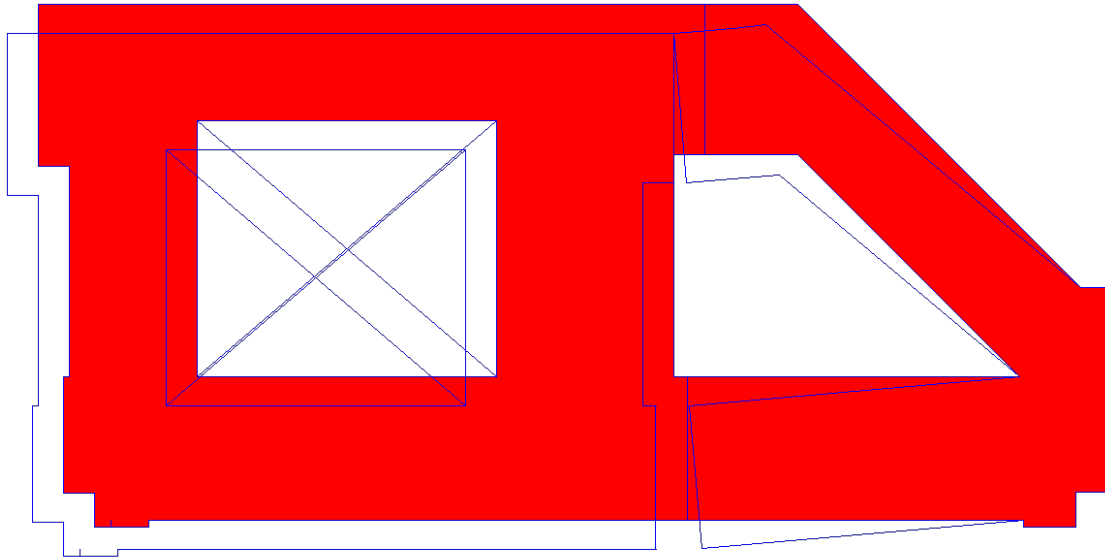
Amplitud de Movimiento			
	Sensor/Registro	Frecuencias detectadas	
		5,40	9,50
MEDIAS CUADRÁTICAS ESPECTRALES	Ch1	0.0005	0.00015
	Ch2	0.0004	0.00023
	Ch3	0.0003	0.00000
	Ch4	0.0000	0.00022
	Ch5	0.00055	0.00012
	Ch6	0.0004	0.00013
MÁXIMOS NORMALIZADOS	Ch1	0.90909	0.65217
	Ch2	0.72727	1
	Ch3	0.54545	0
	Ch4	0	0.95652
	Ch5	1	0.52174
	Ch6	0.72727	0.56522



Tabla 5.2. 22.- Análisis de correlación cruzada.

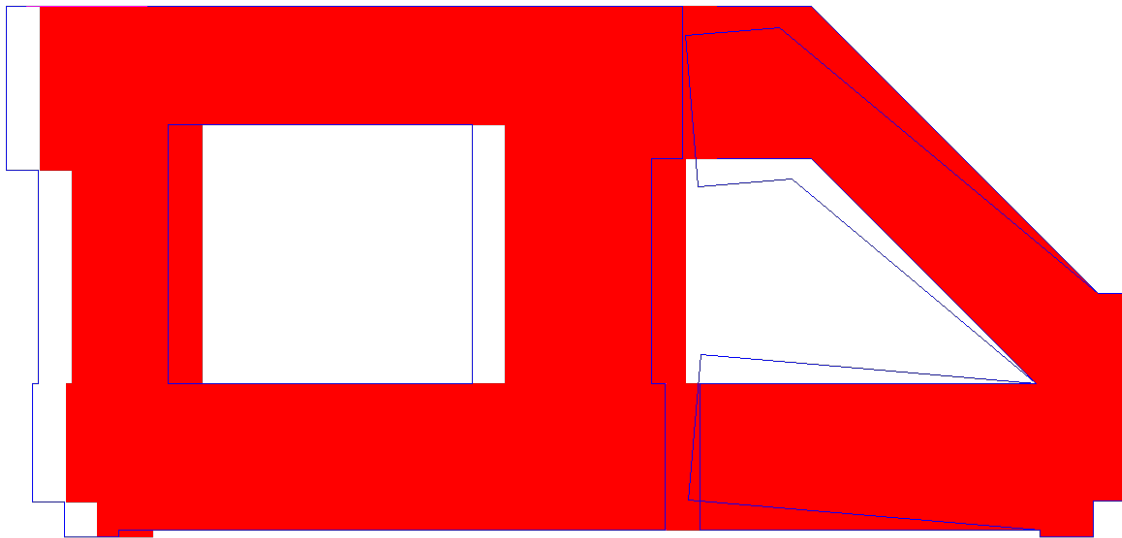
Análisis de correlación cruzada de registros				
Arreglo	Sensor/Registro	Sensor/Registro	Frecuencias detectadas	
			5,40	9,50
2	Ch1	Ch2	+	+
	Ch1	Ch3	+	
	Ch1	Ch4		+
	Ch1	Ch5	+	-
	Ch1	Ch6	+	
	Ch2	Ch3	+	-
	Ch2	Ch4	+	+
	Ch2	Ch5	+	-
	Ch2	Ch6	+	-
	Ch3	Ch4		
	Ch3	Ch5	+	
	Ch3	Ch6	+	
	Ch4	Ch5		-
	Ch4	Ch6		-
	Ch5	Ch6	+	+

**Modo de vibración  
Frecuencia = 5,40 hz.**



**a)**

**Modo de vibración  
Frecuencia = 9,50 hz.**



**b)**

**Figura 5.2. 154.- Modos de vibración U.E.N. Experimental Venezuela (Arreglo 2).**

c.2) Edificio Oeste

Tabla 5.2. 23.- Amplitud de velocidad de registros.

Amplitud de Movimiento		
	Sensor/Registro	Frecuencias detectadas
		9,40
MEDIAS CUADRÁTICA S ESPECTRALES	Ch1	0,00006
	Ch2	0,0003
	Ch3	0,00035
	Ch4	0,000045
	Ch5	0,00006
	Ch6	0,0004
MÁXIMOS NORMALIZAD OS	Ch1	0,15
	Ch2	0,75
	Ch3	0,875
	Ch4	0,1125
	Ch5	0,15
	Ch6	1

Tabla 5.2. 24.- Análisis de correlación cruzada.

Análisis de correlación cruzada de registros			
Arreglo	Sensor/Registro	Sensor/Registro	Frecuencias detectadas
			9,40
1	Ch1	Ch2	+
	Ch1	Ch3	+
	Ch1	Ch4	
	Ch1	Ch5	
	Ch1	Ch6	-
	Ch2	Ch3	+
	Ch2	Ch4	
	Ch2	Ch5	
	Ch2	Ch6	-
	Ch3	Ch4	
	Ch3	Ch5	
	Ch3	Ch6	-
	Ch4	Ch5	
	Ch4	Ch6	
	Ch5	Ch6	



**Figura 5.2. 155.- Modo de vibración U.E.N. Experimental Venezuela (Arreglo 1).**

d) *Conclusiones*

Después de tratamiento realizado sobre los registros obtenidos para la Unidad Educativa Nacional Experimental Venezuela, se cuenta con los siguientes resultados:

- Para el primer arreglo, realizado sobre el edificio Oeste, se halló un solo modo de vibración {9,40} hz cuya correlación sugiere la forma modal presentada en la figura 5.2.155, la cual es representativa de deformaciones propias de un diafragma flexible. Para el segundo arreglo, realizado en los edificios Este y Oeste, se hallaron dos modos de vibración {5,40; 9,50} hz, el primero de estos (5,40 hz) es traslacional, con componentes en dos direcciones ortogonales y su figura es la mostrada en la figura 5.2.154a, el segundo modo (9,50 hz) posee una forma modal que sugiere una deformada característica de un diafragma flexible (figura 5.2.154b). Esta información, sustentada en el análisis de los registros, tiene concordancia con aquella presentada en la tabla 5.2.24. La tolerancia de cálculo es del orden de +/- 0,0152 hz.
- El amortiguamiento calculado para el modo de vibración hallado con el primer arreglo, es del orden de 2,66% mientras que, para el segundo arreglo tenemos el siguiente par de valores: 4,17% en el primer modo y 2,11% en el segundo modo. Ninguno de estos valores son adecuados para ser empleados en eventuales análisis estructurales no lineales de la edificación bajo estudio, dado que estos valores son representativos de desplazamientos pequeños, pertenecientes al rango elástico.

- En vista de los resultados experimentales, se constata que los edificios interactúan entre sí, al menos para las amplitudes producidas por el ruido cultural. Esta afirmación puede corroborarse en mayor detalle, mediante la instalación de un solo arreglo con un número mayor de aparatos (en este estudio se contó con seis aparatos por arreglo) o bien mediante la instalación de dos (o más) arreglos debidamente sincronizados entre sí.

### 5.3.- Referencias

- NANOMETRICS SEISMOLOGICAL INC. Orion Manual. Canada. 1999.
- CHOPRA A.K. Dynamics of Structures. Prentice Hall, New Jersey. USA. 2001.
- CUNHA, A.; CAETANO, E.; MAGALHÃES, F.; MOUTINHO, C. From input-output to output-only modal identification of civil engineering structures. SAMCO Final Report 2006.
- COVENIN, Comisión Venezolana de Normas Industriales, 2001. Edificaciones sismorresistentes. COVENIN 1756:2001. Caracas.
- CRAIG R.R. Structural Dynamics. John Wiley & Sons, New York. USA. 1981.
- EL-BORGI, S.;SMAOUI, H.; CHERIF, F.; BAHLOUS, S.; GHRAIRI, A. Modal identification and finite element model updating of a reinforced concrete bridge. Emirates Journal of Engineering Research. 2004.
- GURALP SYSTEMS. CMG 40T triaxial broadband seismometer Operator's Guide. Aldermaston. England.
- HERNÁNDEZ, J.; DOMÍNGUEZ, J. Medición de Vibraciones en la Planta de Gas LL-2, Informe técnico preliminar FUNVISIS. Caracas. Venezuela. 2005.
- IOTECH, INC. DaqBook User's Manual. Copyright 2002. Cleveland. USA
- KINEMATRICS, INC. Operating Instructions Ranger SS1 Seismometer. Copyright 2001. Pasadena CA. USA.
- LÓPEZ, O.A.; GENATIOS C.; CASCANTE, G. Determinación de propiedades dinámicas de estructuras mediante técnicas experimentales. Boletín técnico IMME N° 77. Caracas. Venezuela. 1989.
- NEWLAND D. E. Random vibrations and spectral analysis. Longman Group Limited, London 1978. England.
- THE MATHWORKS, Matlab versión 7. Copyright 1984-2004
- WELCH,P. The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short, modified periodograms. IBM Watson Research Center. Yorktown Heights, N.Y. 1967.

# Capítulo 6

## *Dictado de Talleres de Prevención Sísmica*



## Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela

Informe Técnico

Responsable: Oscar A. López (IMME-FI-UCV)





## **6.- DICTADO DE TALLERES DE PREVENCIÓN SÍSMICA**

### **6.1.- El Taller de Aula Sísmica y la Formación de Docentes como Entes Multiplicadores**

El Programa “Aula Sísmica Madeleilis Guzmán” de FUNVISIS, desde su implementación en 1998 hasta la actualidad, ha capacitado alrededor de 200.000 personas entre docentes, escolares, grupos profesionales, empleados en industrias y empresas públicas y privadas, organismos de seguridad y comunidades organizadas. En este programa se dictan talleres de Prevención Sísmica, y talleres para Formación de Entes Multiplicadores, así como otros de contenido más específico o técnico. El Taller de Prevención Sísmica es una experiencia educativa con características formales, es interactivo y participativo, valiéndose de actividades prácticas muy didácticas, para la explicación de los temas. El taller tiene como fin transmitir la información científica sobre la investigación sismológica generada por la fundación, y las medidas de autoprotección en caso de terremotos, a las comunidades vulnerables, en un lenguaje ameno, sencillo y claro, para que la información sea accesible a todo tipo de público.

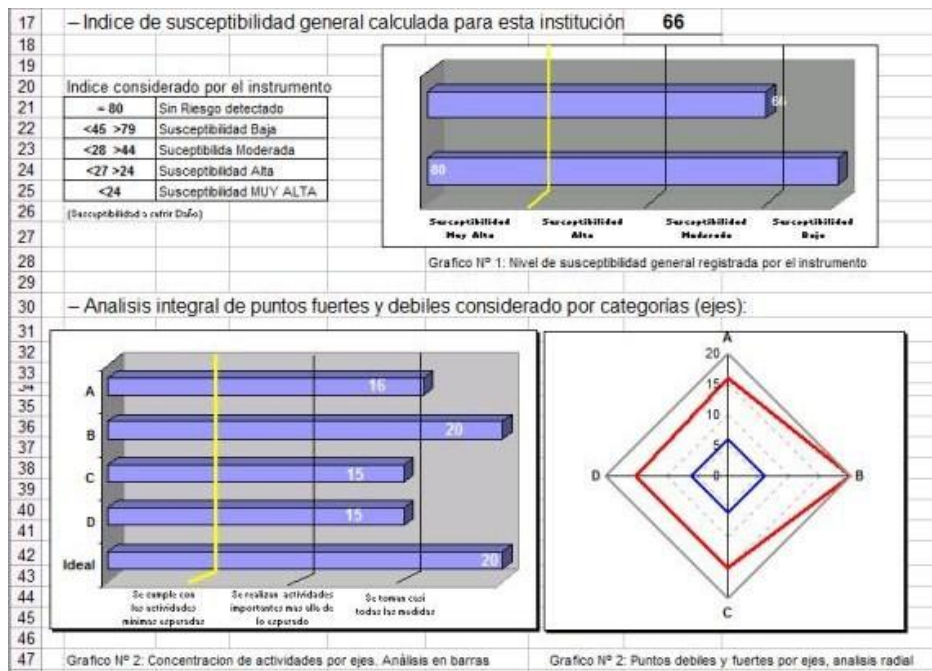
En el marco del proyecto Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares, el formato empleado para dictar los talleres fue el de Formación de Docentes como Entes Multiplicadores en Prevención Sísmica. Este taller permite brindarles estrategias pedagógicas y didácticas que puedan ser usadas como elementos que desde la educación puedan motivar la reducción de la vulnerabilidad no estructural de la escuela con medidas de sencilla implementación, y propiciar la organización de la comunidad educativa para dar una oportuna y efectiva respuesta en caso de producirse una emergencia en la escuela. Asimismo, los talleres dictados en el marco de este proyecto ha servido de espacio para compartir con los docentes los detalles del proyecto y su significación para la reducción del riesgo en los planteles educativos de diseño similar a nivel nacional, esto sin dejar de lado la importancia de tomar medidas no estructurales y de preparación comunitaria frente a las emergencias, haciendo hincapié en que el abordaje más efectivo para la reducción del riesgo en las escuelas debe ser de manera integral.

Adicionalmente, se entregaron los maletines de información para la prevención sísmica a aquellos planteles educativos que mostraron un nivel de motivación y compromiso para la organización y ejecución de las actividades de autoprotección. Sobre el material entregado hablaremos más adelante.

### **6.2.- Instrumento de Seguimiento**

El instrumento de seguimiento empleado por Funvisis “Diagnóstico de la situación escolar frente a la amenaza sísmica” fue producto de un trabajo de grado denominado: Propuesta metodológica para evaluar la efectividad del programa de autoprotección “Aula Sísmica” de Funvisis (Aguilar, A. y Melo, F. 2003). El método empleado en este trabajo propone un tipo de medición basado en las conductas que el taller de aula sísmica sea capaz de orientar en las comunidades escolares hacia su propia autoprotección a través de la acción.

Este instrumento se utilizó para medir el impacto y efectividad de los talleres, en función de la ejecución o no, de las medidas para la disminución de la vulnerabilidad no estructural y social en el plantel educativo, que complementen las acciones de reforzamiento y otras de tipo más especializado. El mismo se aplicó en 5 de las instituciones escolares atendidas con el fin de realizar un diagnóstico preliminar de su situación de vulnerabilidad no estructural y social, que sirviera para motivar a los docentes a desarrollar actividades, y pueda facilitar un eventual seguimiento a estas actividades en el futuro.



**Figura 6.1** Graficas generadas por el procesamiento del instrumento implementado para la recolección de los datos, aplicado en el caso de la evaluación de la U.E. Rodríguez Abreu, Canchunchú, Edo. Sucre.

(fuente: Funvisis, 2008)

### 6.3.- Planteles Atendidos

Los planteles en los que se realizaron los talleres de Formación de Docentes en Prevención Sísmica son los mismos en los que se han realizado estudios de detalles en el marco del presente proyecto, los planteles y el estatus de las actividades desarrolladas se detallan en las tablas N° 1 y 2:

**Tabla 6.1 Datos de los planteles en los que desarrollaron los talleres.**

N°	Plantel	Dirección	Nombre del Director (a)	Tlf.
1	Escuela Experimental Venezuela	Av. México, frente a la estación del Metro Bellas Artes, Caracas	Prof. Gladys Gomez	0414-2597945 0212-7581434
2	U.E. Luis Alejandro Alvarado	Av. Sucre, frente al C.C. Pirámide, frente a la sede de la UNEFA Cagua, Edo. Aragua	Prof. Mercedes Zamora Prof. Ivon Días (Sub directora)	0244-5112894 0412-8499107
3	U.E. Alfaro Zamora	Calle El Morao con Av. Raúl Leoni, El Cafetal, Caracas.	Prof. Zulay de Urdaneta (Coordinadora)	0416-6139362 0212-9853874
4	U.E. Padre Sojo	Av. Caroní, calle Humboldt, Bello Monte, Caracas.	Prof. Anaselys Quijada	0416-4151155
5	U.E. Domingo Faustino Sarmiento	Av. Norte 23-2, Maripérez, al lado del Liceo Núñez Ponte, Caracas.	Prof. Lisbeth Gonzales	0414-2631515 0212-7820900
6	U.E. Ezequiel Zamora	Av. Vicente Figueredo, Barrio Rafael Caldera, La Ceibita Tricentenario, Guacara, Edo. Carabobo	Director. Jorge Cemeño Sub. Director Karin Garcia	0245-5119855 0416-1487556
7	E.B. Ambrosio Plaza	Urb. Menca de Leoni (27 de febrero) Guarenas, Edo. Miranda.	Prof. Josefina Luyando (2006)	No se suministró información
8	U.E. Antonio Rodríguez Abreu	Calle Principal de Canchunchú viejo, Carúpano, Edo. Sucre.	Directora. Mercedes Frontado Prof. Zulay Ramírez	0416-4932317
9	U.E. Maria Reina de López	Av. Principal San Martín, via Carúpano arriba, frente al centro de acopio Mercal. Carúpano. Edo Sucre	Directora. Irene Romero Prof. Miguel Mujica	0414-1946745 04148248794
10	E.B. Playa Grande	Carretera Principal, frente a los bloques Playa Grande, y al lado del Liceo Jorge Ordogoy. Carúpano. Edo. Sucre	Directora Zoraida Rodríguez	04266350842 0294-3316600
11	Escuela Bolivariana "Simón Bolívar"	Av. Principal de Cariaco	Directora: Yamily Fernández	0294 - 3325637

Por otra parte, una de las estrategias implementadas en la capacitación de los docentes que conforman parte de estas comunidades escolares atendidas, fue la realización de dinámicas grupales relacionadas con la prevención sísmica y el trabajo en equipo, como herramienta fundamental para el proceso de integración de los Docentes, personal Administrativo, Obrero y estudiantado en general.

Además, cabe destacar la realización de talleres sobre mapas de riesgo, lo que brindo recursos a la comunidad escolar para conocer las amenazas a la que estaban expuestos dentro de la institución y fuera de la misma. De esta forma se propició la elaboración de planes de acción y de emergencia que contribuyan a reforzar una cultura preventiva ante posibles eventos sísmicos.

Otro factor de gran importancia es que estas actividades tienen una duración de ocho horas académicas, cuestión conveniente y atractiva para la acreditación de horas para los docentes. En estos talleres se tocaron los siguientes temas:

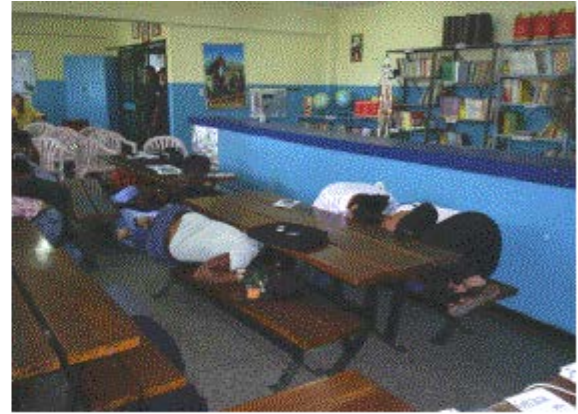
- ¿Qué es Funvisis?
- Marco Jurídico
- Amenaza, vulnerabilidad y riesgo
- Origen de los Sismos y Tsunamis
- Algunas medidas de Mitigación
- Mapas de Riesgo
- Videos didácticos formativos
- Canciones didácticas Formativas
- Practica de autoprotección y desalojo
- Entrega de maletín para la capacitación y prevención sísmica.
- Entrega de Certificados.

Por otra parte no existió un límite de personas para realizar esta actividad, ya que es necesario involucrar a todos los que hacen vida en el plantel escolar. Por ejemplo, se atendieron a más de 140 docentes en dos días de trabajo durante los talleres dictados en 2009.





**Figura 6.2 Taller dictado y entrega del maletín, en la U.E. Luis Alejandro Alvarado, Cagua, Edo. Aragua.**



**Figura 6.3 Taller dictado en la U.E. Ambrosio Plaza (Menca 1), G.**



**Figura 6.4 Taller en la E.B. "Playa Grande", Carúpano. Dinámicas grupales.**





**Figura 6.5 Taller en la E.B. “Playa Grande”, Mapas de riesgo escolar elaborados y presentados por los docentes asistentes al taller.**



**Figura 6.6 Taller en la E.B. “Playa Grande”. Entrega de Maletín para la Institución, además de los certificados a los docentes como Entes Multiplicadores.**



**Foto 6.7 Taller en la U.E. “Jose Antonio Rodríguez Abreu”. Taller sobre sismos y sobre mapas de riesgo escolar. Docentes en la capacitación y posteriormente en la evaluación de los peligros del colegio.**





**Foto 6.8 Taller en la U.E. “Jose Antonio Rodríguez Abreu”. Taller sobre sismos y sobre mapas de riesgo escolar. Docentes en la capacitación y posteriormente en la evaluación de los peligros del colegio.**



**Foto 6.9 Escuela Bolivariana “Simón Bolívar”. Realización del taller de Prevención Sísmica.**

**Tabla 6.2 Estatus de los talleres y actividades desarrolladas en las escuelas al 30-04-09**

Nº	Plantel	Se dictó taller	Se entregó kit	Crearon brigada	Se aplicó instrumento	Observaciones
1	Escuela Experimental Venezuela	X	X	-	-	Los docentes se comprometieron a desarrollar las actividades de preparación en el lapso escolar 2008-2009
2	U.E. Luis Alejandro Alvarado	X	X	X	-	Problemas con la logística y el nivel de convocatoria afectaron la efectividad de este taller.
3	U.E. Alfaro Zamora	X	-	X	-	Se dicto el taller sin mayores problemas, ese mismo día conformaron una brigada provisional.
4	U.E. Padre Sojo	X	-	-	-	Problemas con la logística y el nivel de convocatoria afectaron la efectividad de este taller.
5	U.E. Domingo Faustino Sarmiento	X	X	-	X	Los docentes se comprometieron a desarrollar las actividades de preparación en el lapso escolar 2008-2009
6	U.E. Ezequiel Zamora	X	-	-		
7	E.B. Ambrosio Plaza (Menca 1)	X	-	-	X	Fue atendida en el marco del proyecto de Microzonificación Sísmica Guarenas Guatire
8	U.E. Antonio Rodríguez Abreu	X	X	X	X	Fue atendida en el marco del proyecto CENAMEC. Escuela modelo en preparación para casos de emergencia.
9	U.E. Maria Reina de López	X	X	X	X	Se aplico taller de Multiplicadores en prevención sísmica y el taller mapas de riesgo, los docentes manejan las herramientas necesarias, además de contar con brigadas de emergencia
10	E.B. Playa Grande	X	X	-	X	
11	Escuela Bolivariana "Simón Bolívar"	X	X	X	-	Se realizó un simulacro de evacuación ante movimientos sísmicos.

X = Actividad ejecutada.

(-) = Actividad por ejecutarse. Se explica en las observaciones

#### 6.4.-El material Entregado

El material entregado consiste en un kit, un maletín de Información y Prevención Sísmica, contentivo de herramientas para la capacitación. Estos insumos fueron financiados entre el MPPCT y FUNVISIS, y contienen lo siguiente:

- Modelo en madera, en forma de bloques (2 piezas), pintado en todas sus caras y con dos clavos adheridos.
- Disco compacto con los siguientes archivos de datos:
  - Carpeta con el programa Acrobat Reader (instrucciones para su instalación). Este programa es necesario para abrir los archivos en formato PDF.
  - Carpeta contentiva del libro “La investigación sismológica en Venezuela”, en formato PDF.
  - Carpeta con definiciones sobre la reducción del riesgo de desastres y manuales sobre cómo elaborar un Plan de Emergencia Escolar en caso de terremoto y otros eventos naturales, en formato PDF.
  - Carpeta contentiva de una guía sobre cómo elaborar mapas de riesgo comunales, en formato PDF.
  - Carpeta con el Plan de FEDE sobre el Plan de emergencia escolar, en formato PDF.
  - Carpeta con algunos recursos didácticos, complementarios.
- Disco compacto con sonido (ruido del terremoto de 1967).
- Cinta de VHS con videos institucionales y con un tiempo estimado de grabación de una (1) hora.
- Instructivo (folleto) para llevar a cabo la fase de multiplicación.
- Un (1) afiche informativo sobre el objetivo del maletín y los recursos que contiene.
- Un (1) mapa, tamaño pliego, de fallas cuaternarias en Venezuela.
- Un (1) mapa, tamaño pliego, de la sismicidad en Venezuela.
- Un (1) resorte plástico grande de colores.
- Un (1) juego de diez (10) láminas de acetato a color.

Para entregar dicho maletín al plantel educativo, los docentes recibieron el taller de formación de entes multiplicadores en Prevención Sísmica. Se les suministró un instructivo, como recurso que les permitirá facilitar la información básica que en materia de preparación y prevención ante el riesgo sísmico se debe manejar, de manera clara, sencilla y práctica. Asimismo, se facilitaron algunas estrategias metodológicas de enseñanza-aprendizaje utilizadas exitosamente por el Aula Sísmica. Los recursos didácticos entregados, se articularon con cada fase del Taller, para garantizar una mejor comprensión de cada punto explicado.



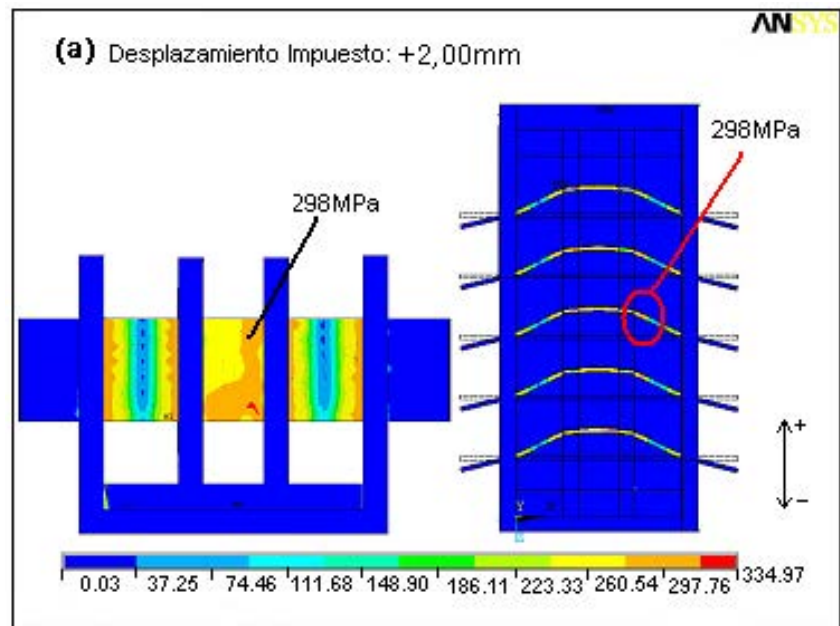
**Figura 6.9 Maletín de Información para la Capacitación y Prevención Sísmica y parte de su contenido, distribuido durante los talleres del proyecto, a 6 de las 11 escuelas atendidas.**

### 6.5.- Referencias.

- Aguilar, A. Y Melo, F. (2003) Propuesta metodológica para la evaluación del programa experimental educativo Aula Sísmica “Madeleilis Guzmán” de FUNVISIS. Trabajo especial de grado presentado al Instituto Universitario Tecnológico de Ejido para optar al título de T.S.U. en Manejo De Emergencias y Acción Contra Desastres. IUTE, Mérida.
- Guzmán, J; Marín, W; Aguilar, A. (2005) Desde la prevención sísmica hacia la gestión local de riesgo, Experiencia comunitaria en el barrio Santa Bárbara, parroquia Cabudare, Municipio Palavecinos del Estado Lara. Trabajo presentado en el IV Coloquio de Microzonificación Sísmica, FUNVISIS-UCLA-UELL, Barquisimeto, Edo. Lara, del 13 al 16 de noviembre de 2005. (Publicado en la revista especial de las memorias del IV Coloquio de Microzonificación Sísmica, serie técnica de FUNVISIS N° 1-2005)
- Wilchez-Chaux, G. (1989) Herramientas para la crisis: Desastres, Ecologismo y Formación Profesional. SENA, Colombia.
- Bermúdez, M. (1997) Vulnerabilidad Social y organización ante los desastres naturales en América Latina, en Lavell, A. Viviendo en Riesgo ( 89 - 102). Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

## Capítulo 7

# *Diseño, Construcción y Evaluación de un Disipador de Energía Metálico*



## Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela

Informe Técnico

Responsable: Oscar A. López (IMME–FI-UCV)



## **7.- DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN DISIPADOR DE ENERGÍA METÁLICO**

### **7.1.- Introducción**

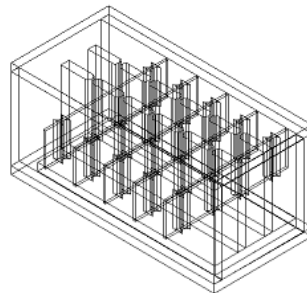
El objetivo de esta investigación es el diseño, construcción y evaluación de un disipador de energía metálico en edificaciones de baja altura, el cual fue financiado parcialmente por este proyecto con la intención de aplicar los resultados en la protección de edificaciones escolares existentes contra la acción de los terremotos. El financiador principal fue el IMME y el CDCH-UCV a través del Proyecto de Investigación PI 02-00-5824-2007. En resumen se realizó la evaluación experimental del prototipo con la finalidad de caracterizar el proceso de disipación de energía del dispositivo. Se llevó a cabo un ensayo cuasi-estático que permite obtener las propiedades mecánicas y el comportamiento histerético del disipador. Finalmente, se analizó numéricamente el desempeño del disipador dentro de una estructura, que corresponde al modelo de una edificación escolar existente. En general, el dispositivo cumple con los siguientes requisitos: disipación de energía para un rango de pequeños desplazamientos de entrepiso, fuerza desarrollada y controlada en un rango apropiado, proceso de disipación estable y predecible, factibilidad constructiva, dimensiones manejables, fácil desmontaje y reemplazo una vez dañado.

Los participantes en esta investigación fueron:

- Prof. Carolina Tovar
- Prof. Angelo Marinilli
- Prof. José Romero
- Prof. Oscar A. López
- Tec. Iván Aponte
- Tec. Andrés Paredes
- Tec. Ramón Herrera

### **7.2.- El Disipador**

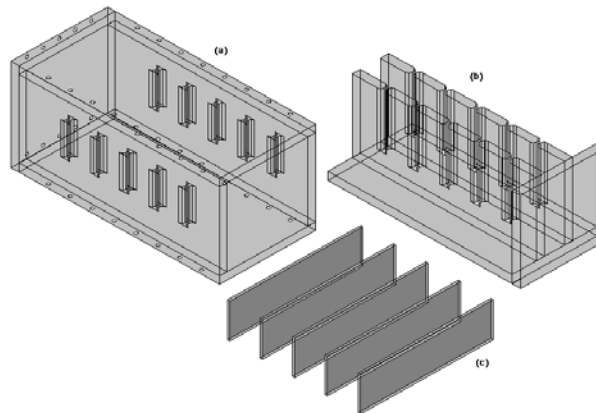
El disipador desarrollado consiste en una caja metálica cerrada de dimensiones 15cmx15cmx32cm, aproximadamente, construida con planchas de acero, en cuyo interior está contenida una serie de láminas metálicas de pequeño espesor, que tienen como función disipar la energía inelásticamente a través de su deformación por flexión. La geometría puede ser vista en la Figura 7.1.



**Figura 7.1.- Geometría del disipador de energía metálico propuesto.**



El dispositivo tiene los siguientes componentes (Ver Figura 7.2): La parte externa, que consiste en cinco láminas de acero A-36 de 12 mm de espesor atornilladas conformando una caja. Las láminas laterales poseen cinco ranuras de 4mm de espesor, estas ranuras tienen bordes redondeados con acabado liso. La caja tiene sólo tapa posterior. La parte interna, consiste en tres láminas de acero A-36 de 12 mm de espesor. Las láminas verticales tienen cinco ranuras de 4mm de espesor con bordes redondeados de acabado liso. Esta pieza posee una tapa frontal. La última parte constituye el elemento disipador propiamente dicho, está conformada por cinco pletinas de acero A-36 de 3mm de espesor que irán a través de las ranuras de las partes externa e interna anteriormente descritas.



**Figura 7.2.- Componentes del disipador de energía metálico propuesto. (a) Parte externa (Caja). (b) Parte interna (Pi). (c) Láminas cedentes.**

El dispositivo se accionará a través del desplazamiento experimentado por el edificio durante un terremoto. Esta acción se traduce en una carga aplicada en el centro de la tapa frontal, que hará que la parte interna se deslice dentro de la caja. Cuando ocurra ese desplazamiento, las láminas se deformarán a flexión hasta sobrepasar el límite elástico del material y comenzarán a disipar la energía introducida por el sismo. Debido a la particular geometría (Caja cerrada), el disipador de energía puede ubicarse dentro del sistema estructural de la edificación en cualquiera de las cuatro formas propuestas por Skinner *et al.* (1975) mostradas en la Figura 7.3.

En el dimensionado de los componentes del disipador se considera que las piezas externa e interna tendrán un comportamiento elástico, mientras que las láminas tendrán un comportamiento inelástico con deformaciones permanentes y daño.

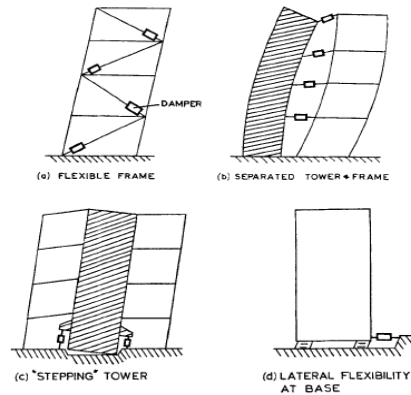


Figura 7.3.- Posibles ubicaciones del disipador de energía propuesto en un sistema estructural.

### 7.3.- Modelos de Predicción del Comportamiento del Disipador

#### 7.3.1.- Modelo Analítico

Este modelo, permite realizar una primera estimación de la deformación elástica máxima que puede experimentar el disipador y la carga que la produce. Se trata de un modelo que utiliza los conceptos básicos de resistencia de materiales. Cada lámina cedente se idealiza como una viga simplemente apoyada con dos cargas puntuales ubicadas a un tercio y a dos tercios de la distancia entre apoyos ( $L$ ), respectivamente, quedando el tercio central trabajando a flexión pura como se muestra en el diagrama de momento flector de la Figura 7.4.

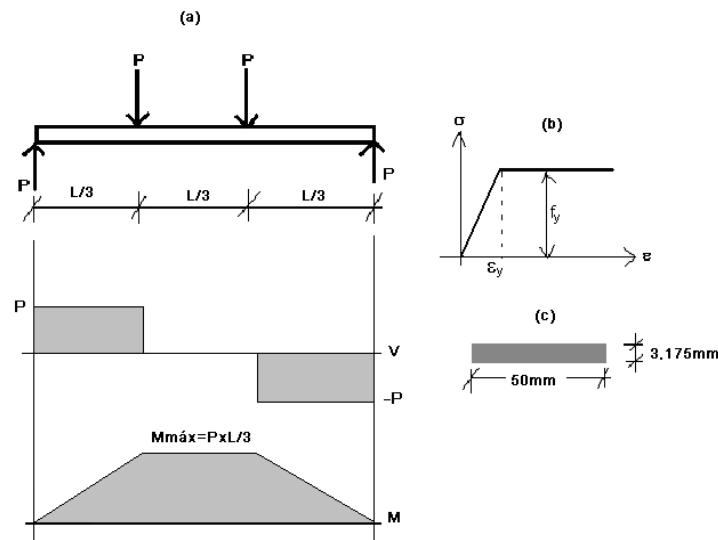


Figura 7.4. (a) Diagrama de fuerza cortante y momento flector para viga en flexión pura. (b) Modelo elástico perfectamente plástico para el acero. (c) Sección transversal de las láminas.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 7.1. La carga P representa la carga máxima estimada que puede ser aplicada a la lámina, para incursionar en el rango inelástico.

La flecha de la lámina representa la deflexión elástica máxima esperada bajo la carga P. La carga total entonces que se debe aplicar al disipador, según este modelo, para iniciar la cedencia de las cinco láminas estará alrededor de 442.50 kgf, produciendo una deflexión elástica máxima de 1.90mm en cada una de ellas.

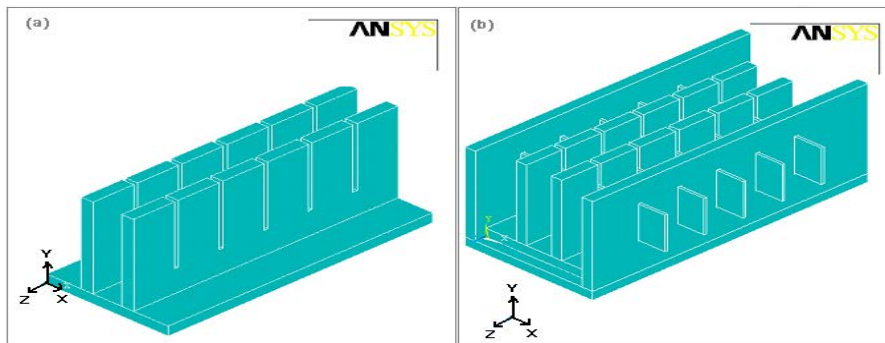
**Tabla 7.1.- Resultados obtenidos al aplicar el modelo de predicción analítico.**

L(mm)	b(mm)	h(mm)	$I_x(\text{mm}^4)$	$M_{\max}$ (Elast.) Kgf.mm	$M_{\max}$ (Inelast.) Kgf.mm	P(kgf)	f(mm)
126	50	3.175	133.36	2478.2	3717.23	88.50	1.90

### 7.3.2.- Modelo Numérico

Con la finalidad de predecir el comportamiento que tendrá el disipador, estimar la fuerza y desplazamiento correspondiente al inicio de la plastificación, y establecer zonas de posible daño, se realizó un modelo de simulación numérica. Para ello se utilizó el programa comercial de análisis por elementos finitos Ansys 10.0 (Ansys, 2005).

En la Figura 7.5 se observa la geometría del disipador configurada en la interfase gráfica del programa. Ésta fue simplificada en buena medida para minimizar el esfuerzo computacional requerido, sin que esto significara la alteración del principio de acción del disipador.

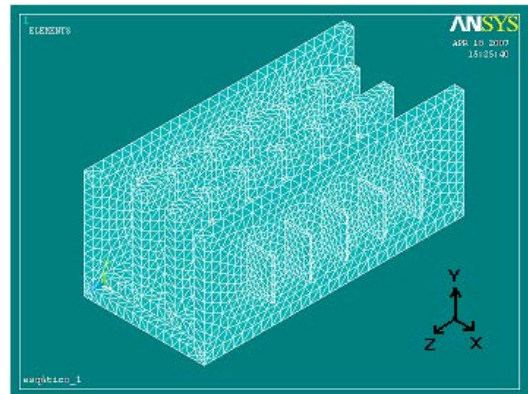


**Figura 7.5. Modelo numérico: Geometría.  
(a) Parte interna. (b) Geometría completa.**

Para discretizar los sólidos que componen el modelo, se utilizaron elementos tetraédricos de veinte nodos, “solid 186” en Ansys, garantizando mayor precisión en los resultados y convergencia de la solución. Para simular el contacto entre los componentes, en este caso, tanto entre la cara interna de la base de la caja y la cara externa de la base de

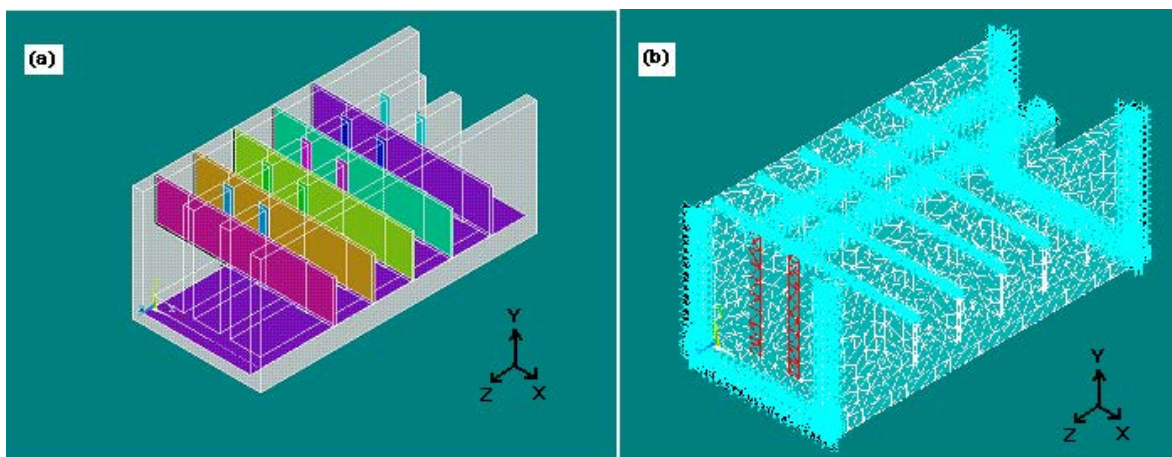
la “pi” invertida, como entre las ranuras y las láminas se utilizaron los elementos “targe120” y “conta174”.

Se consideró una malla refinada en las zonas donde se supone habrá concentración de tensiones como en las ranuras y en las láminas cedentes, y menos refinada en las áreas en las que se supone no habrá tensiones importantes, como en el resto de las partes exterior e interior del disipador. Esta malla está constituida por 63654 elementos y 93173 nodos y se muestra en la Figura 7.6.



**Figura 7.6.- Discretización del modelo numérico.**

Las condiciones de contorno aplicadas al modelo se muestran en la Figura 7.7(b). Se restringen todos los desplazamientos en la cara anterior y posterior de la caja, ya que se supone que esta conexión será empotrada. En la parte superior de la pieza interna se restringen los desplazamientos en X y en Y, para poder permitir el deslizamiento entre las partes y se ejecute el principio de acción del disipador. En las láminas se restringen los desplazamientos verticales en su cara superior. De esta manera queda libre el desplazamiento en Z, que es la dirección en la que debe ocurrir el deslizamiento.



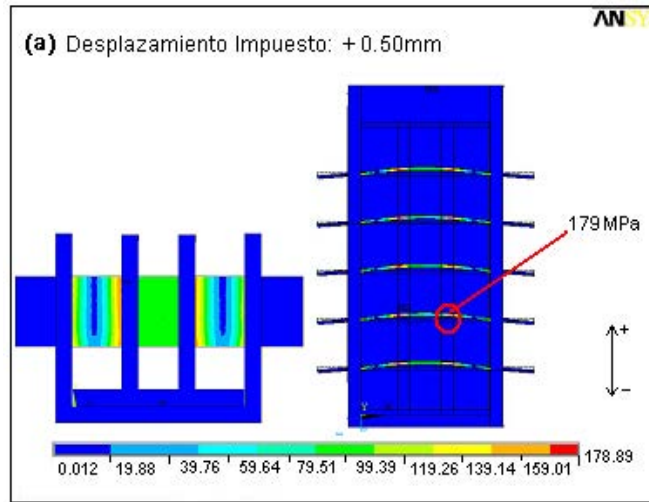
**Figura 7.7.- (a) Elementos de contacto. (b) Condiciones de contorno.**

En cuanto a las cargas, se impone una secuencia creciente de desplazamientos alternantes en las áreas frontales de la pieza interna. La variación entre cada desplazamiento

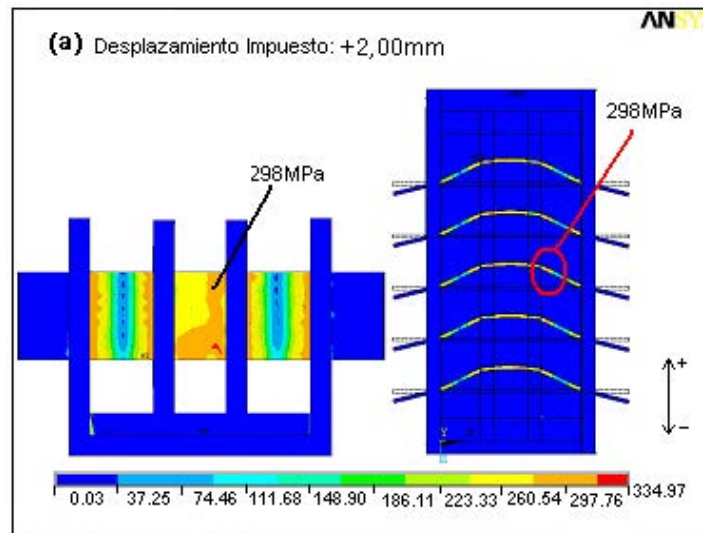
es de 0.25mm hasta un máximo de 6mm, tomando en cuenta que luego de la cedencia se pueden producir deformaciones mucho mayores que la deformación elástica máxima.

A continuación se presentan los resultados más representativos del análisis por elementos finitos bajo las condiciones descritas anteriormente, con el programa Ansys.

La Figura 7.8, presenta la distribución de tensiones y deformada para un desplazamiento impuesto de 0.50mm en sentido positivo. En este caso de carga la distribución de tensiones indica un patrón uniforme para la caja y la pieza interna, con una tensión de 0.012MPa (0,12 kgf/cm<sup>2</sup>) en término medio, situándose entre los menores valores obtenidos. En las láminas se observan tensiones muy bajas hacia los extremos, similares a las de la caja y pieza interna. En la zona donde se aplica la carga se aprecia cierta concentración de tensiones, justo donde las láminas hacen contacto con la pieza interna. Para una tensión entre 139.14MPa (1391.4 kgf/cm<sup>2</sup>) y 178.89MPa (1788.9 kgf/cm<sup>2</sup>). En la parte central de las láminas se observa una distribución uniforme, para una tensión media de 99.39MPa (993.9 kgf/cm<sup>2</sup>). La deformación de las láminas es la típica de un elemento sometido a flexión. En esta etapa el disipador se encuentra totalmente en el rango elástico, hecho que se verifica porque en ninguna región de las láminas se sobrepasa la tensión cedente del material (295MPa, 2950 kgf/cm<sup>2</sup>). La deformación que se presenta en las láminas es la deformación característica de las vigas a flexión y se muestra acorde con el desplazamiento impuesto. Como modelo de predicción de la fuerza y deformación de inicio de la plastificación, se observa que la incursión en el rango inelástico comienza en las zonas de contacto de las láminas, para desplazamientos entre 1.00mm y 1.25mm. Sin embargo, al analizar cuidadosamente las distribuciones de tensiones, se advierte que es a partir de un desplazamiento de 1.75mm que parte importante de la superficie en la lámina se encuentra en cedencia, situación que se consolida cuando la deformación alcanza los 2.00mm, situación mostrada en la Figura 7.9, en la que las láminas exhiben una distribución de tensiones heterogénea, con excepción de los tramos extremos, que al igual que la caja y la pieza interna conservan valores muy bajos y uniformes. Se observa que las tensiones predominantes están limitadas por 260.54MPa (2605.4kgf/cm<sup>2</sup>) y 297.76MPa (2977.76kgf/cm<sup>2</sup>), con una leve tendencia a superar éste último valor. En este sentido, el entorno planteado manifiesta una mínima discrepancia entre el modelo numérico y el modelo analítico, pues en este último se predijo una deformación elástica máxima de 1.90mm y una fuerza de 885N (88.5kgf) para una lámina.



**Figura 7.8.- Distribución de tensiones de Von Mises (en MPa).  
 Para un desplazamiento impuesto de +0.50mm.**

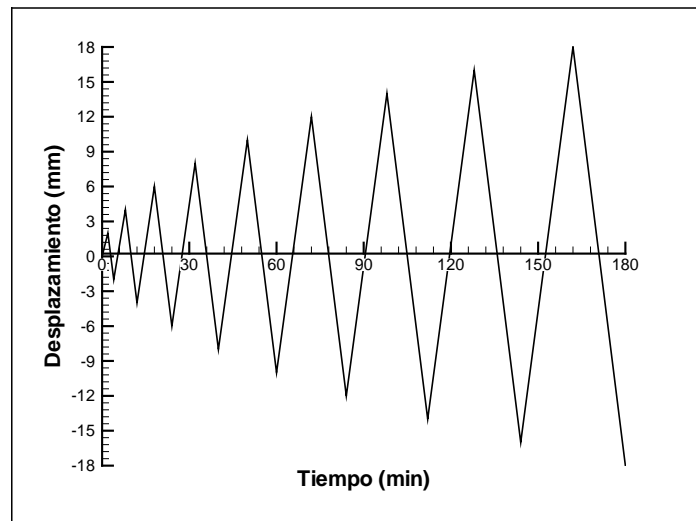


**Figura 7.9.- Distribución de tensiones de Von Mises (en MPa).  
 (a) Para un desplazamiento impuesto de +2.00mm.**

#### 7.4.- Evaluación Experimental

La evaluación experimental del dispositivo se llevó a cabo en la Nave de Ensayos Especiales del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (NEE-IMME-UCV). Este proceso se realizó a través de dos ensayos efectuados en modo cuasi-estático. Se programó un desplazamiento alternante en diente de sierra, con velocidad constante de aproximadamente 0.02mm/seg., e incrementos de amplitud de la función a razón de 2mm por ciclo, ver Figura 7.10.

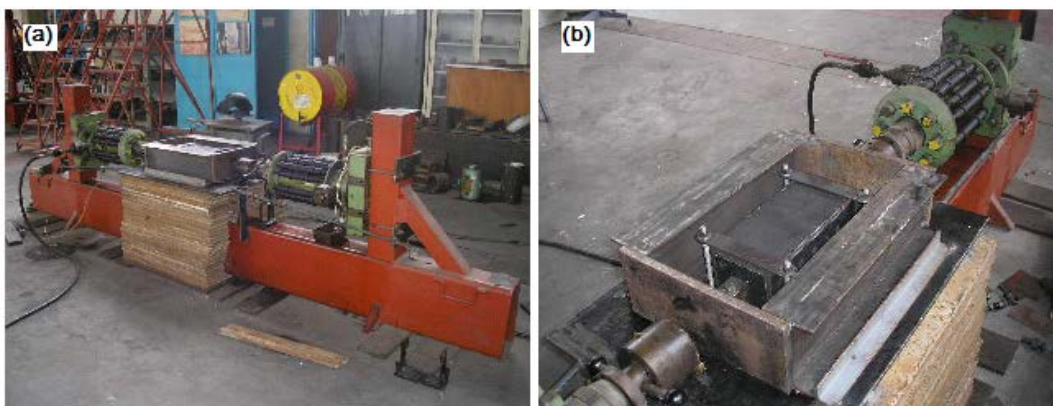




**Figura 7.10.- Evolución temporal del desplazamiento en el disipador.**

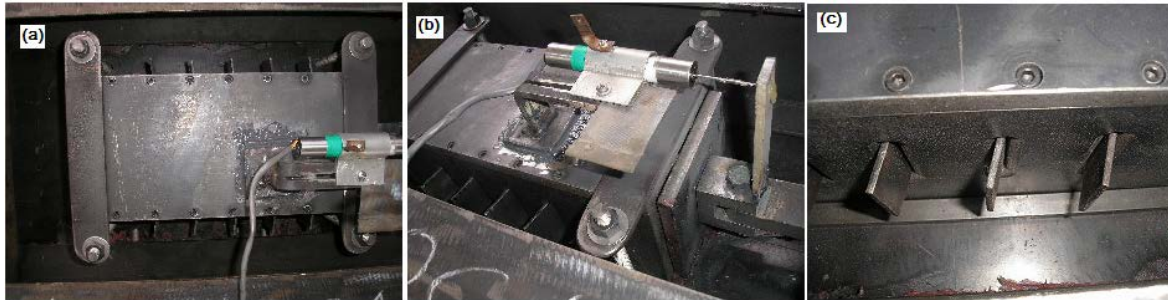
El primer ensayo se hizo a modo de calibración, para comprobar que la velocidad y amplitud del desplazamiento eran adecuadas. En el segundo ensayo, se estudió la estabilidad de los ciclos histeréticos, por ello al alcanzar el máximo desplazamiento esperado (18mm) se repitió el ciclo cinco veces, según el mínimo requerido por las normas FEMA 450 (FEMA 450, 2003).

El equipo utilizado para llevar a cabo los ensayos consta de los siguientes componentes: Dos gatos hidráulicos, de 20 tf de capacidad, dispuestos para aplicar carga horizontal en sentido positivo y negativo, equipado con su correspondiente celda de presión y un sistema de alimentación y control de los actuadores en lazo cerrado. Para activar el mecanismo de acción del disipador se diseñó y construyó un artefacto especial, cuya función es transmitir al disipador las cargas aplicadas por los cabezales de los gatos hidráulicos, lo cual se manifiesta a través del desplazamiento horizontal de la pieza interna del dispositivo y posterior deformación por flexión de las láminas. En la Figura 7.11 se muestran algunos de los dispositivos antes mencionados, como se observa, fueron fijados y acoplados mediante uniones atornilladas a un banco de acero.



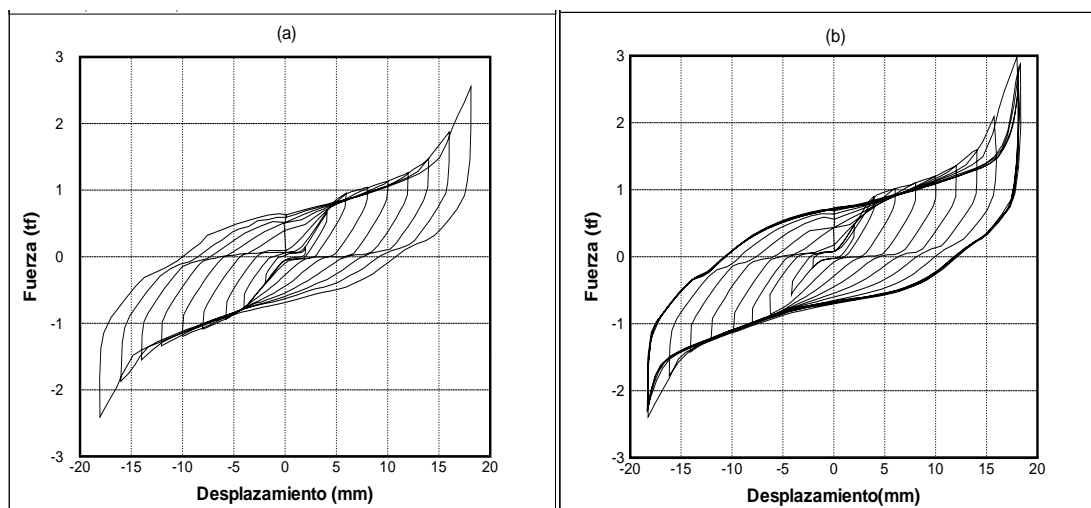
**Figura 7.11. (a) Perspectiva general del equipo de ensayo, (b) Detalle del alojamiento del disipador.**

El disipador se instrumentó con un transductor de desplazamiento (LVDT) acoplado al sistema en la parte superior de la caja, tal y como se muestra en la Figura 7.12.



**Figura 7.12.- Instrumentación: (a) Ubicación del transductor de desplazamiento, (b) Detalle de las conexiones del transductor de desplazamiento. (c) Detalle de la deformación experimentada por las láminas.**

En la Figuras 7.13(a) y 7.13(b) se aprecian las curvas histeréticas que resultaron de los ensayos 1 y 2, respectivamente. En primer lugar se observa una similitud entre los comportamientos registrados en los dos ensayos, pues las curvas obtenidas son muy similares. En ambos casos los ciclos presentados tienen una forma bien definida, a medida que aumenta la amplitud del desplazamiento las curvas se van tornando más anchas y los ciclos más robustos, sin embargo, al inicio se nota la presencia de un estrangulamiento. Este efecto es debido al deslizamiento que ocurre entre las láminas y los bordes de las ranuras cuando se hace efectiva la deformación por flexión en dichas láminas. Dentro del comportamiento del disipador esto se considera aceptable, puesto que se observa muy marcado sólo en los primeros ciclos y aunque en los ciclos 5 y 6 aún se nota un muy leve estrangulamiento, luego el efecto desaparece y se comienza a observar mayor amplitud en las curvas.



**Figura 7.13.- Comportamiento experimental del disipador: Ciclos histeréticos, (a) Ensayo 1, (b) Ensayo 2.**

También se puede notar que el endurecimiento del acero tiene un efecto importante en el comportamiento del disipador, ya que luego de la cedencia se observa que al aumentar el desplazamiento siempre se incrementa la fuerza. Por otro lado, no se registró caída de la resistencia durante los ensayos para ninguno de los ciclos de histéresis.

Resulta importante destacar la estabilidad que muestran los ciclos de ambos ensayos. Incluso, en el segundo ensayo, en el que se repitió el máximo desplazamiento cinco veces, los ciclos no sufrieron alteraciones importantes, no se observó pérdida de resistencia ni de la capacidad de disipar energía. La pérdida de rigidez registrada fue muy leve.

A partir de desplazamientos superiores a los 14mm se aprecia un aumento de la resistencia en las curvas. Este efecto se produce por la traba mecánica de las láminas.

La energía disipada acumulada tiende a incrementarse a medida que aumenta el número de ciclos y por ende la amplitud de los desplazamientos impuestos. Para el total de ciclos desarrollados en cada ensayo no se registró pérdida de la capacidad de disipación de energía.

El desplazamiento y la fuerza cedente se pueden determinar fácilmente, pues es claro el cambio de pendiente que ocurre en las curvas pudiéndose establecer claramente la zona lineal elástica y la zona de plastificación-endurecimiento. Dadas las características de las curvas un modelo bilineal con endurecimiento es el que se ajusta de manera adecuada al patrón de comportamiento.

En la tabla 7.2 se pueden apreciar los valores correspondientes a las fuerzas y desplazamientos de inicio de plastificación para los ensayos realizados, asimismo se muestran los valores máximos y promedios. En resumen se puede decir que en término medio el disipador desarrolló un desplazamiento cedente alrededor de 3.99mm y una fuerza cedente de 0.85tf (8500N).

**Tabla 7.2.- Valores de fuerza y desplazamientos asociados al comportamiento experimental del disipador.**

	Ensayo 1	Ensayo 2	Valor medio
Desplazamiento Cedente (mm)	4.16	3.81	3.99
Fuerza Cedente (tf)	0.81	0.88	0.85
Fuerza Máxima (tf) (a los 14mm)	1.55	1.36	1.46
Fuerza Máxima (tf) (a los 18mm)	2.41	2.98	2.70

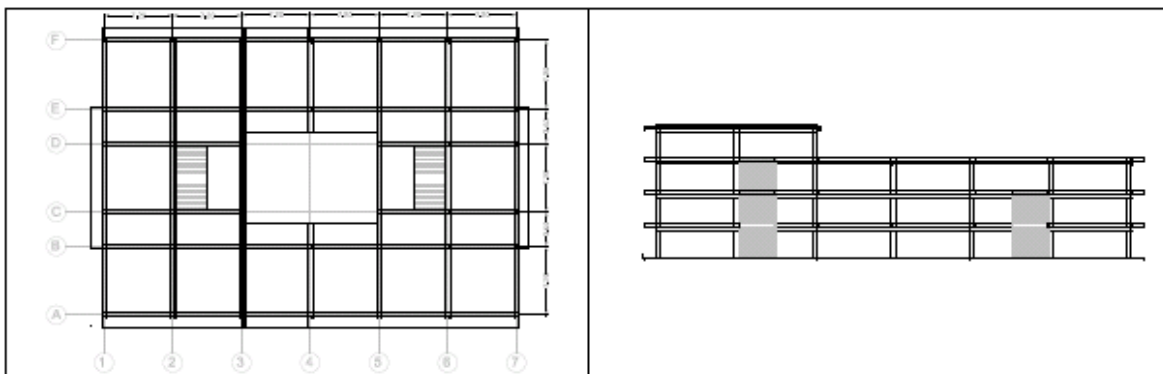
El daño observado en el disipador luego de los ensayos realizados fue tal como se había previsto en el diseño conceptual del mismo.

### 7.5.- Aplicación Numérica

Se analiza la estructura de un edificación escolar de concreto reforzado de configuración típica en Venezuela, denominada tipo “cajetón cerrado”, que forma parte del grupo de edificaciones estudiadas como parte del proyecto que lleva adelante el IMME conjuntamente con FEDE y FUNVISIS. Esta edificación está constituida por un módulo con planta en forma de “C”, sin presentar junta de dilatación alguna. En la Figura 7.14 se puede observar la configuración típica de este tipo de escuelas.

La estructura está conformada por siete pórticos en dirección transversal separados a 7.20m y seis pórticos en dirección longitudinal separados a 7.20m y 3.60m. En el sistema resistente todas las columnas son de sección cuadrada de 40cmx40cm, las vigas en dirección longitudinal son altas de sección rectangular de 40cmx60cm y las vigas en dirección transversal son planas de sección rectangular de 50cmx30cm. Para efectos de esta investigación se tomó uno de los pórticos transversales más cargados de la estructura descrita anteriormente. Se modeló como un pórtico plano de tres pisos, con periodo fundamental (T) de 1.00seg., masas concentradas en el centro de las vigas, tomando la condición de diafragma rígido y considerando un amortiguamiento ( $\xi$ ) del 5% para cada uno de los modos de vibración.

En la Figura 7.15 se aprecia gráficamente el sistema estudiado y sus propiedades dinámicas se muestran en la tabla 7.3. La rigidez  $K_f$  es la rigidez total del piso, se consideró una resistencia para el concreto ( $f'_c$ ) de 210 kgf/cm<sup>2</sup> y un módulo de elasticidad (E) de 213546 kgf/cm<sup>2</sup>.



**Figura 7.14.- Plano de planta (izquierda) y pórtico en dirección longitudinal (derecha) (Sosa y Taboada, 2007).**

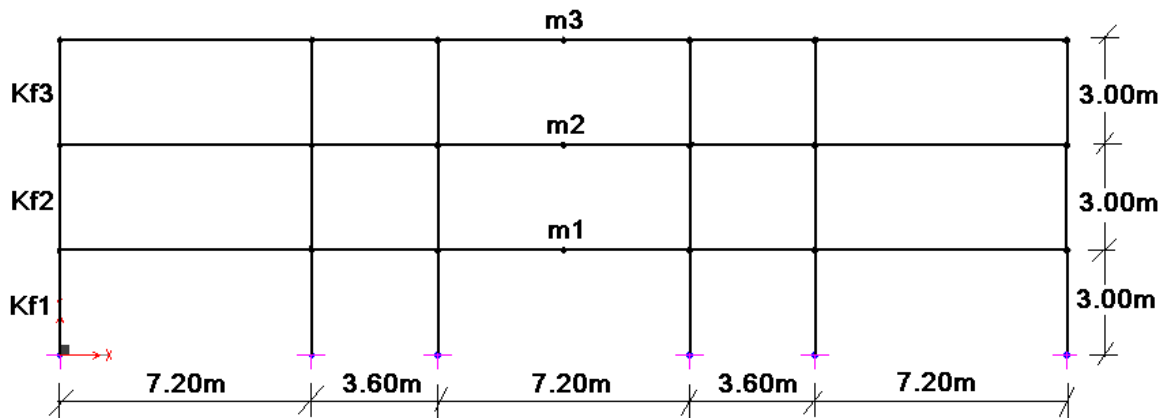


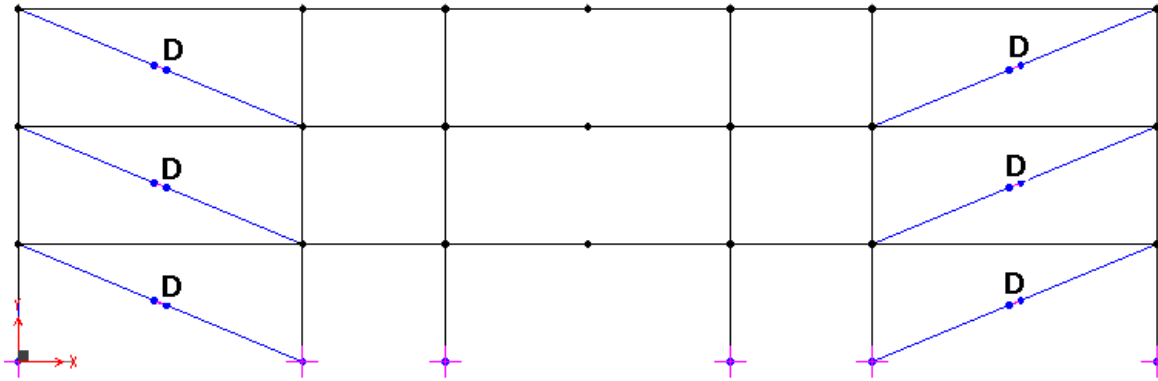
Figura 7.15.- Sistema estudiado para la aplicación numérica del amortiguador.

Tabla 7.3. Propiedades dinámicas del sistema estudiado.

Sistema Estructural	Piso	m (kgfseg <sup>2</sup> /m)	Kf (kgf/m)
Pórtico	1	61000	23255813.95
	2	61000	23255813.95
	3	55000	11494252.90

Para la inclusión de los amortiguadores propuestos en una estructura y evaluar la eficacia de los mismos, es necesario formular un procedimiento de diseño. Con base en la metodología presentada por Tsai *et al.*, (1993) y a las consideraciones de diseño explicadas en Soong y Dargush (1997) se estableció el procedimiento de adaptación de los amortiguadores a una estructura, el cual puede verse en Tovar (2008).

Para la obtención de las respuestas de las estructuras con y sin amortiguadores se utilizó el programa SAP 2000 v. 11.0. (SAP 2000, 2007). Los amortiguadores se modelaron como “links” tipo “Damper”. Se realizó un análisis lineal con los acelerogramas de El Centro, Taft y Miyagi-Oki. Los acelerogramas fueron normalizados para una aceleración máxima de 0.30g. Para ver el efecto de los amortiguadores las estructuras se comparan en términos de sus derivas de entrepiso, periodos de vibración y amortiguamiento modal. La Figura 7.16 muestra la disposición adoptada para los amortiguadores, se optó por una disposición uniforme y simétrica de los dispositivos tomando en cuenta que la estructura tiene período largo y es aporticada, para lo cual esta distribución resulta ser la más conveniente.



**Figura 7.16.- Disposición adoptada para los amortiguadores.**

En la tabla 7.4 se aprecian los valores obtenidos para los periodos ( $T_n$ ) y amortiguamientos en cada modo de la estructura ( $\xi_n$ ). Se ha denotado como “Caso s/a” a la estructura sin amortiguadores y como “Caso c/a” a la estructura con amortiguadores. Nótese que los periodos de vibración disminuyen en un 30% en término medio en todos los modos. Por otro lado, los amortiguamientos modales aumentan un porcentaje importante, así se observa que en el primer modo el amortiguamiento prácticamente se duplica y en los modos subsiguientes prácticamente se triplica y cuadruplica, respectivamente.

**Tabla 7.4.- Valores obtenidos para el periodo ( $T_n$ ) y el amortiguamiento ( $\xi_n$ ) en cada modo de vibración.**

Modo	$T_n$ (seg)		$\xi_n$ (%)	
	Caso s/a	Caso c/a	Caso s/a	Caso c/a
1	1.00	0.72	5.00	9.36
2	0.36	0.25	5.00	18.13
3	0.25	0.19	5.00	20.56

Las derivas de entrepiso se aprecian en la tabla 7.5 y su correspondiente porcentaje de reducción al incluir los dispositivos en el sistema. La estructura sin amortiguadores exhibe derivas de entrepiso que oscilan entre 7 por mil y 22 por mil, situándose gran parte de ellas fuera del límite permitido por la norma. Se observa que al incluir los dispositivos las derivas experimentan una reducción importante. En el primer entrepiso se reduce entre un 44.36% y un 69.46% al analizar la respuesta para los tres sismos investigados, y en los otros casos entre un 18% y un 50%. Ya en este escenario todos los valores quedan por debajo de los límites permitidos.

Estos resultados permiten inferir que la inclusión de los amortiguadores en la estructura investigada conlleva a un beneficio importante en la misma al reducir notablemente su respuesta, conviene entonces considerar esta propuesta como una opción de futura readecuación para este tipo de sistemas.



**Tabla 7.5.- Valores obtenidos para las derivas de entrepiso (m).**

Sismo	Piso	Caso s/a	Caso c/a	%r
EL Centro	1	0.0653	0.0221	66.16
	2	0.051	0.0325	36.27
	3	0.027	0.0146	45.93
Miyagi-Oki	1	0.0406	0.0124	69.46
	2	0.0327	0.0164	49.85
	3	0.0218	0.0076	65.14
Taft	1	0.055	0.0306	44.36
	2	0.0495	0.0401	18.99
	3	0.0359	0.0169	52.92

## 7.6.- Conclusiones

Se ha desarrollado una propuesta de disipador de energía metálico que consiste en una caja metálica cerrada de dimensiones 15cmx15cmx32cm aproximadamente, construida con planchas de acero, en cuyo interior está contenida una serie de láminas metálicas de muy poco espesor, que tienen como función disipar la energía inelásticamente a través de su deformación por flexión. El dispositivo cumple con los siguientes requisitos: Disipación de energía para un rango de pequeños desplazamientos de entrepiso, haciéndolo ideal para estructuras de baja altura, fuerza desarrollada y controlada en un rango apropiado, proceso de disipación estable y predecible evaluado numérica y experimentalmente, rigidez importante en el plano de deformación para evitar efectos de torsión durante el principio de acción del dispositivo, factibilidad constructiva y dimensiones manejables, debido a su geometría simple y sencilla, fácil desmontaje y reemplazo una vez dañado, bajo costo. El modelo numérico, aplicando el método de los elementos finitos, del disipador de energía contribuye a predecir las zonas de daño del dispositivo, mostrando congruencia con el diseño conceptual del mismo. En este sentido, se obtienen deformaciones permanentes, daño y disipación de energía en las zonas previstas, por lo que el modelo analizado bajo las cargas y condiciones estudiadas se comporta satisfactoriamente.

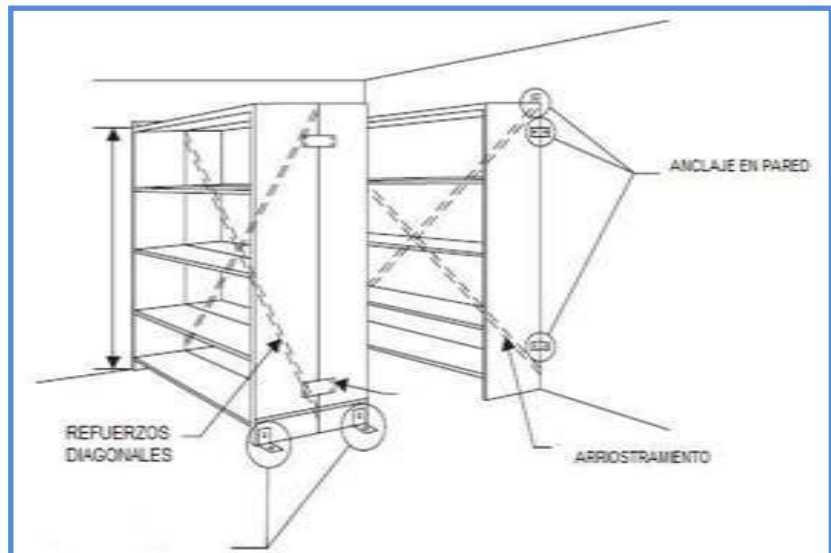
La evaluación experimental del dispositivo mostró que el comportamiento histerético del disipador es estable. Incluso, en el ensayo en el que se repitió el máximo desplazamiento cinco veces, los ciclos no sufrieron alteraciones importantes. El deslizamiento que ocurre entre las láminas y las ranuras cuando se hace efectiva la deformación por flexión y el endurecimiento del acero, tienen una influencia importante en el comportamiento del disipador. Para el total de ciclos desarrollados en cada ensayo no se registró pérdida de la capacidad de disipación de energía. El daño observado en el disipador luego de los ensayos realizados fue tal como se había previsto en el diseño conceptual. Al insertar el dispositivo propuesto en las estructuras y configuraciones investigadas se producen reducciones importantes en la respuesta del sistema.

### 7.7.- Referencias

- ANSYS v.10.0, Copyright 2005 SAS IP, Inc.
- FEMA 450 (2003). *The NEHRP Recommended Provisions for New Buildings and Other Structures*. Building Seismic Safety Council-National Institute of Building Sciences, Washington D.C.
- SAP 2000 Advanced 11.0.0, Structural Analysis Program, Copyright 1976-2007, Computer and Structure, Inc.
- Skinner R., Kelly J., and Heine A. (1975), “Hysteretic dampers for earthquake-resistant structures”, *Earthquake Eng. Struct. Dyn.* Vol. **3**(3), 287-296.
- Soong T.T and Dargush G. F. (1997), “*Passive Energy Dissipation System in Structural Engineering*”, John Wiley and Sons. Ltd., London (UK) and New York (USA).
- Sosa M. y Taboada A. (2007), “*Evaluación del riesgo sísmico en edificaciones escolares tipo cajetón cerrado*”, Trabajo especial de grado, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Tovar C. (2008), “*Utilización de Disipadores de Energía en Edificaciones de Baja Altura*”. Tesis Doctoral. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Tsai, K-C, H-W Chen, C-P Hong and Y-F Su (1993), “Design of steel triangular plate energy absorbers for seismic-resistant construction”, *Earthquake Spectra*, vol. **9**(3), 505-528.

## Capítulo 8

# *Manual para la Reducción del Riesgo Sísmico generado por los Elementos No Estructurales*



## Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela

Informe Técnico

Responsable: Oscar A. López (IMME–FI-UCV)

## **8.- MANUAL PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO GENERADO POR LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**

### **8.1.- Participantes**

- Prof. Ricardo Bonilla.
- Br. Carlos Espluga.

### **8.2.- Manual**

El documento que se presenta a continuación contiene la versión preliminar del Manual para la Reducción del Riesgo Sísmico Generado por los Elementos No Estructurales en Edificaciones Escolares Venezolanas.

#### **8.2.1.- Introducción**

El objetivo de este manual es identificar las fuentes de daño a las personas, los bienes o al funcionamiento en las edificaciones escolares, ocasionados por los elementos no estructurales una vez afectados por acciones sísmicas y proponer acciones para reducir el riesgo.

El fin principal es preservar la vida y reducir las heridas o lesiones que pueden generar los elementos no estructurales durante un evento sísmico, sin embargo, estas medidas adicionalmente ayudaran a reducir los daños a los bienes, facilitarán la evacuación de las estructuras seriamente afectadas y beneficiarán el funcionamiento post-sísmico de estas instalaciones.

Los daños a las personas pueden ser generados directamente por el desprendimiento de objetos, muebles, mampostería o indirectamente por los derrames, incendios, cortos circuitos que se produzcan como consecuencia de un sismo.

Este manual esta dirigido a los responsables de administrar las edificaciones escolares, la mayoría de las recomendaciones podrán ser atendidas por ellos sin mayor orientación profesional, mientras que otras deberán ser implementadas con la asistencia de un profesional.

#### **8.2.2.- Conceptos**

A continuación se presentan algunos conceptos que permitirán una mejor comprensión de este manual a sus usuarios, así como a estar más informado sobre el tema.

- Elementos estructurales y no estructurales

Una edificación ubicada en zona sísmica debe contar con una estructura capaz de resistir las fuerzas promedio generadas por un sismo, estas partes de la estructura son las columnas, las vigas, los muros estructurales, los arriostramientos diagonales, las fundaciones, los pilotes y cualquier otro dispositivo especialmente diseñado para reducir las fuerzas en estos elementos estructurales. En las edificaciones adicionalmente están presentes una infinidad de elementos y contenidos que pueden interactuar con el sistema estructural o que simplemente pueden ser afectados por las aceleraciones generadas por un sismo, estos elementos llamados no estructurales pueden ser: Cielo raso, mampostería, ventanas, equipos de oficina, muebles, equipos de ventilación y acondicionamiento de aire,

maquinarias, productos almacenados, bombonas de gas, entre otros. Normalmente el comportamiento sísmico de los elementos no estructurales no es considerado por los ingenieros en el diseño y ejecución de un edificio, razón por la cual aun cuando el comportamiento estructural de un edificio sea satisfactorio, los elementos no estructurales pueden generar daños a sus ocupantes, a los que circulan por sus alrededores, a los bienes contenidos y a los que se encuentren en las cercanías de la edificación.

- Tipos de daños que pueden generar los elementos no estructurales:

Los daños pueden ser clasificados como sigue:

*a) Daños personales*

Heridas, lesiones y hasta la muerte de los ocupantes o los transeúntes próximos al edificio ocasionados por los elementos no estructurales durante un sismo. Dentro de este daño podemos incluir las dificultades de evacuación de un edificio que puede resultar como consecuencia de los daños en los elementos no estructurales ocasionados por un sismo.

*b) Daños a la propiedad*

En muchas estructuras los componentes, mecánicos, eléctricos y arquitectónicos son más costosos que la estructura principal, de modo que los daños a la propiedad suelen ser costosos. Los daños a la propiedad pueden ser directos, aquellos que resultan de reponer los elementos no estructurales a su estado original, e indirectos, todos aquellos costos y trabajos que son necesario para restituir la información que se pueda perder.

*c) Pérdida de funcionalidad*

Adicional a los daños personales y a la propiedad, también la estructura puede perder su operatividad después del sismo. En el caso de las escuelas esto es importante no solo por el importante papel que éstas desempeñan en la sociedad, sino por el uso como estructura de emergencia para atención médica o para damnificados que se suele dar a estas edificaciones.

- Causas del daño en los elementos no estructurales

Los sismos pueden generar sobre los elementos no estructurales:

*a) Fuerzas inerciales*

Cuando actúa un movimiento sísmico mueve una estructura su base se desplaza y acelera, mientras que el resto de la estructura experimenta fuerzas inerciales. Estas fuerzas inerciales afectaran tanto a la estructura, como a los elementos no estructurales y serán más grande en la medida en que la masa sea mayor o si la aceleración se incrementa. La fuerza inercial sobre los elementos no estructurales puede hacer que estos oscilen, se deslicen, volteen o golpeen entre si. Entre los elementos sensibles a estas fuerzas podemos mencionar: Cielo raso, estantes, equipos de oficina, muebles, maquinarias, productos almacenados, entre otros.

*b) Distorsión interna del edificio*

Como respuestas a las fuerzas inerciales la estructura del edificio se deforma, la distorsión entre la altura de un piso se llama deriva y puede ser responsable de los daños a los elementos no estructurales que se encuentren conectados entre dos pisos consecutivos tales como: Paredes, ventanas, tuberías, entre otros.

*c) Distorsión entre juntas del edificio*

Una junta es una separación que se planifica entre dos edificios que están próximos pero que son distintos en cuanto a su comportamiento sísmico. La junta permite que las estructuras se comporten de manera independiente. Todos los elementos no estructurales que pasen de un edificio a otro a través de esta junta pueden sufrir daños, estos pueden ser, tuberías, mampostería, ventanas, entre otros.

8.2.3.- Como Usar Este Manual

Los componentes no estructurales contenidos en este manual están clasificados en 3 secciones:

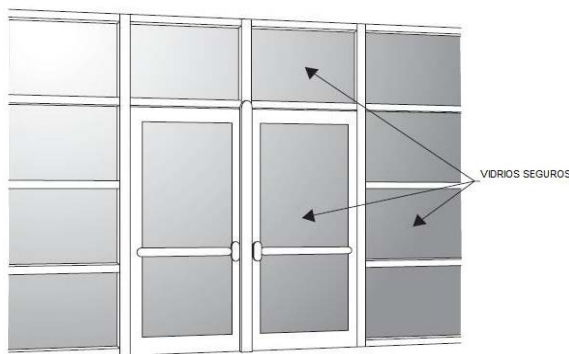
- Arquitectónicos
- Mobiliario y Equipos
- Instalaciones para Edificios

Dentro de cada sección se encuentra una hoja de información de cada uno de los elementos no estructurales de edificaciones escolares venezolanas. Cada hoja de información ofrece:

- Una descripción de una situación potencialmente peligrosa.
- Recomendaciones para reducir el riesgo.

*a) Arquitectónico*

- Ventanas: La mayoría de las ventanas que se encuentran en estas edificaciones son del tipo pivotantes o de romanilla, estas por lo general no poseen vidrios de seguridad haciendo que éstas representen un peligro a las personas que se encuentran cerca durante un sismo.



**PELIGROS:**  
LAS VENTANAS PODRIAN ROMPERSE ANTE UN SISMO Y PODRIA OCASIONAR LESIONES A LOS OCUPANTES O A QUIENES CIRCULEN EN LAS CERCANÍAS.

**RECOMENDACIONES:**  
PARA VENTANAS EN NIVELES SUPERIORES COLOCAR UNA MALLA METALICA QUE IMPIDA LA CAIDA DE LOS VIDRIOS. COLOCAR LOS VIDRIOS DE SEGURIDAD EN FACHADA COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA.

**Figura 8.1.- Ventanas**



- Puertas: Son elementos de una o dos hojas fijadas a un marco mediante bisagras, estos elementos por ser puntos de entradas y salidas de un área. Representan un riesgo ante un sismo ya que pueden atascarse obstaculizando o impidiendo la salida de sus ocupantes.

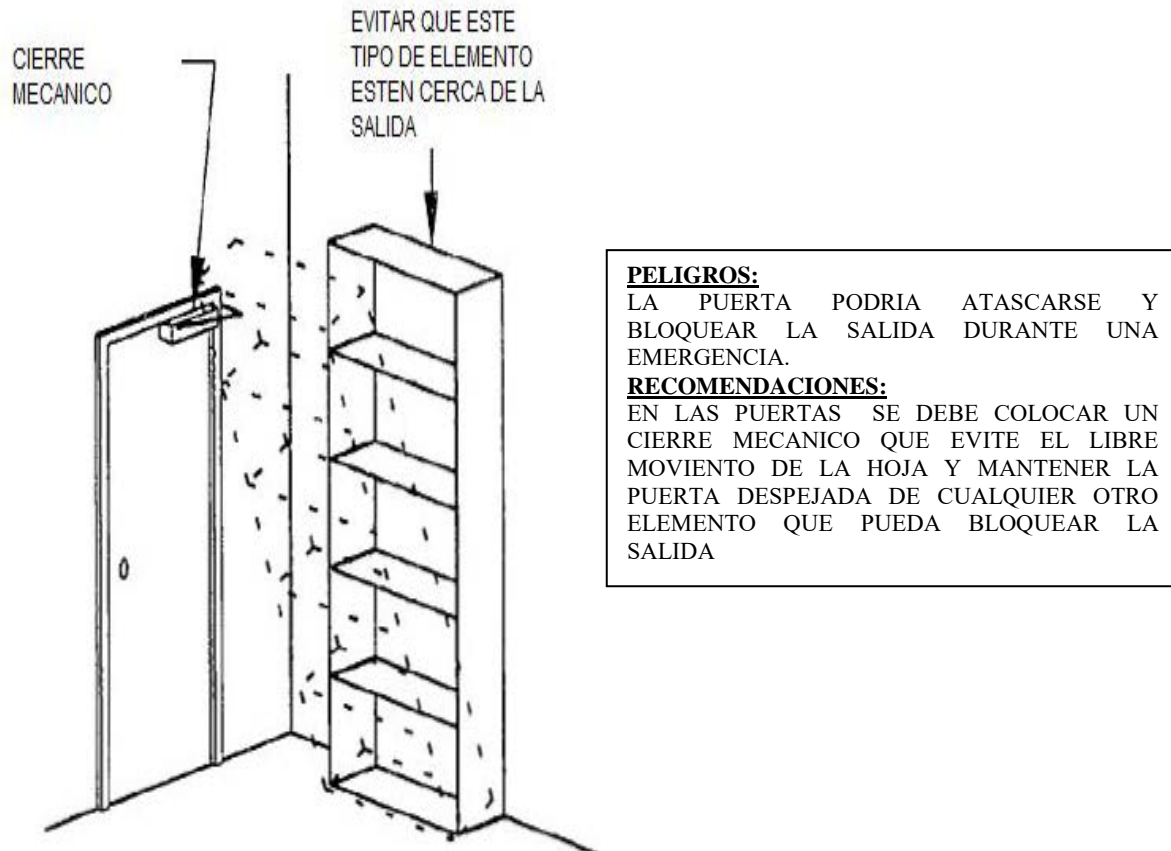
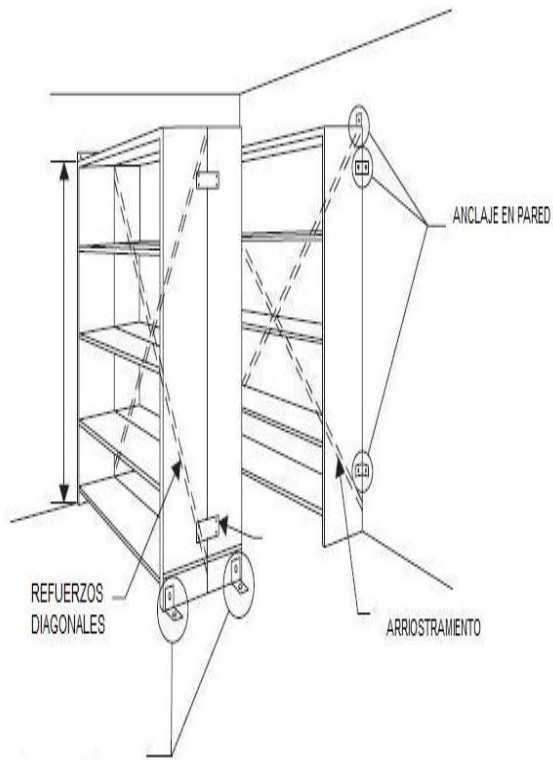


Figura 8.2.- Puertas

- Paredes: Las paredes pueden estar adosadas o no a la estructura. En ambos casos, estas pueden desplazarse o volcarse total o parcialmente ante un sismo. Esta falla representa un peligro para los ocupantes y para los transeúntes externos. Adicionalmente la tabiquería que falla puede obstaculizar la evacuación del edificio.

*b) Mobiliarios y Equipos*

- Estantes y Archivadores: Son elementos que normalmente se encuentran ubicados en algún ambiente y éste al no estar sujeto a la pared puede presentar un peligro por impacto a personas cerca del área u obstaculizar la salida de los ocupantes.



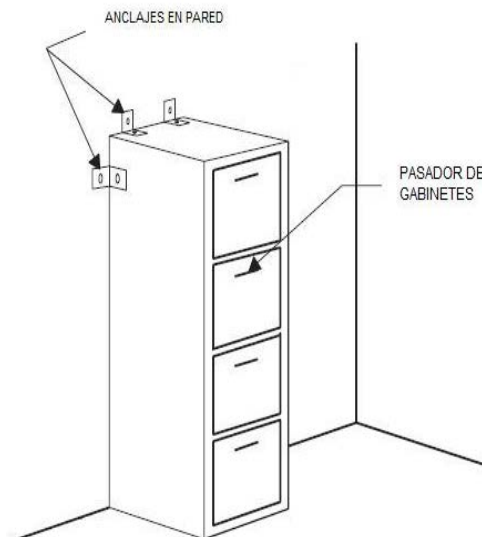
**PELIGRO:**

-SI LOS ESTANTES NO ESTAN FIJADOS PODRIAN DESPLAZARSE Y VOLCAR CON LA POSIBILIDAD DE LESIONAR AQUELLOS OCUPANTES QUE ESTEN CERCA Y/O BLOQUEAR LA SALIDA MAS CERCANA.

**RECOMENDACIONES:**

-ANCLAR LOS ESTANTES Y SIMILARES TANTO EN LA PARED COMO EN EL PISO PARA EVITAR DESPLAZAMIENTO Y VOLCAMIENTO.  
 -UTILIZAR REFUERZOS DIAGONALES PARA EVITAR DEFORMACIONES.  
 -LOCALIZAR LOS ELEMENTOS MAS PESADOS EN LOS NIVELES INFERIORES

**Figura 8.3.- Estantes**



**PELIGROS:**

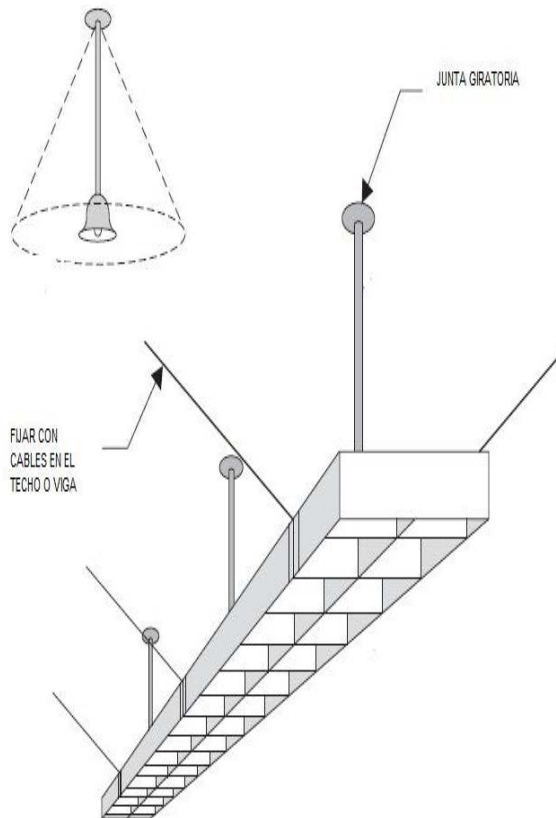
-LAS CABINAS QUE NO POSEAN ANCLAJES PODRIAN VOLCARSE DURANTE UN SISMO.  
 -SI LOS GABINETES NO SE ASEGURAN TAMBIEN PUEDEN ABRIRSE Y CAER.

**RECOMENDACIONES:**

-EL ARCHIVADOR DEBE ANCLARSE EN LA PARED USANDO UNAS LAMINAS DE ACERO Y PERNOS.  
 -LOS GABINETES DEBEN TENER UN SEGURO.  
 -COLOCAR LOS CONTENIDOS MÁS PESADOS EN NIVELES INFERIORES  
 -UBICAR LOS ARCHIVADORES LEJOS DE LAS SALIDAS Y PASILLOS PRINCIPALES  
 -MANTENER SIEMPRE LOS GABINETES CERRADOS Y CON SEGURO.

**Figura 8.4.- Archivadores**

- Lámparas y Ventiladores: Pueden ser elementos de techo o de pared. Debe asegurarse que estén bien anclados, sin embargo se recomienda utilizar ventiladores y lámparas de pared porque tienen un área de impacto menor al de techo.



**PELIGROS:**

LAS LAMPARAS QUE ESTAN SUSPENDIDAS PODRIAN CAERSE ANTE UN SISMO Y OCASIONAR CORTOCIRCUITOS E INICIARSE UN INCENDIO

SI SE ENCUENTRAN CERCA DE OTROS ELEMENTOS CON EL VAIVEN PODRIAN DAÑAR OTROS ELEMENTOS QUE ESTEN CERCA

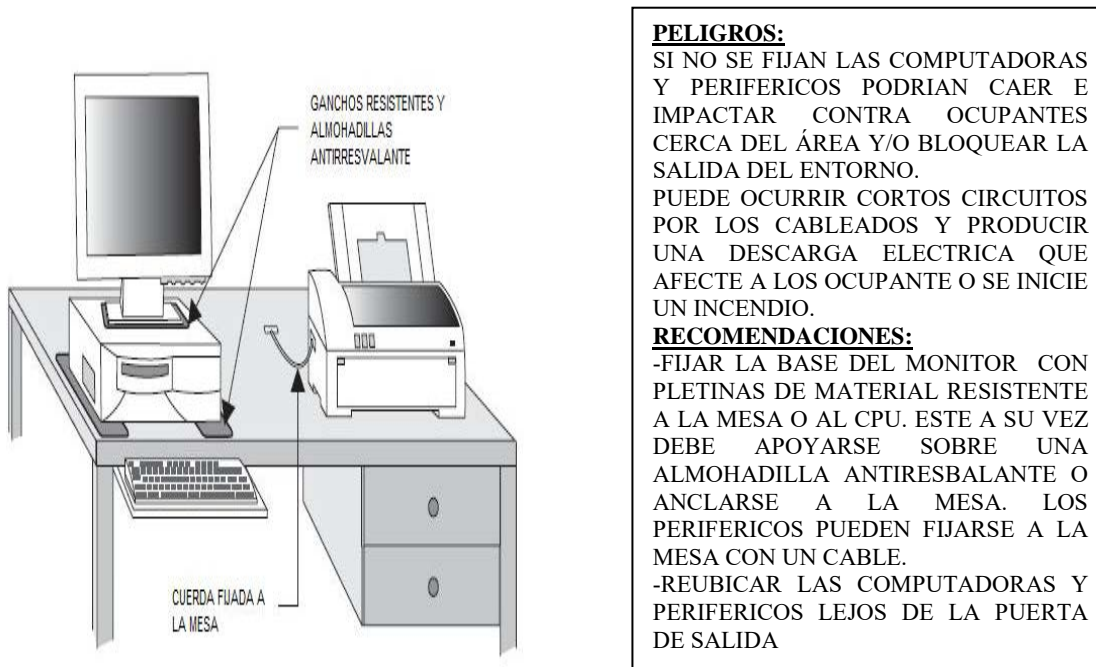
**RECOMENDACIONES:**

-SE DEBEN ADICIONAR CABLES QUE SE FIJEN LONGITUDINAL Y TRANSVERSALMENTE AL ELEMENTO Y SE ANCLAN EN EL TECHO

-PARA EL CASO DE UNA LAMPARA SIMPLE EN SUSPENSION SE DEBE DEJAR ESPACIO ENTRE OTROS ELEMENTOS QUE LO RODEEN DE MANERA QUE NO EXISTAN CONTACTO U OBSTRUCCION EN CUALQUIER DIRECCION

**Figura 8.5.- Lámparas y Ventiladores**

- Aires Acondicionados: estos pueden ser sistemas compactos o en partición donde el evaporador y condensador están separados, si no están bien anclados al techo o pared pueden representar un riesgo para los ocupantes en caso de sismo.
- Equipos de Computación: Estos elementos se encuentran simplemente apoyados sobre mesas por lo que podrían desplazarse, caerse y ocasionar daño a los ocupantes durante un sismo, deben fijarse con paños adherentes entre mesa y elemento o fijarlas a la pared mediante una cuerda en la base de éstos.

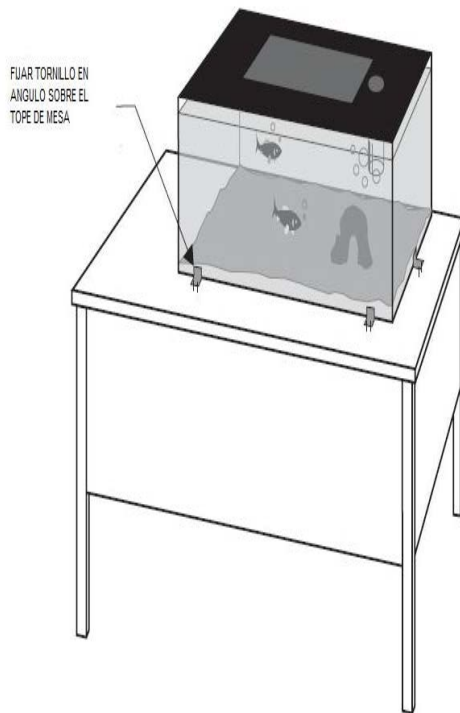


**PELIGROS:**  
 SI NO SE FIJAN LAS COMPUTADORAS Y PERIFERICOS PODRIAN CAER E IMPACTAR CONTRA OCUPANTES CERCA DEL ÁREA Y/O BLOQUEAR LA SALIDA DEL ENTORNO.  
 PUEDE OCURRIR CORTOS CIRCUITOS POR LOS CABLEADOS Y PRODUCIR UNA DESCARGA ELECTRICA QUE AFECTE A LOS OCUPANTE O SE INICIE UN INCENDIO.

**RECOMENDACIONES:**  
 -FIJAR LA BASE DEL MONITOR CON PLETINAS DE MATERIAL RESISTENTE A LA MESA O AL CPU. ESTE A SU VEZ DEBE APOYARSE SOBRE UNA ALMOHADILLA ANTIRRESBALANTE O ANCLARSE A LA MESA. LOS PERIFERICOS PUEDEN FIJARSE A LA MESA CON UN CABLE.  
 -REUBICAR LAS COMPUTADORAS Y PERIFERICOS LEJOS DE LA PUERTA DE SALIDA

**Figura 8.6.- Equipos de Computación**

- **Obras de Arte:** Son muy frecuentes en todas las edificaciones escolares del país. El peso y la altura determinan el grado de vulnerabilidad que pueden presentar por desplazamiento o volcamiento.
- **Peceras:** En su mayoría se apoyan libremente sobre una mesa sin ningún tipo de anclaje que impida el desplazamiento y volcamiento por lo que lo hace vulnerable y riesgoso para los ocupantes durante un sismo.



**PELIGROS:**

LAS PECERAS SIMPLEMENTE APOYADAS SOBRE LA MESA PODRIAN DESPLAZARSE Y CAERSE ANTE UN MOVIMIENTO SISMICO LO CUAL PODRIA IMPACTAR SOBRE LOS OCUPANTES QUE ESTEN CERCA, BLOQUEAR LA SALIDA E INNUNNDAR LA ZONA AFECTADA.

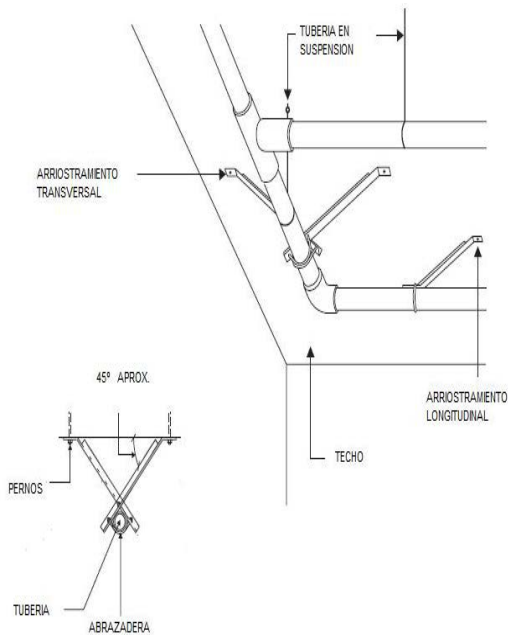
**RECOMENDACIONES:**

-FIJAR LA PECERA MEDIANTE UN ANGULO Y TORNILLOS A LA MESA EN CAD ESQUINA DE LA PECERA  
-UBICAR LAS PECERAS LEJOS DE LAS SALIDAS DEL SITIO

**Figura 8.7.- Peceraz**

*d) Instalaciones para Edificios*

- Tuberías: En general pueden ser tuberías de electricidad, gas o agua. Pueden ubicarse por encima de los cielos rasos y suspendidos desde el techo o piso. La posibilidad de poder moverse horizontalmente lo hace vulnerable ante un eventual sismo.
- De Gas: Las instalaciones de gas en este caso la bombona que distribuye el fluido debe estar ubicado en un sitio seguro y alejado de los ocupantes del edificio, a lo largo de la red deberían estar instalados sensores que detecten fuga de gas y cerrar el paso del mismo.
- Contra Incendios: Los dispositivos contra incendio si no están bien fijados pueden ser vulnerables ante un eventual sismo y podrían fallar para su uso en un posible incendio



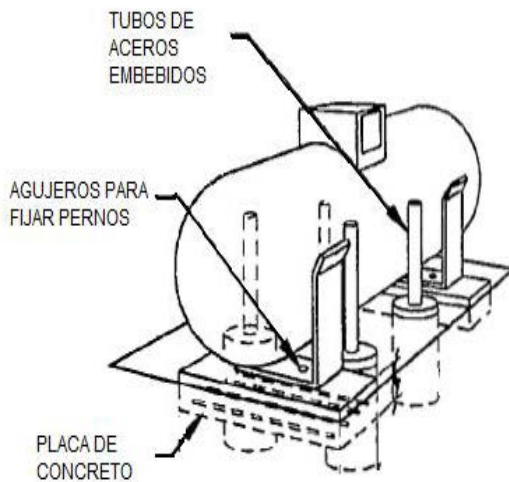
**PELIGRO:**

-TUBERIAS SIMPLEMENTE SUSPENDIDAS PODRIAN FALLAR E IMPACTAR CON LOS OCUPANTES DE LA EDIFICACION.

**RECOMENDACIONES:**

- ASEGURAR LAS TUBERIAS CON ELEMENTOS DIAGONALES (45° RESPECTO AL TECHO) EN EL EJE LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL DE LA MISMA
- EL DISEÑO DE ESTOS ELEMENTOS DEBE ESTAR DETERMINADO POR UN INGENIERO ESTRUCTURAL
- UTILIZAR UNA ABRAZADERA ADECUADA PARA LA TUBERIA DONDE SE FIJAN ESTOS ELEMENTOS AL TUBO

**Figura 8.8.- Tuberías**



**PELIGROS:**

LOS TANQUES DE GAS APOYADOS SOBRE SU BASE PODRIAN EXPANDERSE Y CONTRAERSE DURANTE UN SISMO

**RECOMENDACIONES:**

- HACER UNA LOSA EN TIERRA DE CONCRETO ARMADO Y FIJAR PLANCHAS SOBRE LA PLACA CON PERNOS ASI COMO EMPOTRAR TUBOS DE ACERO EMBEBIDOS EN CONCRETO AMBOS BORDEANDO EL CONTORNO DEL TANQUE.
- COLOCAR DISPOSITIVOS QUE DETECTEN FUGA DE GAS EN LAS TUBERIAS QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LA EDIFICACION PARA QUE AUTOMATICAMENTE SE CIERRE LA LLAVE DE PASO

**Figura 8.9.- Instalaciones de Gas**



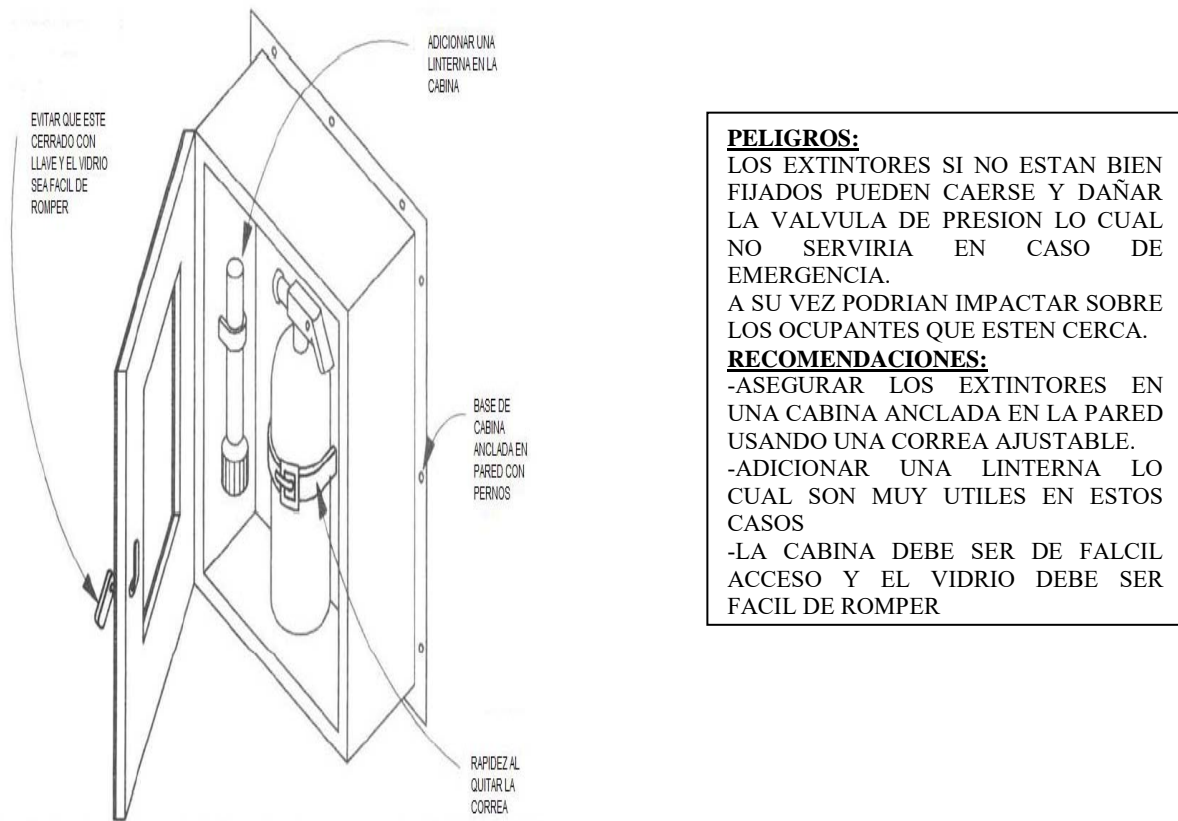


Figura 8.10.- Instalaciones Contra Incendios

### 8.3.- Referencias

- FEMA (1994). *Reducing the Risk of Nonstructural Earthquake Damage*. Libro en línea Consultado el 20 mayo de 2008 en: <http://www.fema.gov/plan/prevent/earthquake/pdf/fema-74-reducing-1.pdf>
- López, O., Hernández, J., Del Re, G. y Puig, J. (2004). *Reducción del Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela*. Boletín Técnico IMME. Vol. 42. N°3 P.33-56
- Safina Melone, Salvador (2003). *Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones Esenciales* [Libro en línea]. Consultado el 21 mayo de 2008 en: <http://www.tesisenxarxa.net/tesis-upc/available/tdx-0225103-164824//13capitulo4.pdf>
- Comisión Ad-Hoc, FUNVISIS, 2001. *Edificaciones Sismoresistentes*. Norma COVENIN 1756-2001, FONDONORMA, Caracas, 232 págs.
- Bule S., Wadih R. (2008). *Incidencia de Los Elementos No Estructurales Sobre la Vulnerabilidad Sísmica en las Edificaciones Escolares*. Trabajo Especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

# Capítulo 9

## *Proyectos de Refuerzo de Edificios Escolares*



## Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela

Informe Técnico

Responsable: Oscar A. López (IMME–FI-UCV)



**Nota:** En la versión impresa de este Capítulo 9, solamente se presenta el Resumen Ejecutivo y algunos planos del refuerzo estructural de cada uno de los 10 edificios escolares a los cuales se les desarrolló un proyecto de refuerzo sismorresistente. Los informes detallados y todos los planos se presentan en la versión digital de este informe.

## **9.1.-PROYECTO DE EVALUACIÓN Y ADECUACIÓN SISMORRESISTENTE DE LA UEN DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO**

### **RESUMEN EJECUTIVO**

El proyecto consiste en el desarrollo de la ingeniería estructural básica y de detalle correspondiente al refuerzo de la U.E.N. Domingo Faustino Sarmiento, ubicada en Maripérez, Municipio Libertador en el Distrito Capital. Esta escuela es del tipo Cajetón.

El refuerzo consiste en una estructura de concreto armado que se anexará a la estructura ya existente de la escuela para mejorar el comportamiento sismorresistente de la misma y evitar así un colapso durante un evento sísmico de grandes magnitudes.

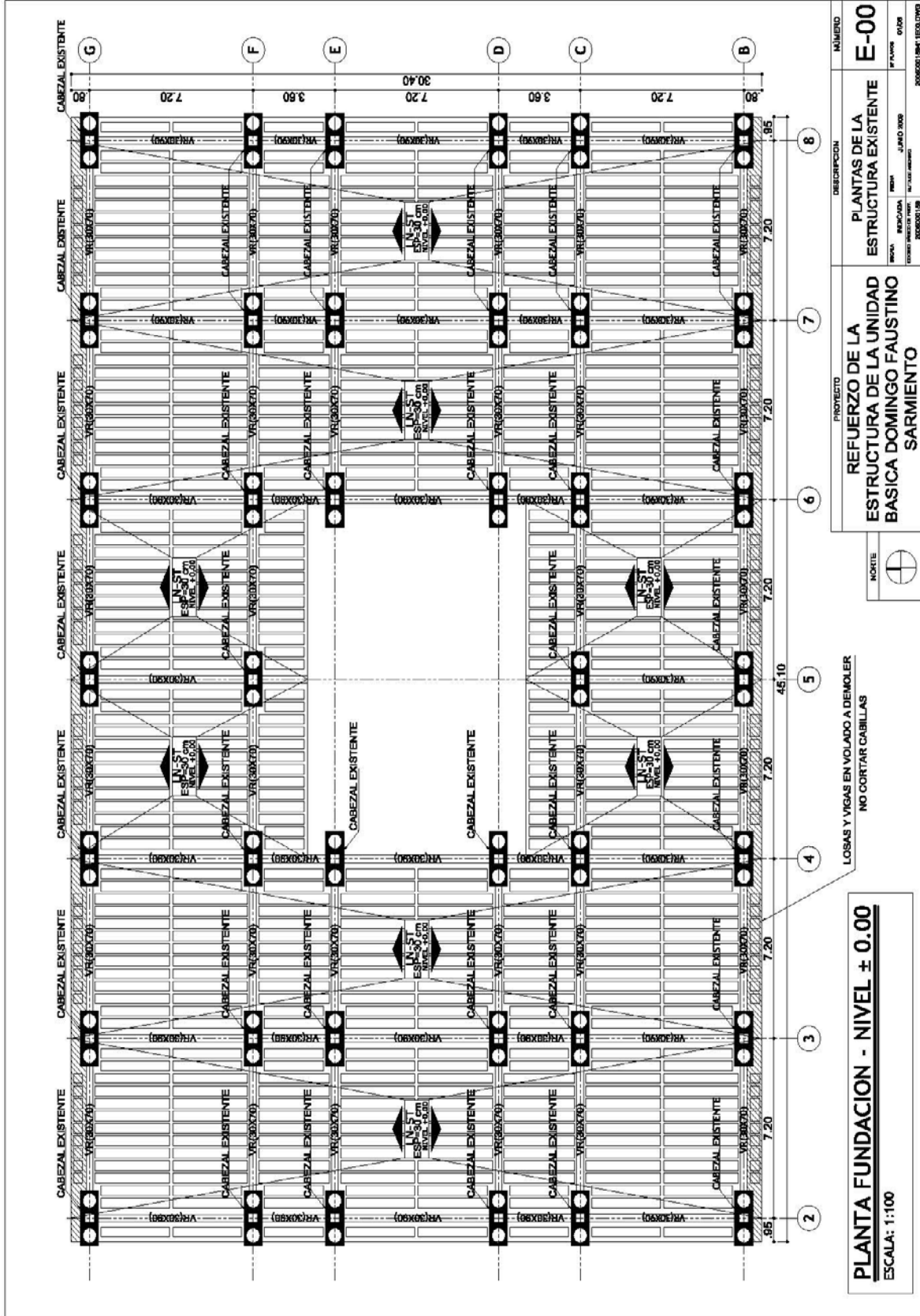
El análisis estructural se ejecuta de acuerdo a los datos recolectados en campo y de acuerdo al uso, cargas y arquitectura de la edificación, según la zonificación sísmica del lugar (Zona 5). Se utilizó un espectro normativo adecuado al estudio de suelo realizado.

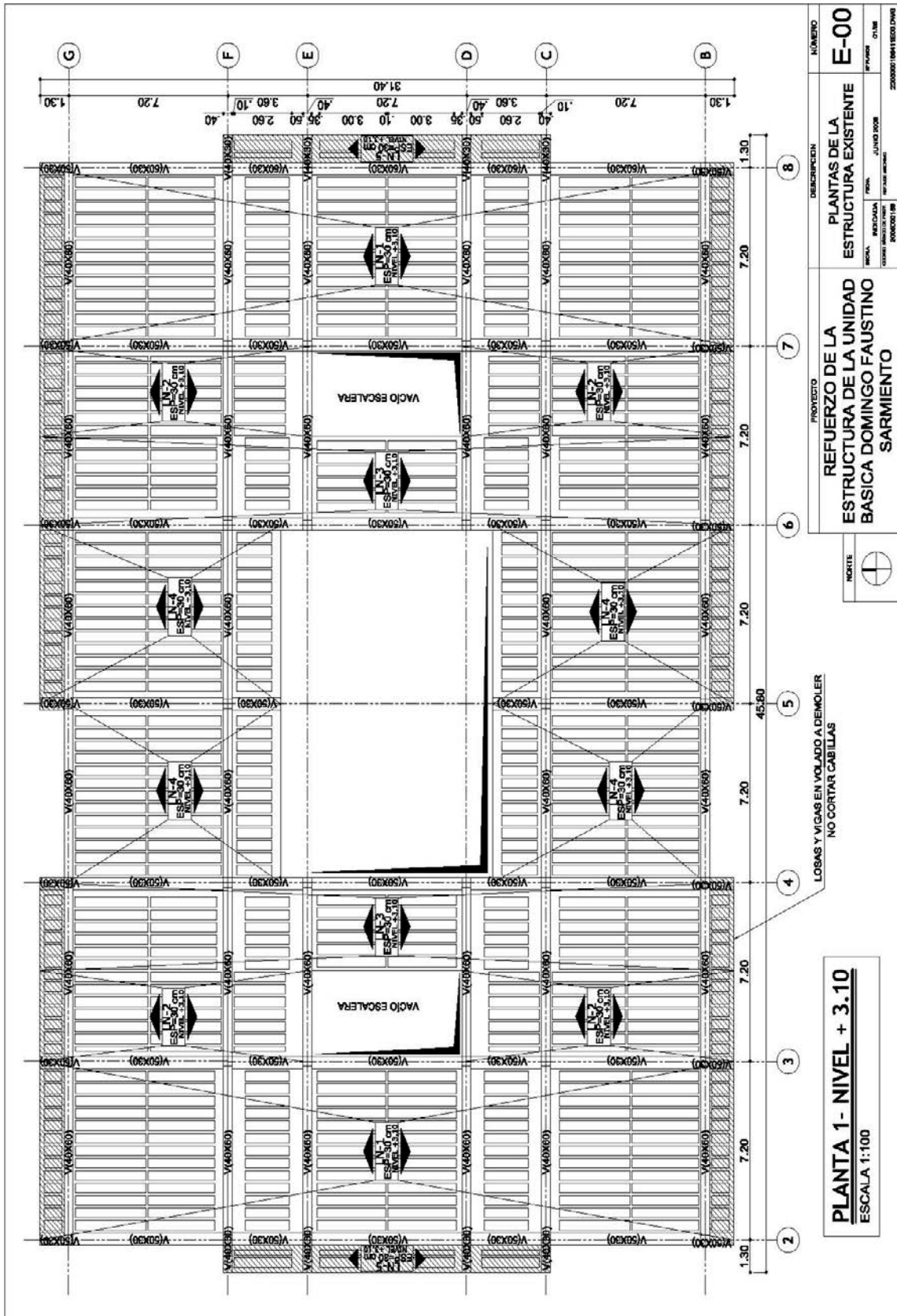
El análisis y diseño de la estructura se realizó a través de los programas SAP2000 y ETABS, para el análisis y diseño de pórticos planos ortogonales sometidos a cargas verticales (de gravedad) y horizontales (sísmicas). Para el detallado de vigas se utilizó el software HRT-CBDS. Para el diseño de los cabezales se utilizó el software IP3.

Para el cálculo estructural se idealizó cada pórtico como un modelo matemático lineal, la solución del mismo está basada en el método de los desplazamientos en su formulación matricial tomando en cuenta las deformaciones por flexión y fuerza axial en columnas y deformaciones por flexión en vigas. Se considera la rigidez infinita en los extremos de vigas. El diseño de las vigas y columnas se basó en la teoría de los estados límites (Teoría de Rotura) siguiendo las Normas Covenin-Mindur 1753-87, la repartición sísmica se efectuó por el método de las rigideces en su formulación matricial, suponiendo las placas como diafragmas rígidos siguiendo las Normas Covenin-Mindur (Provisional) 1756-2001.

Los resultados obtenidos fueron revisados y analizados, luego se procedió a la realización de los detalles y la elaboración de los planos de estructura donde se detallan las plantas estructurales, dimensiones de los elementos, conexiones, armados, notas etc.

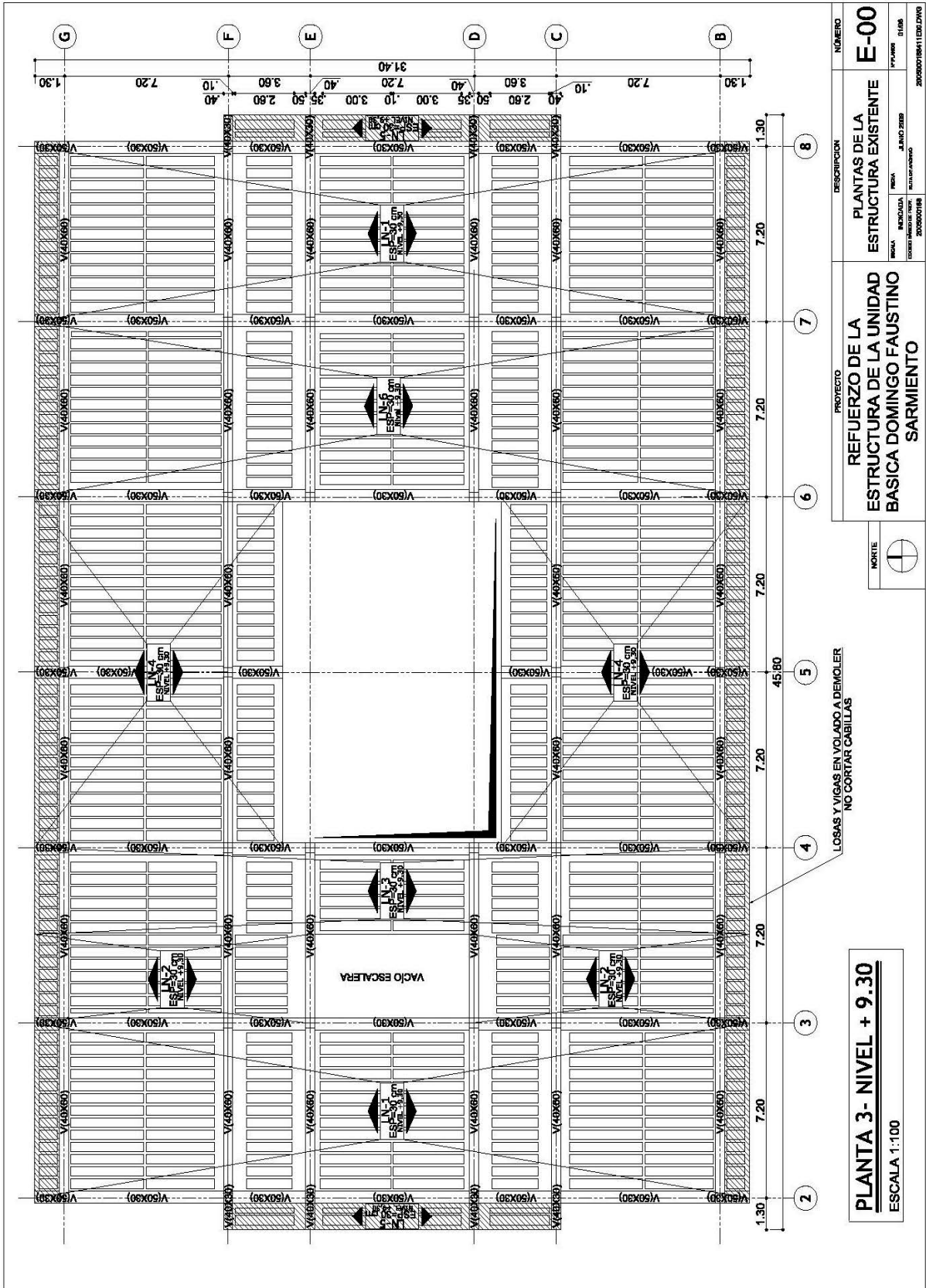
Ing. Esteban Tenreiro  
Ingeniero Civil  
C.I.V. 65.199








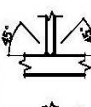





NOTAS
<p><b>NOTAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ESTOS PLANOS SE LEERAN EN CONJUNTO CON LOS PLANOS DE ARQUITECTURA E INSTALACIONES.</li> <li>• EL INGENIERO RESIDENTE VERIFICARA EN OBRA QUE EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES ARMADOS SEGUN UN CORTE TRANSVERSAL SE CUMPLAN LAS LONGITUDES DE SOLAPE Y ANCLAJE NORMATIVO PARA LOS DIFERENTES DIAMETROS DE ACERO UTILIZADO.</li> <li>• CUALQUIER CAMBIO O DISCREPANCIA SERA PREVIAMENTE CONSULTADO CON LOS PROYECTISTAS.</li> <li>• EL INGENIERO RESIDENTE VERIFICARA EN OBRA QUE SE CUMPLAN TODAS LAS EXIGENCIAS DEL ESTUDIO DE SUELO EN CUANTO A LOS DRENAJES DE AGUAS DE LLUVIA Y LAS RECOMENDACIONES EN EL SISTEMA DE AGUAS BLANCAS Y NEGRAS.</li> <li>• EL INGENIERO RESIDENTE VERIFICARA EN OBRA QUE EN LA COTA DE ASIENTO DE LAS FUNDACIONES LA RESISTENCIA DEL SUELO SEA MAYOR O IGUAL A LOS ESPECIFICADO EN EL ESTUDIO DE SUELOS.</li> <li>• LOS MACIZADOS SE EJECUTARAN SEGUN LO INDICADO EN LOS CORTES TRANSVERSALES DE LAS LOSAS. EL MACIZADO SE PUEDE SUSTITUIR COLOCANDO GANCHO DE CABILLA Ø1/2"X15CM EN CADA NERVO A LO LARGO DE LAS ZONAS INDICADAS CON MACIZADOS.</li> </ul>

NOTAS GENERALES
<p><b>PROTOCOLO DE CONSTRUCCION SUGERIDO:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. REUBICACION DE TANQUILLAS DE AGUAS Y ELECTRICAS EXISTENTES EN EL PERIMETRO DE CONSTRUCCION.</li> <li>2. DEMOLICION Y REUBICACION DEL COMERDOR EXISTENTE (COCINA), ANEXO A LA EDIFICACION.</li> <li>3. DEMOLICION DE PARASOLES DE TRINCOTE EXISTENTES EN EL PERIMETRO DE CADA NIVEL.</li> <li>4. DEMOLICION DE LOSA NERVADA PERIMETRAL (EN VOLADO) Y VIGAS EN VOLADO, EN TODOS LOS NIVELES SIN CORTAR EL ACERO DE REFUERZO.</li> <li>5. REPLANTO Y CONSTRUCCION DE MICROPILOTOS DE L=12.00m ARMADOS CON IPN 120.</li> <li>6. EXCAVACION Y DESCABEZAMIENTO DE LOS MICROPILOTOS.</li> <li>7. CONSTRUCCION DE CABEZALES Y VIGAS DE RIOSTRA.</li> <li>8. CONSTRUCCION POR NIVEL DE MUROS DE REFUERZO JUNTO CON VIGA DE REFUERZO PERIMETRAL, EN LAS ZONAS DONDE NO HAY ACERO DE LA LOSA ORIGINAL, SE CONSTRUIRA CON PLANCHAS DE CONEXION Y PERNOS DE ANCLAJE SEGUN DETALLE.</li> <li>9. RECONSTRUCCION DE PARASOLES DE TRINCOTES SIMILARES A LOS DEMOLIDOS ANTERIORMENTE.</li> </ol>

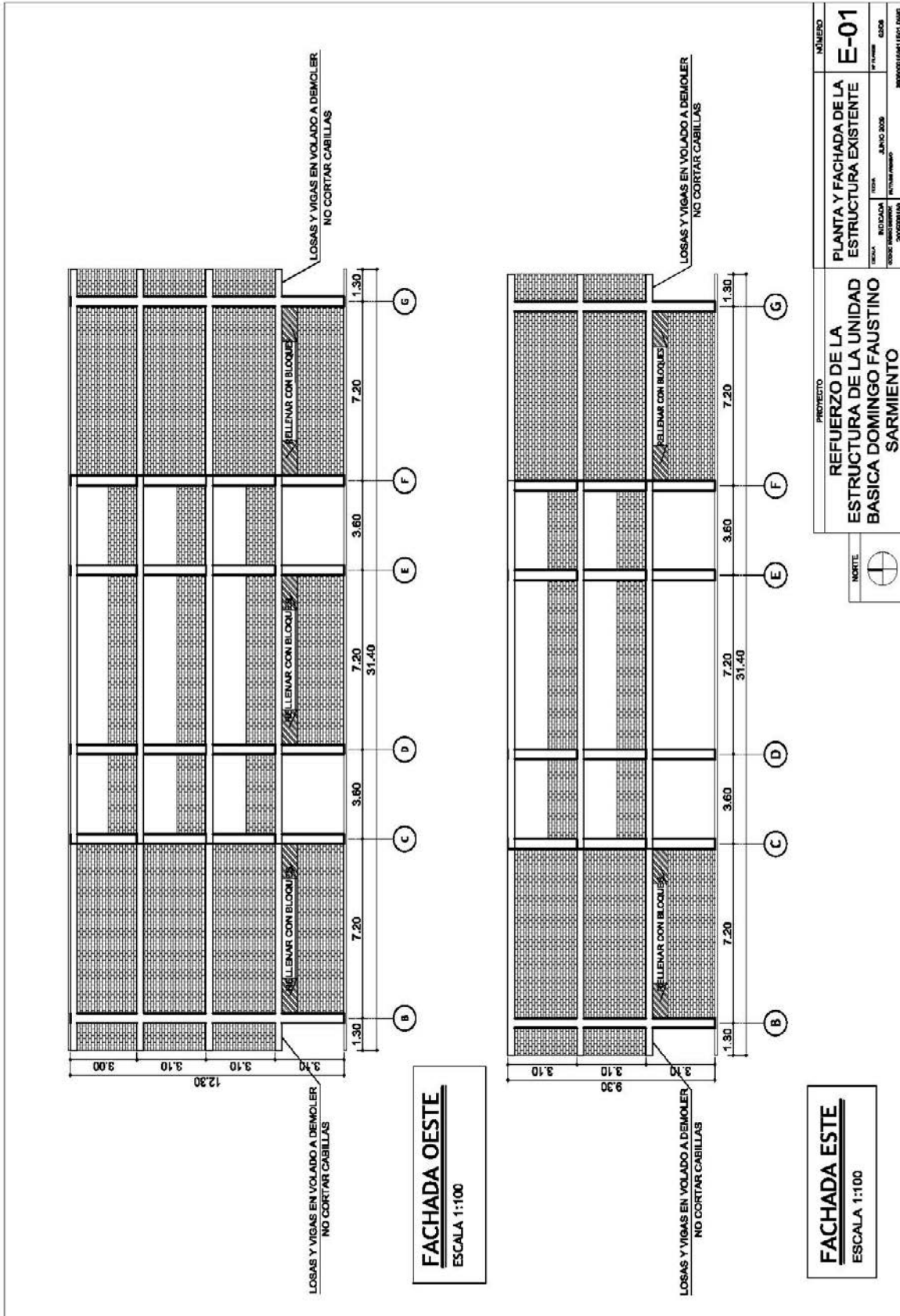
<p><b>ESTEBAN TENREIRO</b> INGENIERO ESTRUCTURAL PROYECTOR: REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA U.E. DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO 01/06</p> <p>COLABORADOR: ING. ARIUAN TABARDA CIV:184-476</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">REVISIONES Y MODIFICACIONES</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%;">N°</th> <th style="width: 50%;">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p>ING. ESTEBAN TENREIRO CIV: 65.199 CENTRO INTEGRAL SANTA ROSA DE UIMA, PRIO 1, OREANA TOL. SANTA ROSA DE UIMA - CABAGUAS, VENEZUELA - 912444 - <a href="mailto:proyector@tenreiro.com">proyector@tenreiro.com</a></p>	REVISIONES Y MODIFICACIONES		N°	FECHA						
REVISIONES Y MODIFICACIONES										
N°	FECHA									

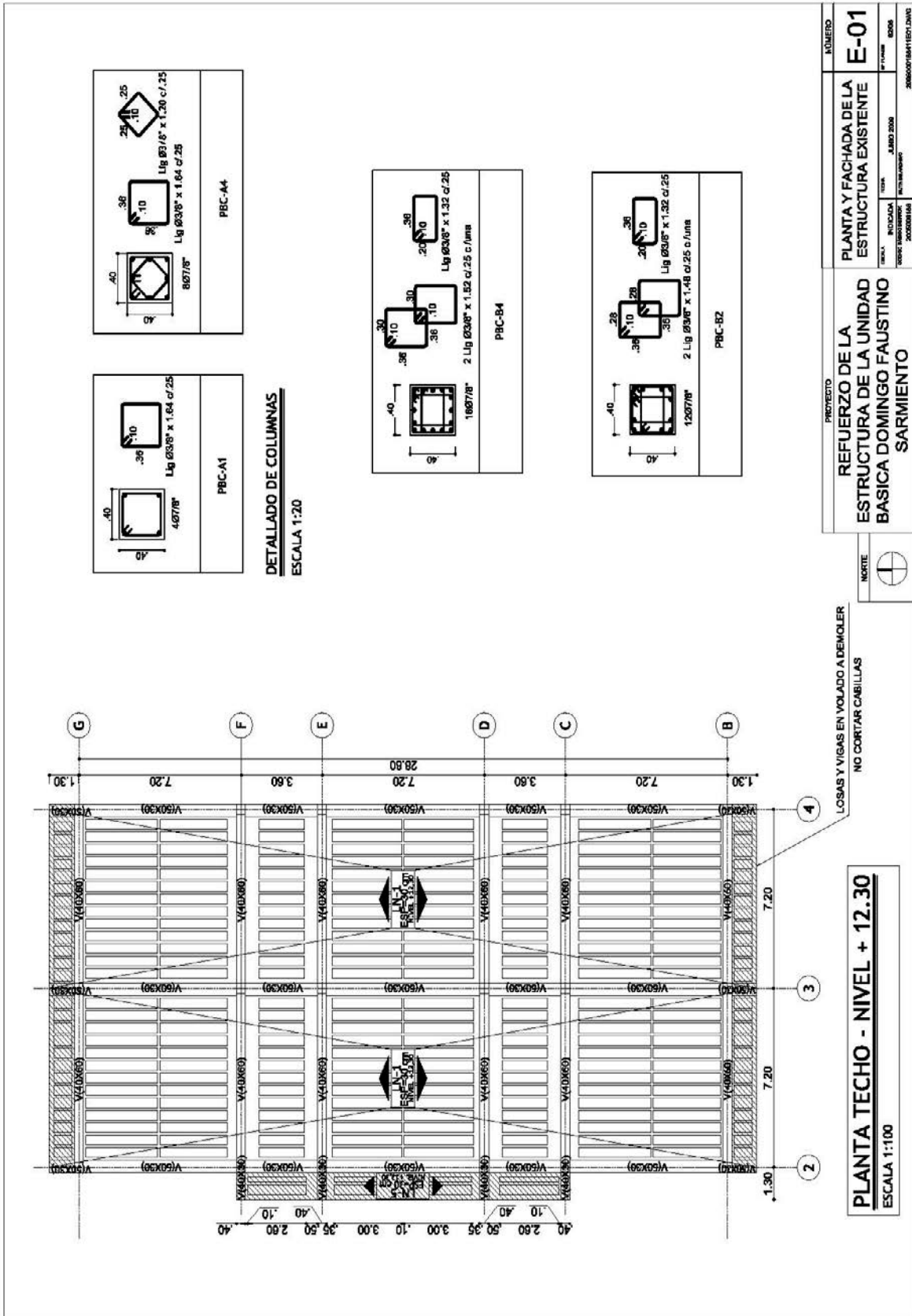
MATERIALES							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">RESISTENCIA DE MATERIALES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CONCRETO <math>f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2</math></td> </tr> <tr> <td>ACERO DE REFUERZO <math>f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2</math></td> </tr> <tr> <td>PERNOS A-305</td> </tr> <tr> <td>PLANCHAS ASTM-36</td> </tr> <tr> <td>ELECTRODOS E 7018</td> </tr> <tr> <td>PERFILES IPN <math>f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2</math></td> </tr> </tbody> </table>	RESISTENCIA DE MATERIALES	CONCRETO $f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$	ACERO DE REFUERZO $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$	PERNOS A-305	PLANCHAS ASTM-36	ELECTRODOS E 7018	PERFILES IPN $f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$
RESISTENCIA DE MATERIALES							
CONCRETO $f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$							
ACERO DE REFUERZO $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$							
PERNOS A-305							
PLANCHAS ASTM-36							
ELECTRODOS E 7018							
PERFILES IPN $f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">DETALLE DE EJECUCION DE SOLDADURAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LA SOLDADURA A TOPE SE REALIZARA PREVIA APLICACION DE UN ESQUEMA DE SOLDADURA EN ESQUEMAS ADJUNTOS. LA SOLDADURA DE FILETES SE EJECUTARA CON LOS ESPESORES DE GARGANTA (g) SEGUN LAS INDICACIONES DE LOS PLANOS DE TALLER.</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	DETALLE DE EJECUCION DE SOLDADURAS	LA SOLDADURA A TOPE SE REALIZARA PREVIA APLICACION DE UN ESQUEMA DE SOLDADURA EN ESQUEMAS ADJUNTOS. LA SOLDADURA DE FILETES SE EJECUTARA CON LOS ESPESORES DE GARGANTA (g) SEGUN LAS INDICACIONES DE LOS PLANOS DE TALLER.					
DETALLE DE EJECUCION DE SOLDADURAS							
LA SOLDADURA A TOPE SE REALIZARA PREVIA APLICACION DE UN ESQUEMA DE SOLDADURA EN ESQUEMAS ADJUNTOS. LA SOLDADURA DE FILETES SE EJECUTARA CON LOS ESPESORES DE GARGANTA (g) SEGUN LAS INDICACIONES DE LOS PLANOS DE TALLER.							

PROYECTO	DESCRIPCION	NUMERO
REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BASICA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO	PLANTAS DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE	E-00
NORTE	INDICADA COMO MODIFICACION DE PROYECTO	E-00
	FECHA: JUNIO 2008	20080618B411882.DWG









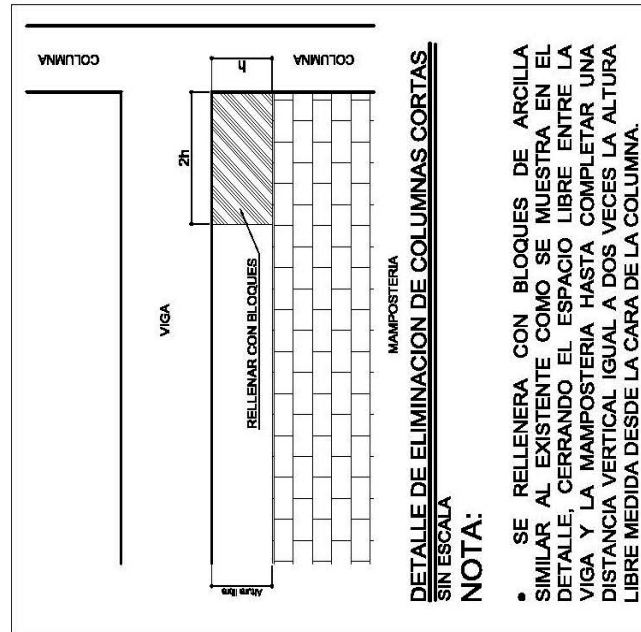
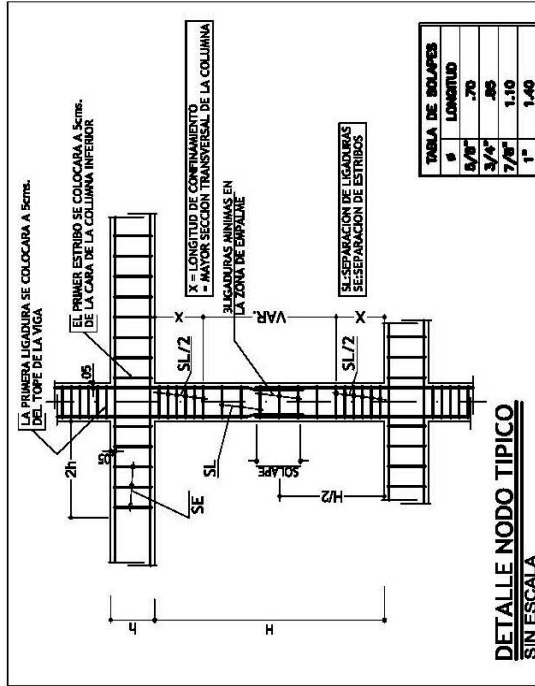


**T A B L A D E C O L U M N A S**

EJES	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	C-1	C-2	C-3	C-5	C-6	C-7
NIVELES	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	C-1	C-2	C-3	C-5	C-6	C-7
N3	C1	C1	C1	-	-	-	-	C1	C1	C1	-	-	-	-	C1	C1	C1	-	-	-
N2	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C2	C2	C1	C1
N1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C2	C2	C1	C1
PB	C2	C2	C2	C2	C1	C1	C1	C2	C4	C4	C4	C3	C3	C1	C2	C3	C3	C2	C2	C1

**T A B L A D E C O L U M N A S**

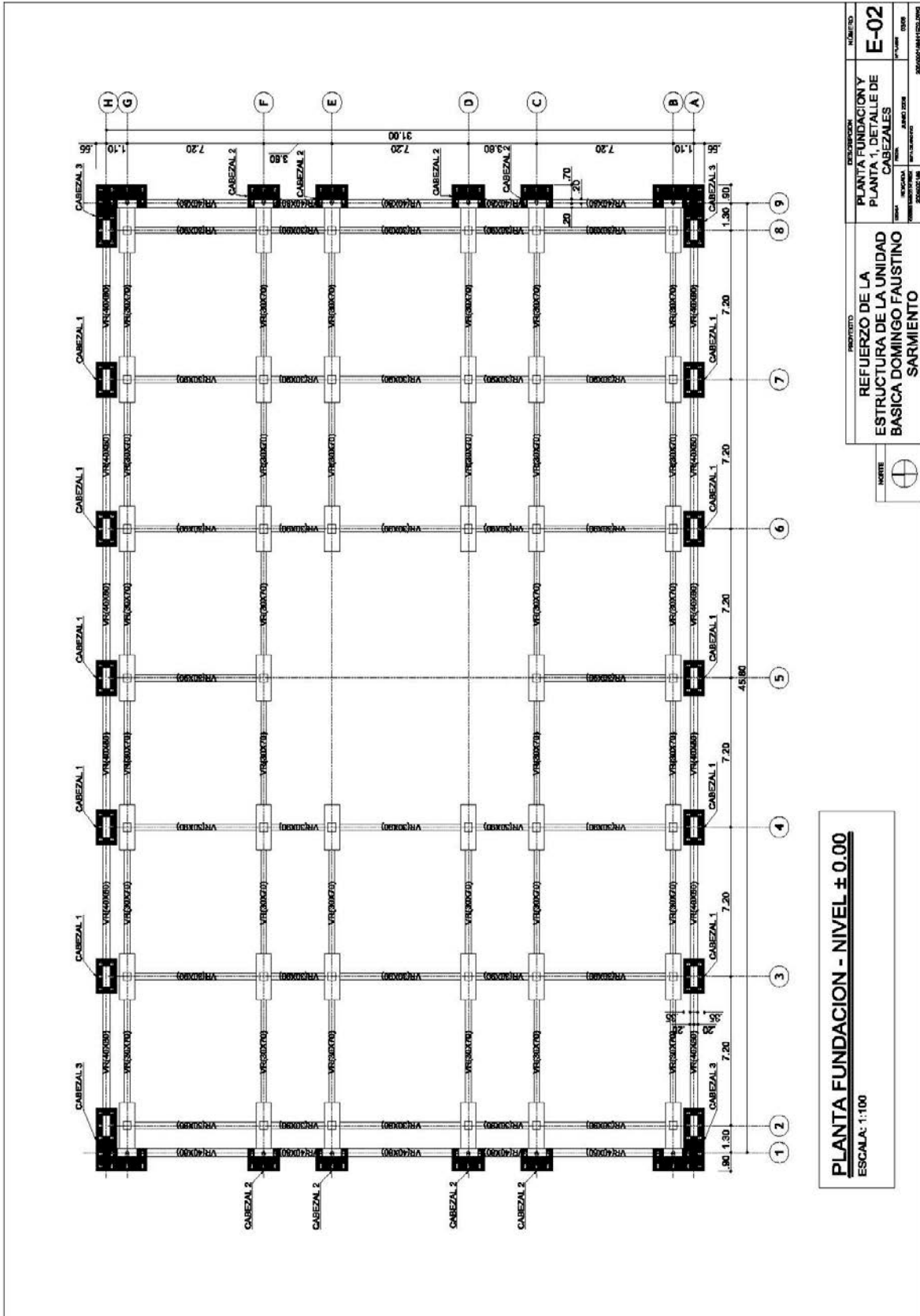
EJES	D-1	D-2	D-3	D-5	D-6	D-7	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7
NIVELES	D-1	D-2	D-3	D-5	D-6	D-7	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7
N3	C1	C1	C1	-	-	-	C1	C1	C1	-	-	-	-	C1	C1	C1	-	-	-	-
N2	C1	C1	C2	C2	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1
N1	C1	C1	C2	C2	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1
PB	C2	C3	C3	C2	C2	C1	C2	C4	C4	C4	C3	C3	C1	C2	C2	C2	C2	C1	C1	C1



**DETALLE DE ELIMINACION DE COLUMNAS CORTAS SIN ESCALA**  
**NOTA:**

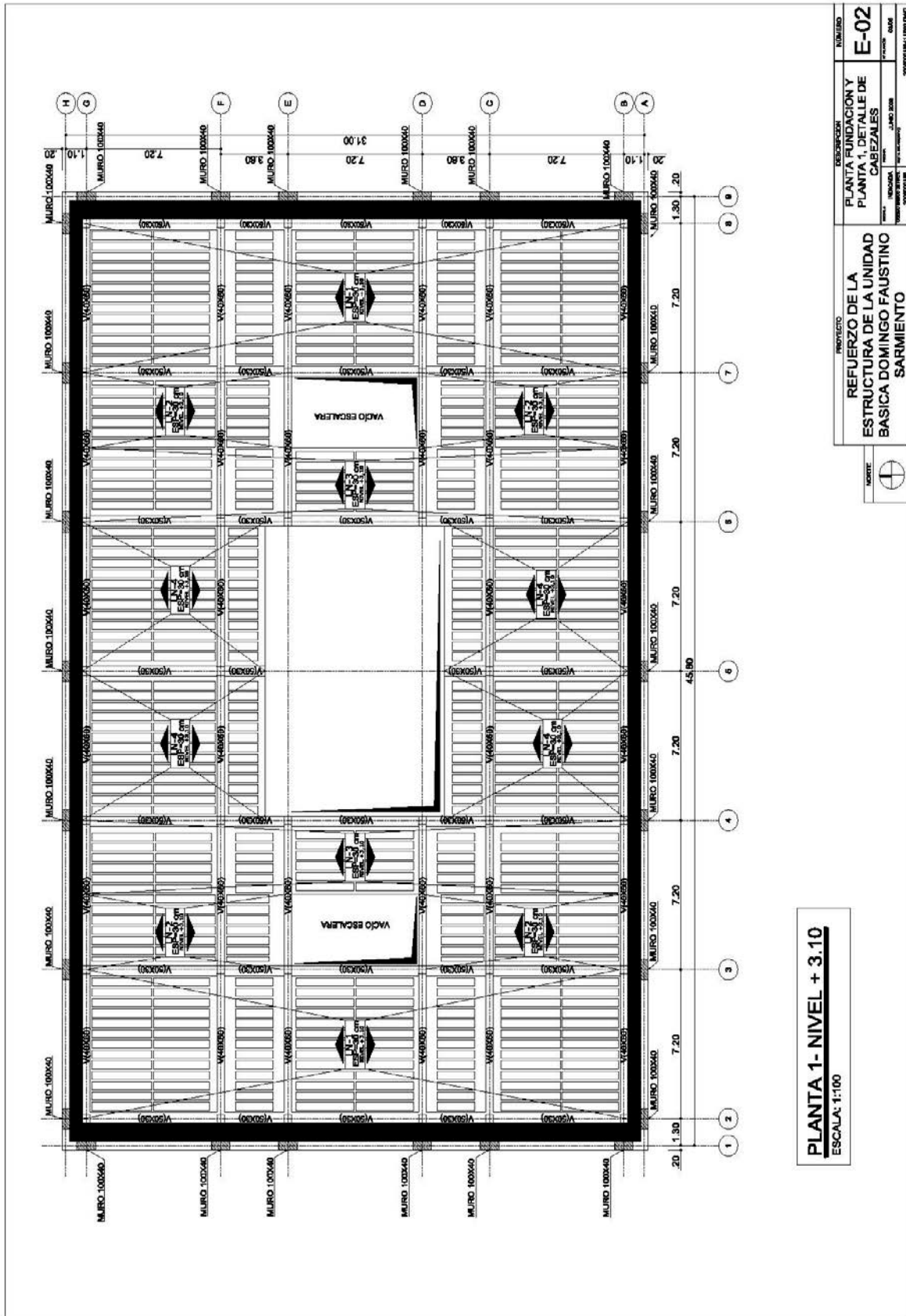
- SE RELLENERA CON BLOQUES DE ARCILLA SIMILAR AL EXISTENTE COMO SE MUESTRA EN EL DETALLE, CERRANDO EL ESPACIO LIBRE ENTRE LA VIGA Y LA MAMPOSTERIA HASTA COMPLETAR UNA DISTANCIA VERTICAL IGUAL A DOS VECES LA ALTURA LIBRE MEDIDA DESDE LA CARA DE LA COLUMNA.

PROYECTO	REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BASICA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO	NÚMERO	E-01
INDICADA	INDICADA	FECHA	28 JUNIO 2020
COMO INSTRUMENTO	COMO INSTRUMENTO	PROYECTISTA	2020030188-1 (E) (C) (D) (W) (S)
INDICADA	INDICADA	PROYECTISTA	2020030188-1 (E) (C) (D) (W) (S)



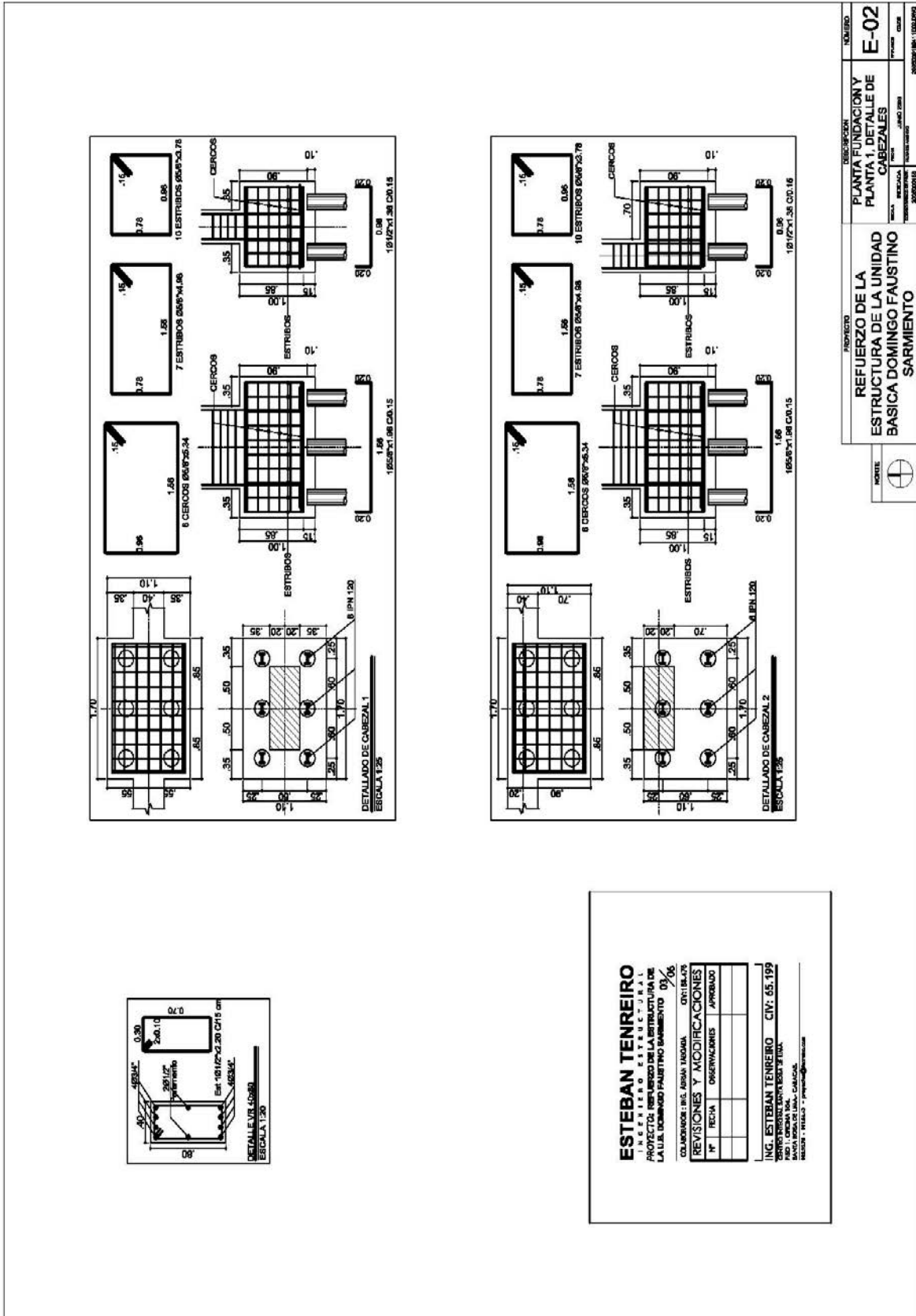
**PLANTA FUNDACION - NIVEL ± 0.00**  
 ESCALA: 1:100

PROYECTO		DESCRIPCION		NUMERO	
REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BASICA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO		PLANTA FUNDACION Y CABEZALES		E-02	
FECHA	REVISADO POR	FECHA	REVISADO POR	FECHA	REVISADO POR
AUTOR		DISEÑADOR		REVISOR	

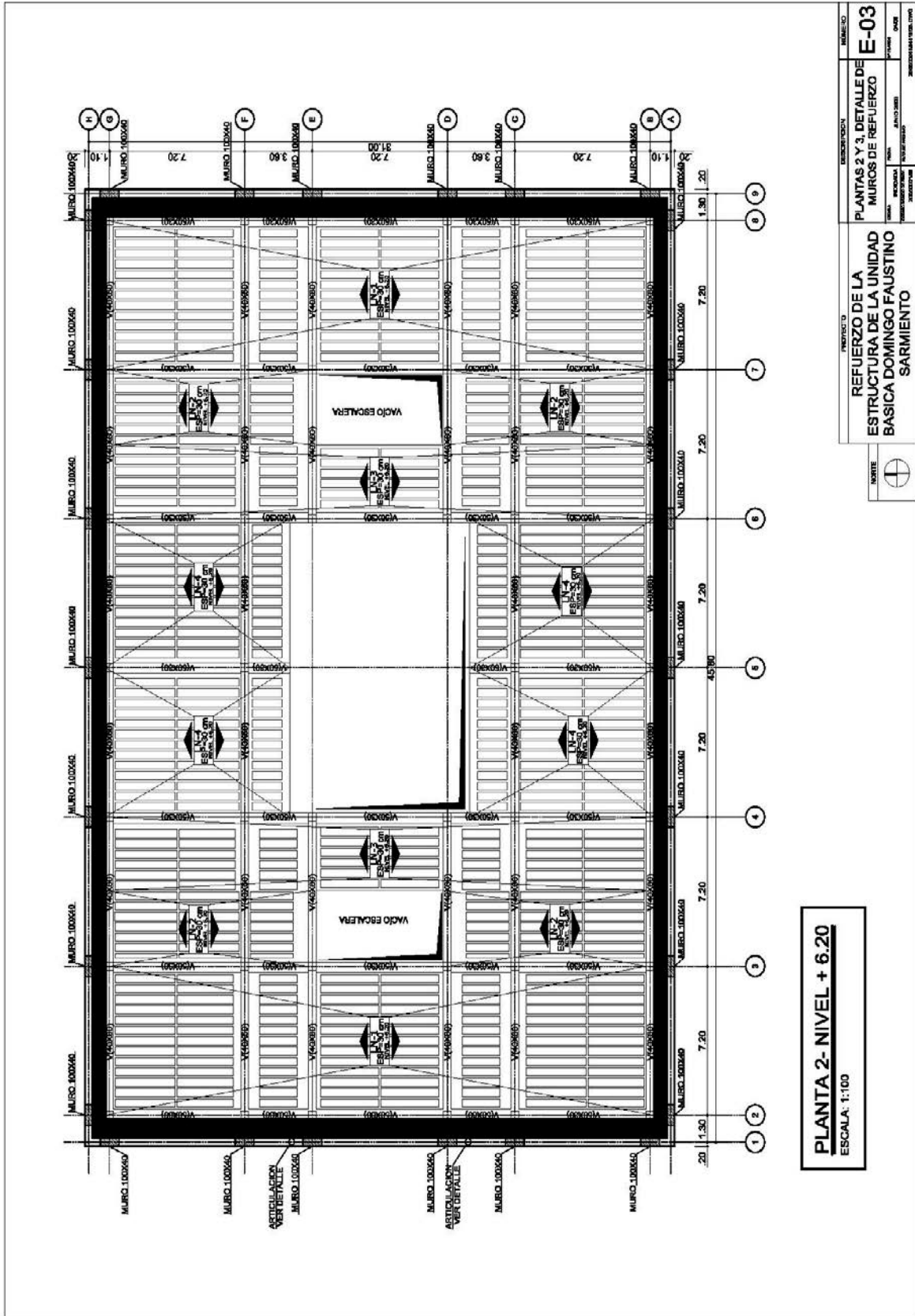


**PLANTA 1- NIVEL + 3.10**  
ESCALA: 1:100

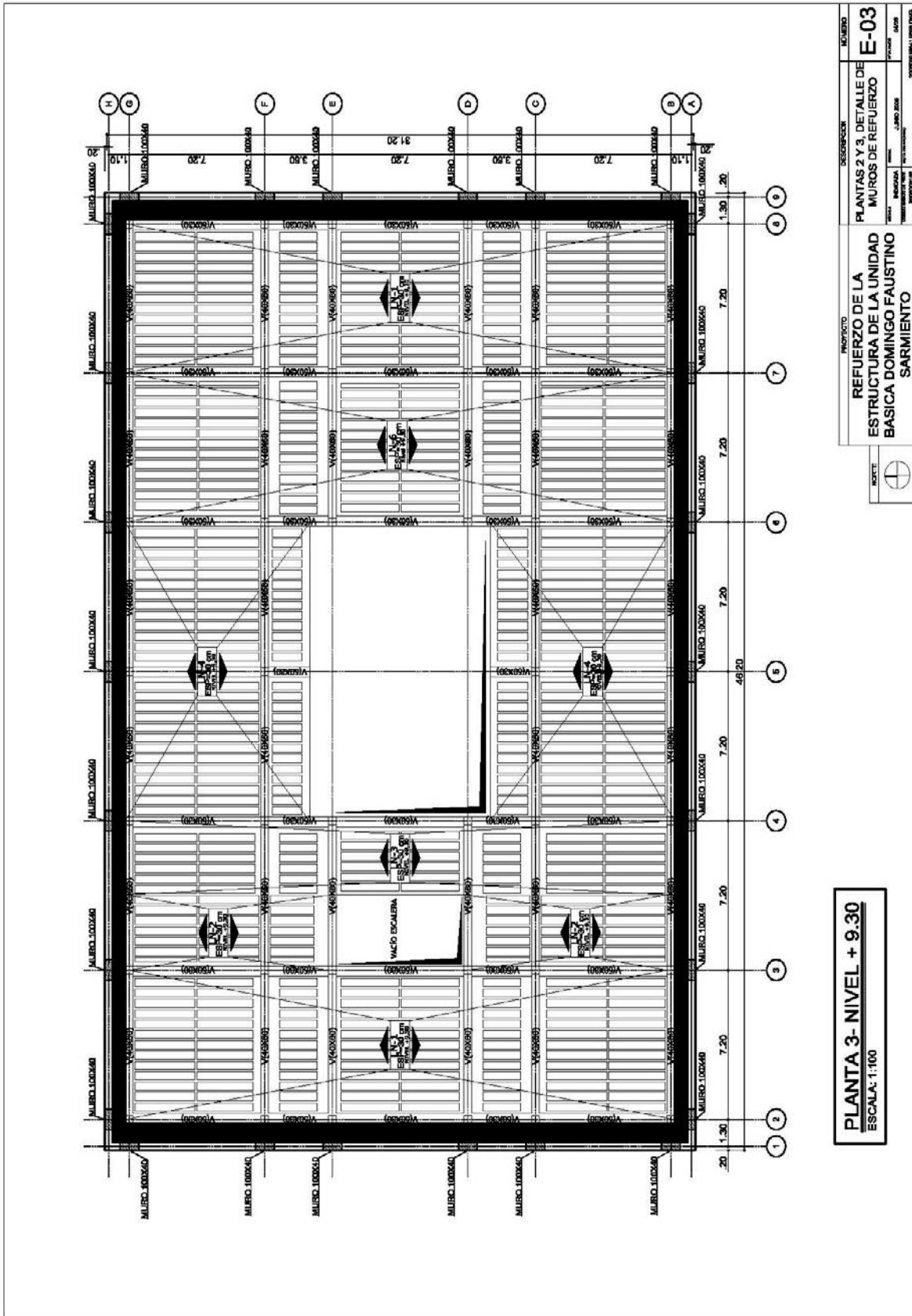
<b>PROYECTO</b>	REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BASICA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO	<b>NUMERO</b>	E-02
<b>DESCRIPCION</b>	PLANTA FUNDACION Y PLANTA 1, DETALLE DE CABEZALES	<b>FECHA</b>	2005000188
<b>INDICADA</b>	INDICADA	<b>PROYECTADO</b>	2005000188
<b>REVISADO</b>	REVISADO	<b>APROBADO</b>	2005000188







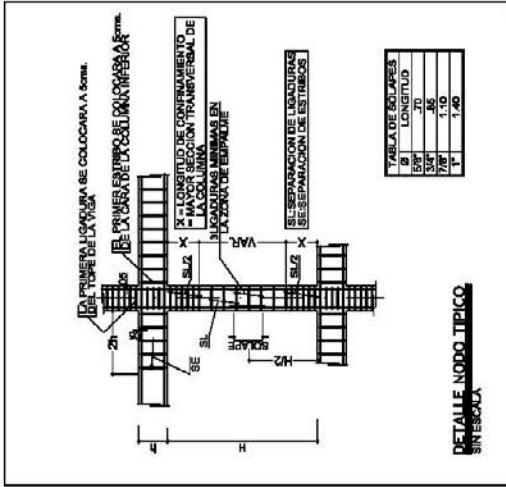
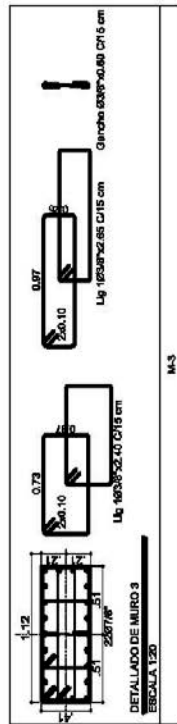
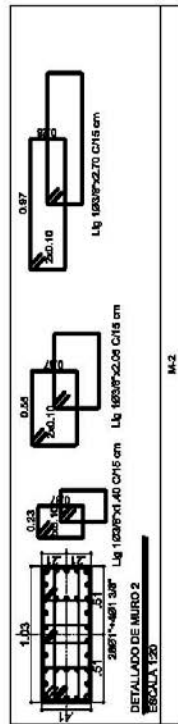
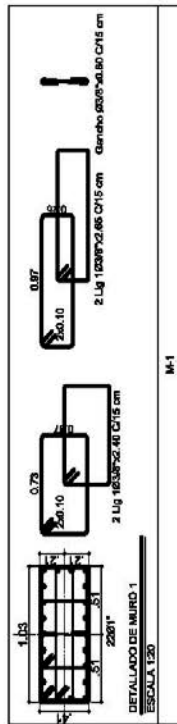




**PLANTA 3- NIVEL + 9.30**  
 ESCALA: 1:100

PROYECTO		DESCRIPCION		NUMERO	
REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BASICA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO		PLANTAS 2 Y 3. DETALLE DE MUROS DE REFUERZO		E-03	
FECHA	INDICACION	FECHA	INDICACION	PROYECTADO POR	REVISADO POR





**ESTEBAN TENREIRO**  
 INGENIERO EN OBRAS DE CONSTRUCCION  
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA  
 CALLE 51 N° 100 - 1900 - LA PLATA - BUENOS AIRES - ARGENTINA  
 TEL: 0223 475 1111 - FAX: 0223 475 1112  
 E-MAIL: ESTEBAN.TENREIRO@UNLP.EDU.AR  
 WWW: WWW.TENREIRO.COM.AR

**TABLA DE MUROS DE REFUERZO**

EJES	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	B-1	B-2	C-1	C-2	D-1	D-2	E-1	E-2	F-1	F-2	G-1	G-2	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7	H-8
NIVELES	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3
+7.20																										
+8.30																										
+8.20																										
+8.20																										
+3.10																										
+3.10																										
+0.00																										

PROYECTO: **REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BASICA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO**

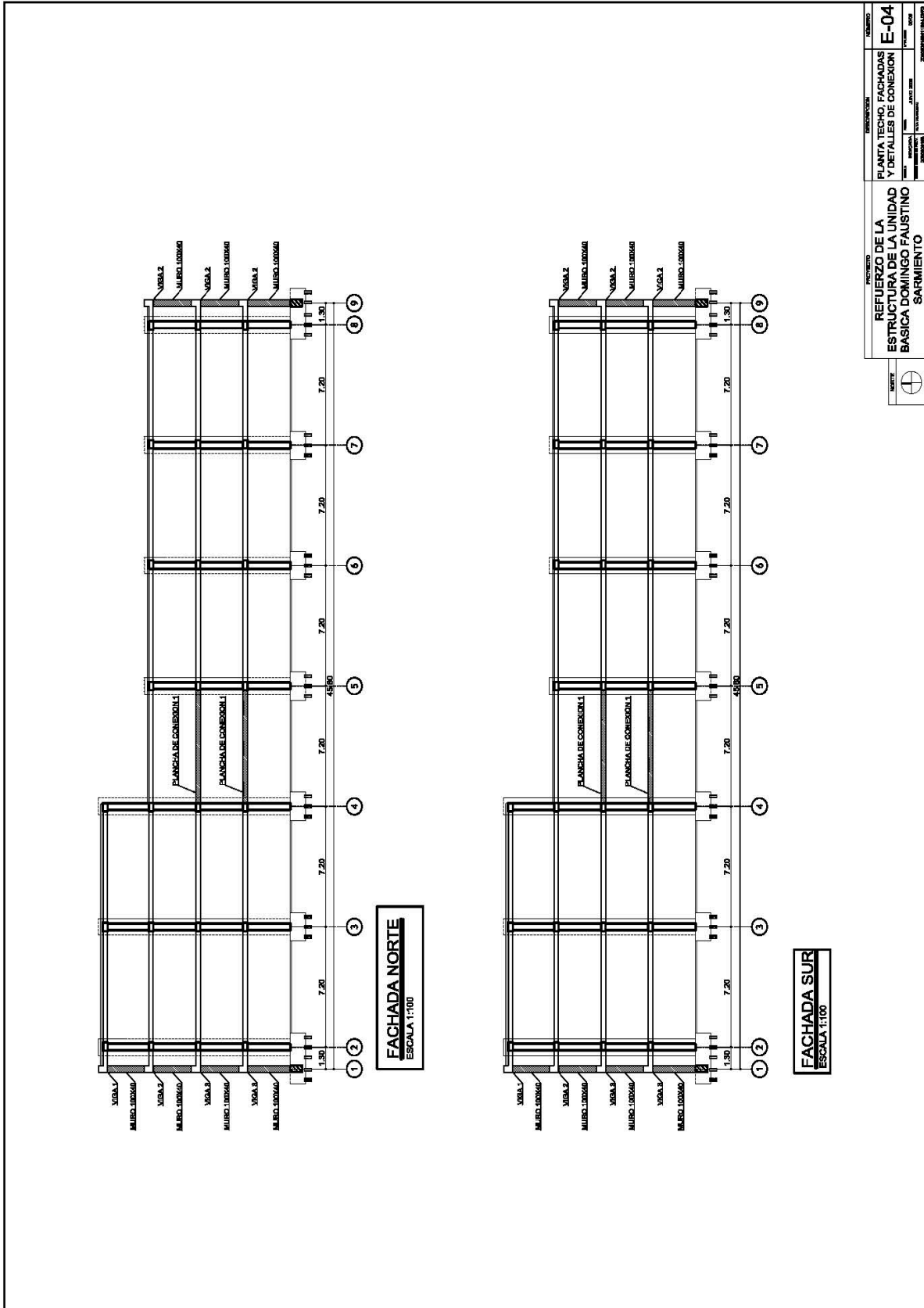
DESCRIPCION: **PLANTAS 2 Y 3. DETALLE DE MUROS DE REFUERZO E-03**

FECHA: JUNIO 2008

PROYECTANTE: ESTEBAN TENREIRO

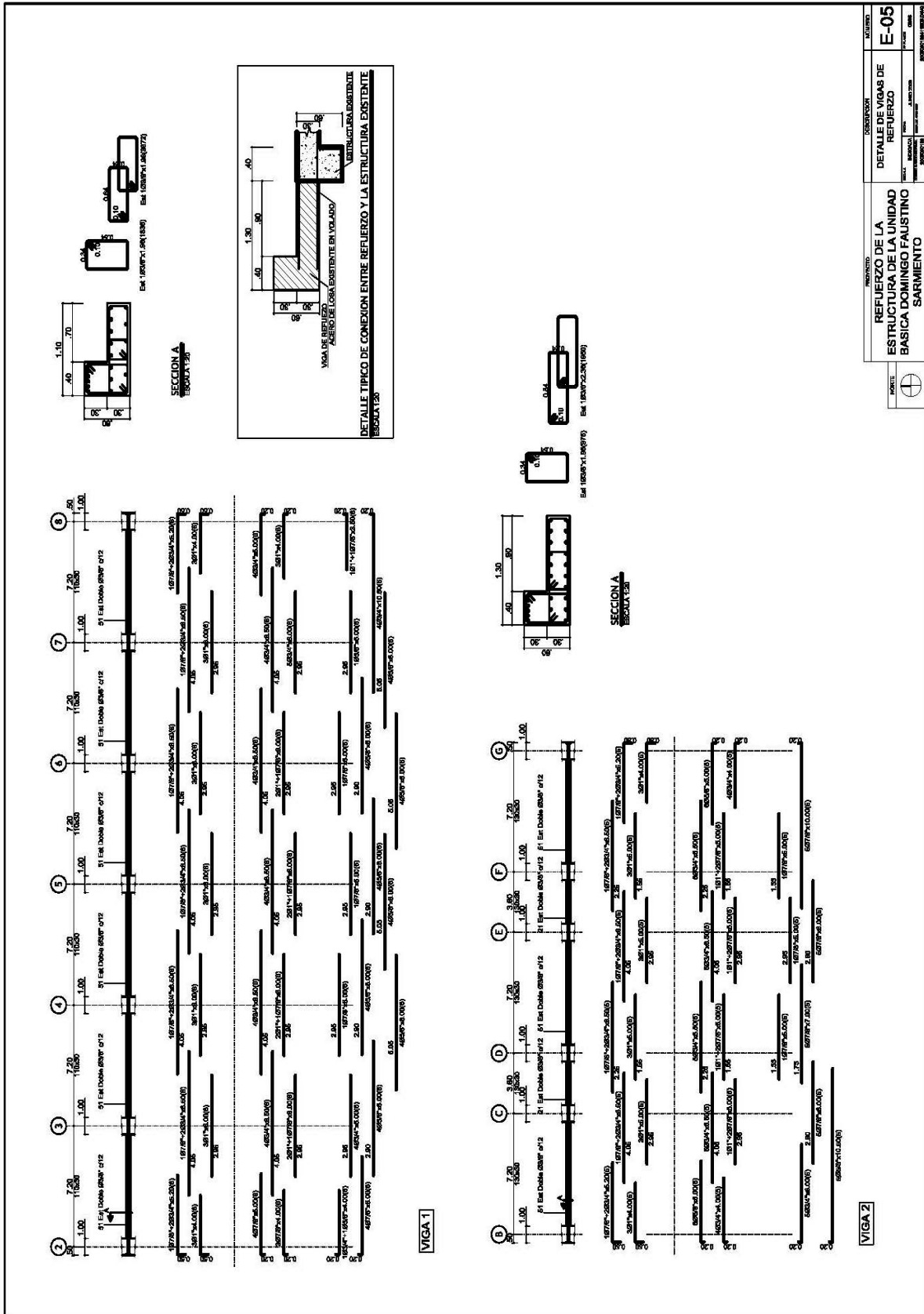
ESCALA: 1/20



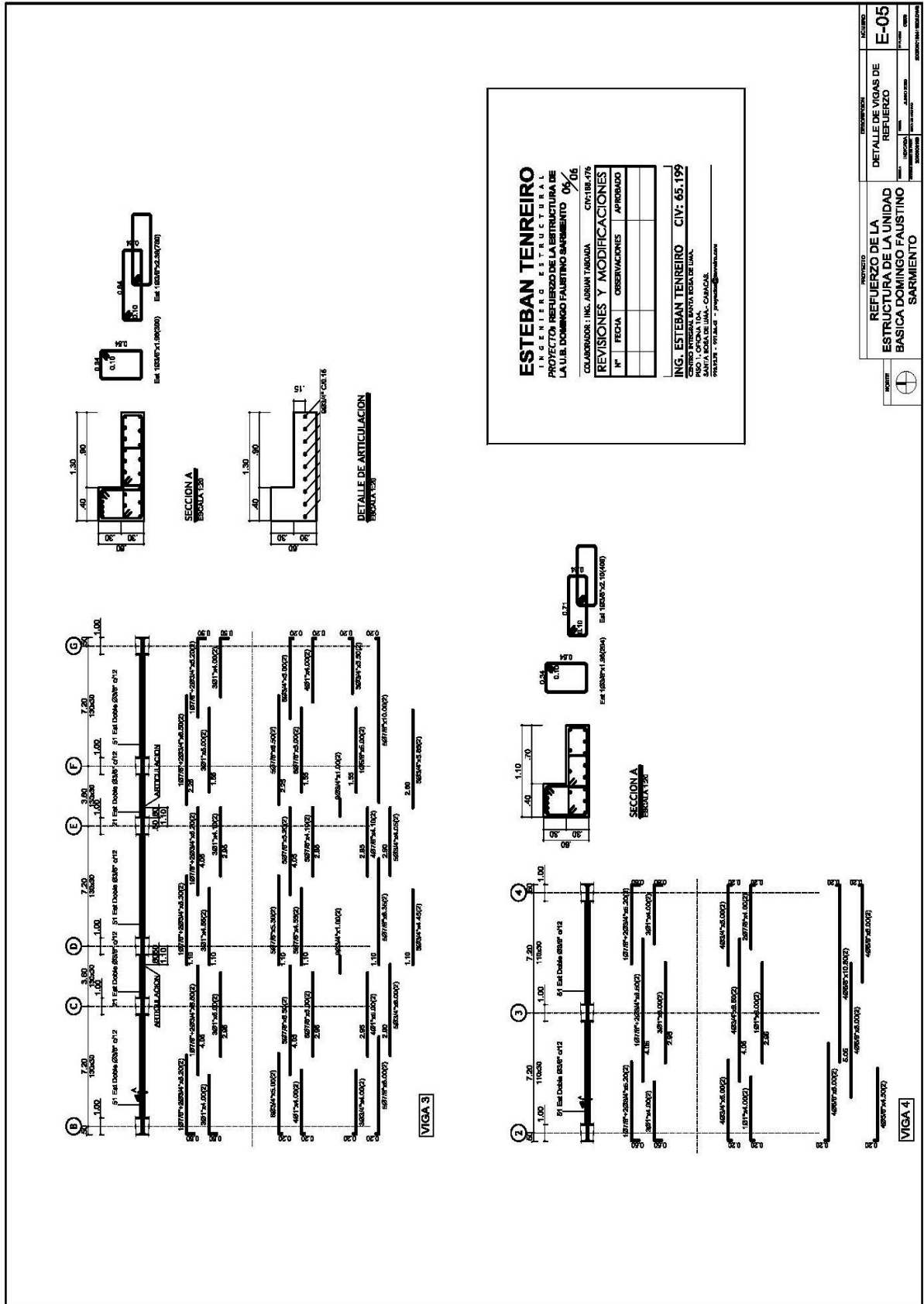


PROYECTO	REFUERZO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD BÁSICA DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO
PLANTA, TECHO, FACHADAS Y DETALLES DE CONEXION	E-04
FECHA	2008/08/08
PROYECTANTE	ING. JUAN CARLOS...
REVISOR	ING. JUAN CARLOS...
APROBADO	ING. JUAN CARLOS...
PROYECTANTE	ING. JUAN CARLOS...









**ESTEBAN TENREIRO**  
 INGENIERO ESTRUCTURAL  
 PROYECTO REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO 06/08

COLABORADOR: IHC. JUAN T. TABADA C.I. 181.476

REVISIONES Y MODIFICACIONES	
N°	FECHA

ING. ESTEBAN TENREIRO CIV: 65.199  
 CENTRO INTEGRAL EN LA TERCERA DE UNIDAD DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO  
 AV. BOLIVAR Y AV. CARACAS  
 PUNTO FIDEL - PUNTO FIDEL - PUNTO FIDEL

PROYECTO		DETALLE DE VIGAS DE REFORZAMIENTO	
N°	FECHA	N°	FECHA

REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE LA UNIDAD DOMINGO FAUSTINO SARMIENTO

E-05

## **9.2.-PROYECTO DE EVALUACIÓN Y ADECUACIÓN ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE, U.E. MARÍA REINA DE LÓPEZ, CARÚPANO, ESTADO SUCRE**

### **RESUMEN EJECUTIVO**

El trabajo efectuado fue la evaluación y adecuación estructural con fines sismorresistente de la Unidad Educativa María Reina de López, ubicada la Avenida Principal San Martín, vía Carúpano Arriba, en la Ciudad de Carúpano, Estado Sucre. El propósito de la adecuación fue lograr un comportamiento apropiado de la edificación ante acciones sísmicas con bajo impacto sobre la estructura existente, con un mínimo de costos y el evitando la alteración de las actividades del plantel.

Con resultados de análisis no lineales efectuados quedo comprobado que la rigidez y la resistencia de la estructura original no era aceptable debido al pobre desempeño de los pórticos ante la acción de sismos, por lo que se vio la necesidad del reforzamiento de la estructura. El proyecto de adecuación estructural sismorresistente consistió en el diseño y detallado de una estructura adicional formada por muros de concreto armado, resolviendo previamente las indeseadas situaciones de “columna corta” para mejorar el comportamiento sísmico global de la edificación.

Los muros de concreto estarán distribuidos en pares ubicados en cada una de las fachadas, conectados entre sí por medio de vigas/dinteles de acople y transmitiendo las cargas sísmicas directamente a través de las losas de entrepiso y techo. Los muros poseen un sistema de fundación con pilotes y cabezales según las recomendaciones y capacidades mostradas en el estudio de suelos contratado al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Universidad Central de Venezuela. Para reforzar el diafragma del entrepiso y techo, permitir una correcta distribución de las fuerzas sísmicas y además asegurar una uniformización de desplazamientos se utilizaron vigas perimetrales colectoras.

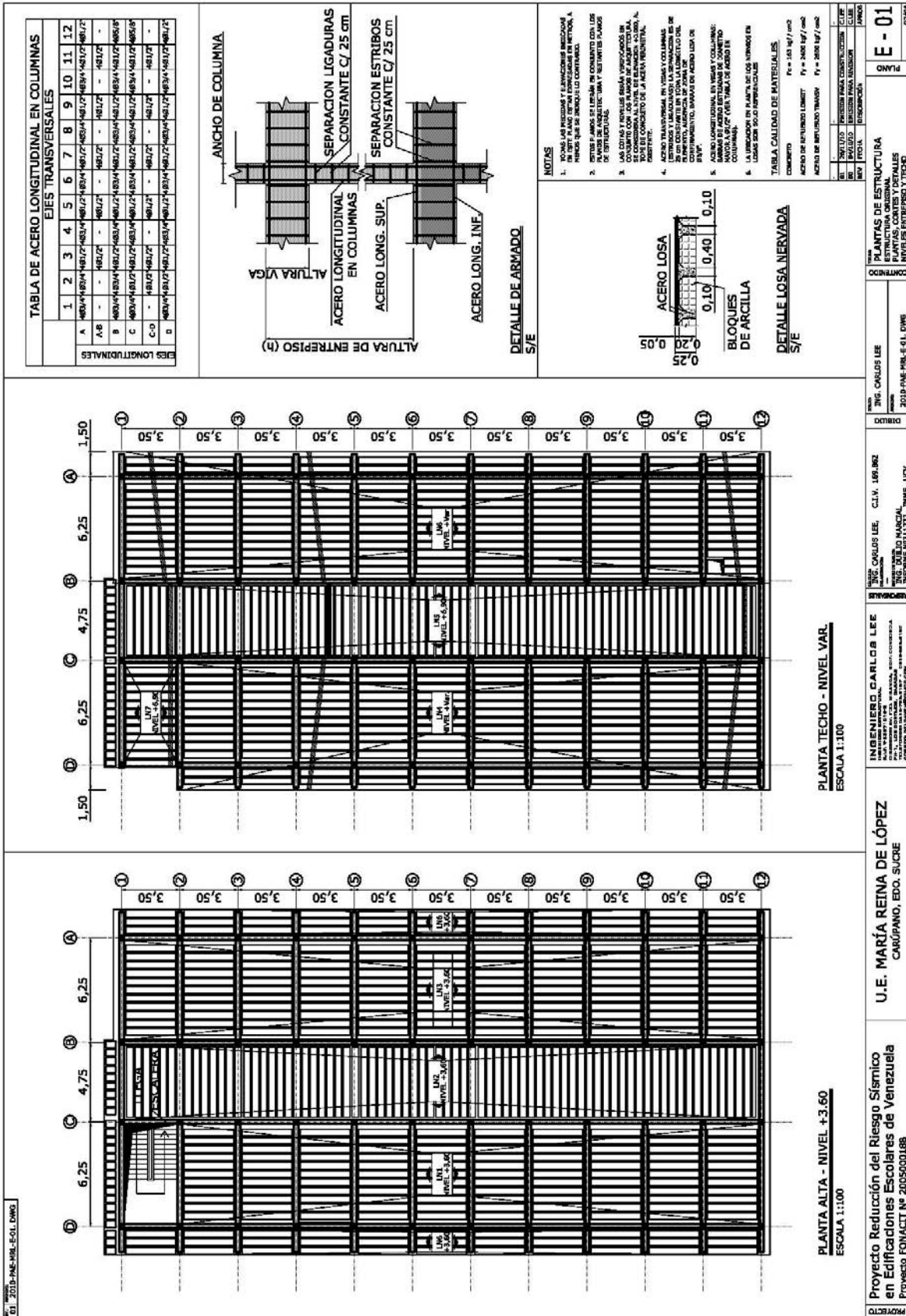
El conjunto formado por la estructura original y la de refuerzo aumenta en más de cinco veces su resistencia original y permite una mayor capacidad de deformación antes de producirse colapso.

Carlos Lee  
Ingeniero Civil  
C.I.V. 169.862  
R.I.F. V-22671016-3









**PLANTA ALTA - NIVEL +3.60**  
ESCALA 1:100



**PLANTA TECHO - NIVEL VAR.**  
ESCALA 1:100



**PROYECTO** U.E. MARÍA REINA DE LÓPEZ  
CARUPANO, EDO. SUCRE

**INGENIERO** INGENIERO CARLOS LEE  
C.I.V. 109.1062

**CLIENTE** U.E. MARÍA REINA DE LÓPEZ  
CARUPANO, EDO. SUCRE

**FECHA** 2010-PAE-MRL-E-01.DWG

**CONTENIDO** PLANTAS DE ESTRUCTURA ORIGINAL, PLANTAS DE ESTRUCTURA REFORZADA, PLANOS DE ENTREPISOS REFORZADOS, PLANOS DE ENTREPISOS VIGAS.

**E-01**  
PLANO









### 9.3.- PROYECTO DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL E.B. MANUEL MARÍA URBANEJA, CARÚPANO, ESTADO SUCRE

#### RESUMEN EJECUTIVO

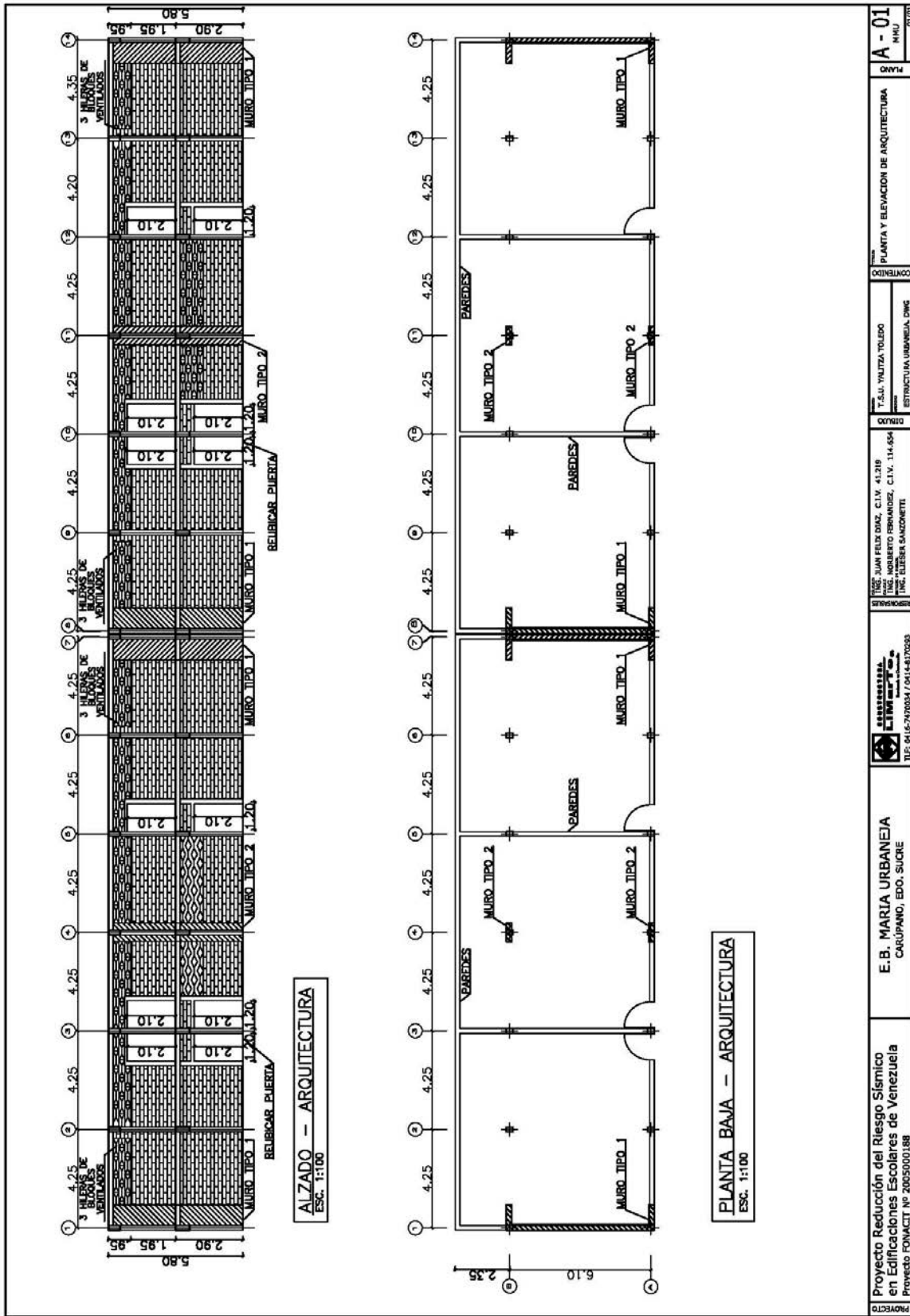
La E.B. Manuel María Urbaneja se encuentra ubicada en la calle principal de Curacho de la población de Carúpano en el Estado Sucre. Fue construida alrededor de los años 1950. La edificación está conformada por dos (2) módulos alineados que están separados mediante una junta de construcción, presentando cada uno siete (7) pórticos en la dirección más corta, mientras que en la dirección larga presenta vigas planas. La estructura original se plantea con elementos de concreto armado y la losa de entrepiso y techo del tipo nervada armada en una sola dirección. Es evidente por la fecha de construcción la necesidad de elaborar un Proyecto de Reforzamiento Estructural.

El resultado de este trabajo conducirá a un proyecto de reforzamiento estructural en concreto armado que tendrá la función de absorber y disipar toda sollicitación proveniente de las acciones originadas por un movimiento sísmico. Por lo tanto, la estructura original (existente) seguirá cumpliendo las funciones actuales de soportar todas las cargas provenientes de acciones gravitatorias (cargas muertas y vivas).

Se realizó un modelo para la estructura de reforzamiento, en el cual se incluyeron los elementos originales de la estructura existente más los elementos del sistema de reforzamiento. La estructura de reforzamiento consistió en sustituir los pórticos de los ejes “1” y “7” (pórticos extremos) por muros en forma de “C” que van desde el nivel fundación hasta el nivel techo, y también se reemplazó el pórtico “4” (pórtico intermedio) por muros y nuevas vigas. En la vecindad de los ejes 1, 4 y 7 se propone armar parte de la losa como maciza para generar la conexión entre el diafragma (losa) y los nuevos elementos estructurales.

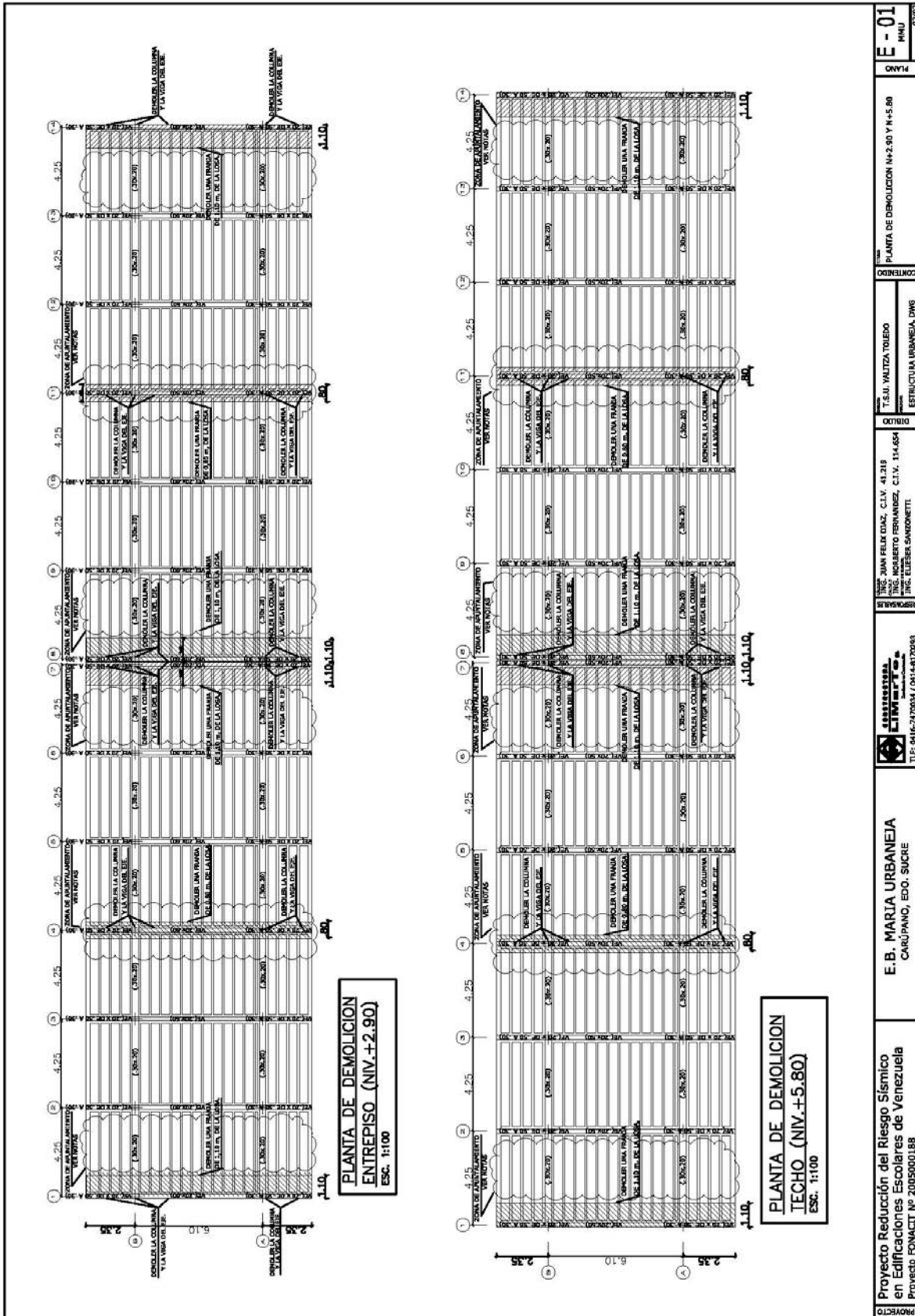
Todo este análisis condujo a la utilización de muros en forma de “C” para los ejes 1 y 7, donde las alas de los muros miden 1,0 mts de largo y el alma del muro está comprendida entre los ejes A y C. Para el pórtico 4 se sustituyó las columnas A4 y B4 por muros de dimensiones de 0,80 x 0,25 mts y las vigas del eje 4 (tanto entrepiso como techo) se reemplazan por nuevos elementos con la misma geometría y armado de la original. En cuanto al sistema de fundación se optó por la solución de micro-pilotes.

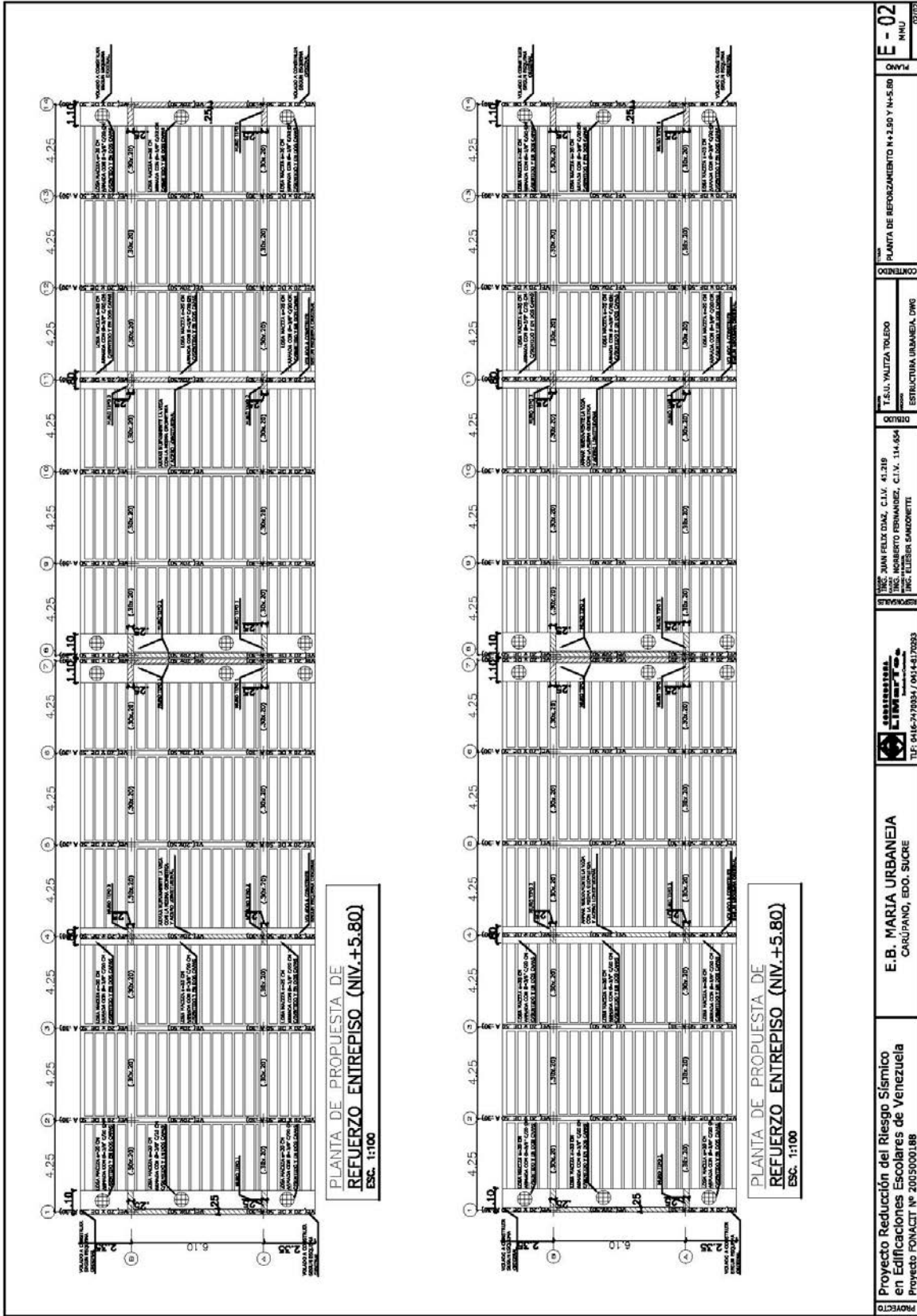
Ing. Civil Norberto Fernández  
C.I.V. 114.654  
C.I. 12.343.530  
Ing. Civil Juan Félix Díaz C.  
C.I.V. 41.219  
C.I. 8.256.085



PROYECTO	Proyecto Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela Proyecto FONACIT N° 2005000188	RESPONSABLE	E.B. MARIA URBANEJA CARUPANO, EDO. SUCRE	PROYECTISTA	ESTRUCTURA URBANEJA, S.R.L. TEL: 0415-7970034 / 0414-8170035	CLIENTE	T.S.M. YALITZA TOLERO ESTRUCTURA URBANEJA, S.R.L.	CONTENIDO	PLANTA Y ELEVACION DE ARQUITECTURA	PLANO	A - 01 M.H.U.
----------	---	-------------	---	-------------	---	---------	--	-----------	------------------------------------	-------	------------------





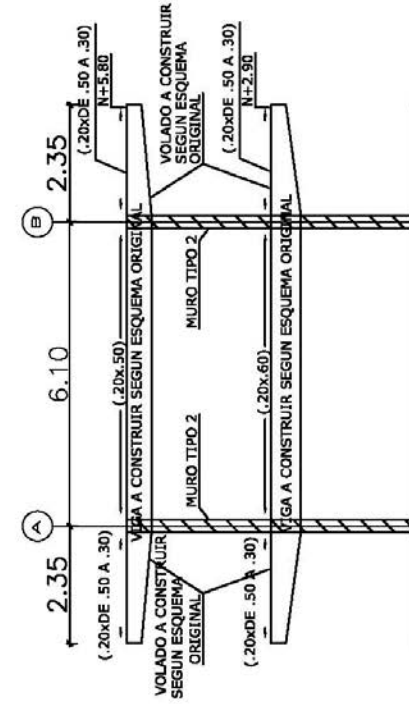


PROYECTO	Proyecto Reducción del Riesgo Sísmico en Edificios Escolares de Venezuela Proyecto FONACIT Nº 20050001.88	PROYECTO	Proyecto Reducción del Riesgo Sísmico en Edificios Escolares de Venezuela Proyecto FONACIT Nº 20050001.88
CLIENTE	E. B. MARJA URBANEJA CARÚPANO, EDO. SUCRE	CLIENTE	E. B. MARJA URBANEJA CARÚPANO, EDO. SUCRE
INGENIEROS	ING. JUAN FELIX DIAZ, C.I.V. 41.219 ING. ROBERTO FERNANDEZ, C.I.V. 114.654 ING. ELISER SANDONETTI	INGENIEROS	ING. JUAN FELIX DIAZ, C.I.V. 41.219 ING. ROBERTO FERNANDEZ, C.I.V. 114.654 ING. ELISER SANDONETTI
ESTRUCTURAS	ESTRUCTURAS LIMITADA T.E. 5416-272334 / 051-441-70333	ESTRUCTURAS	ESTRUCTURAS LIMITADA T.E. 5416-272334 / 051-441-70333
OBJETO	T.S.U. VALTZA TOLEDO ESTRUCTURA URBANEJA, DWG	OBJETO	T.S.U. VALTZA TOLEDO ESTRUCTURA URBANEJA, DWG
CONTENIDO	PLANTA DE REFORZAMIENTO N+5.80 Y N+5.80	CONTENIDO	PLANTA DE REFORZAMIENTO N+5.80 Y N+5.80
PLANO	E-02 NMU	PLANO	E-02 NMU

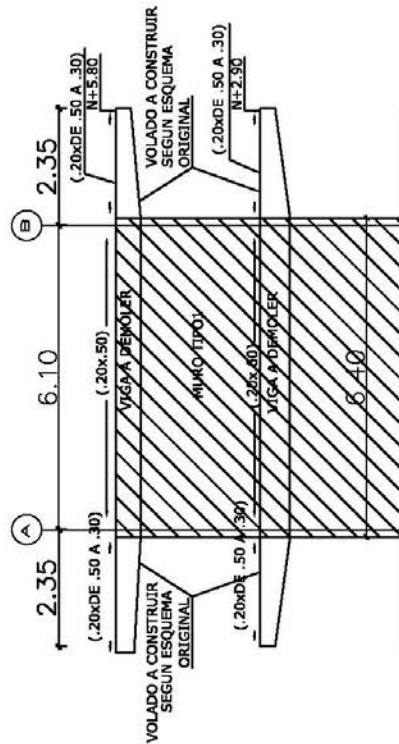






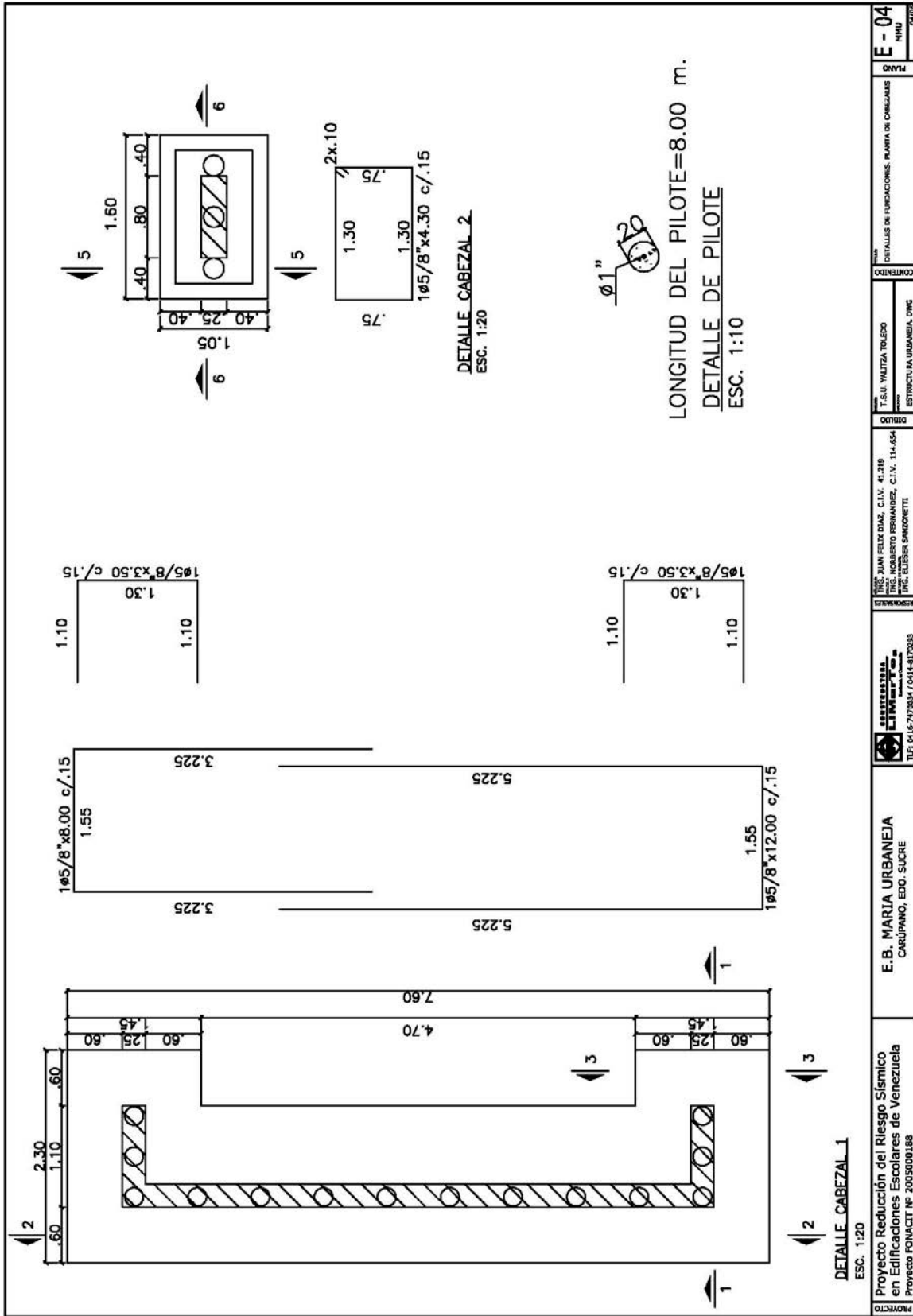


**PORTICO 4 Y 11**  
ESC. 1:50



**PORTICO 1, 7, 8 Y 14**  
ESC. 1:50

<b>PROYECTO</b> Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela Proyecto FONACIT N° 2005000188		<b>E - 03</b> MHU	
<b>PROYECTANTE</b> E.B. MARIA URBANEJA CARÚPANO, EDO. SUCRE		<b>PROYECTANTE</b> T.S.U. YALITZA TOLEDO ESTRUCTURA URBANEJA, DWG	
<b>PROYECTANTE</b> INGENIERIA LIMONAR S.R.L. TUP. 0415-737034 / 0414-877038		<b>PROYECTANTE</b> OCTUBRO	
<b>PROYECTANTE</b> ING. JUAN FELIX DIAZ, C.I.V. 41.219 ING. ROBERTO FERNANDEZ, C.I.V. 11.4.684 ING. ELISSER SANDONETTI		<b>PROYECTANTE</b> PLANTA DE FUNDACIONES Y ELEVACIONES	



PROYECTO	Proyecto Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela Proyecto FONACT Nº 2005000188
PROYECTANTE	E.B. MARIA URBANEJA CARUPANO, EDO. SUCRE
ELABORADO POR	ING. JUAN FELIX DIAZ, C.I.V. 43.218 ING. ROBERTO FERNANDEZ, C.I.V. 134.654 ING. ELIEZER SANDONETTI
ELABORADO POR	T.S.U. YALITZA TOLEDO ESTRUCTURA URBANEDA, DING
CONTENIDO	DETALLES DE FUNDACIONES, PLANTA DE CIMENTACIONES
PLANO	E - 04 NNU
CALEDA	02/05









## **9.4.-PROYECTO DE EVALUACIÓN Y ADECUACIÓN ESTRUCTURAL SISMORRESISTENTE DE LA U.E.N. PADRE SOJO**

### **RESUMEN EJECUTIVO**

Se investiga la capacidad sismorresistente de este edificio del tipo Módulo Base ubicado en Caracas y se desarrolla un proyecto de refuerzo sismorresistente. El edificio, construido en 1985, consta de cuatro niveles de concreto reforzado. Las losas son reticulares apoyadas directamente sobre las columnas por medio de ábacos planos. Todas las columnas son de secciones cuadradas o rectangulares. El edificio fue evaluado bajo el marco de las normas vigentes COVENIN 1756 y 1753 para la zona 5 y adoptando un factor de reducción igual a 2, tomando en consideración su limitada capacidad de disipación de energía debido a la carencia de vigas. Los resultados de las derivas en cada uno de los modelos dan valores cercanos al límite máximo normativo 12%. Sin embargo estudios recientes indican que estas derivas pueden conducir al colapso de estructuras no dúctiles ante acciones sísmicas. La relación demanda/capacidad de resistencia empleando los métodos de análisis dinámico y análisis estático no lineal, arrojó valores promedio mayores a 3, lo cual indica que la estructura estudiada es muy vulnerable.

El proceso de adecuación estructural se basó en buscar una solución racional, poco invasiva, fácil de construir, en un tiempo corto y a un costo razonable. Esto se logró agregando una estructura auxiliar dúctil constituida por muros estructurales y vigas en el perímetro de las plantas, conectados a las losas en cada nivel, sin afectar la estructura existente. Las nuevas fundaciones se apoyan en micropilotes con cabezales arriostrados entre sí y unidos a los cabezales existentes. La deriva máxima de la estructura reforzada es de 4,98%, considerando secciones agrietadas, ubicándose por tanto dentro del límite normativo. La metodología de evaluación usando el análisis estático no-lineal indica una deriva máxima de 4,22% para un sismo con período de retorno de 1.000 años. Esta deriva está por debajo del 6% requerido para proteger a la estructura existente, pero con daño limitado en la estructura auxiliar. Estos resultados ponen de manifiesto que la solución seleccionada minimiza el riesgo aún ante eventos extremos y satisface los requerimientos normativos y de servicio.

**Denis Rodríguez**  
Ingeniero Civil  
C.I.V. 12.186

## 9.5.-PROYECTO DE EVALUACIÓN Y ADECUACIÓN SISMORRESISTENTE DEL U.E. SILVERIO CÓRDOBA

### RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de refuerzo de la Unidad Educativa José Silverio Córdoba ubicada en Cumaná, Edo. Sucre, consiste en el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle de una estructura de concreto externa a la escuela cuya función será minimizar los daños estructurales que pueda causar un movimiento sísmico a la estructura existente. Esta estructura fue levantada en sitio y se tomaron las dimensiones de vigas, columnas, espesores de losas y sobrepisos, se auscultaron columnas y vigas de manera aleatoria para determinar la cantidad de barras de acero en cada elemento. Se realizó un estudio de suelos y excavaciones aleatorias para determinar las dimensiones de algunos de los cabezales existentes.

El edificio en su sentido longitudinal consta de 7 pórticos con una separación de 7,20 m entre ellos y en sentido transversal tiene 6 pórticos separados 7,20 m y 3,60 m de manera alternada. Longitudinalmente el edificio cuenta con vigas altas de 35 x 60 cm que son las que trabajan como vigas de carga mientras que en el otro sentido hay vigas planas de 70 x 25 cm embutidas en la losa. Este edificio cuenta con dos escaleras como módulos de circulación y un vacío sobre el patio central. Estas características permiten identificar la estructura como del tipo Cajetón cerrado. El sistema horizontal resistente es una losa nervada en una dirección de espesor 25 cm. El edificio se conforma de tres niveles. El análisis y diseño de la estructura existente y reforzada se realizó con el programa de cálculo estructural ETABS. Los armados mínimos para todos los elementos de refuerzo se hicieron respetando los criterios de la norma COVENIN 1753:2006. Para ingresar los datos correspondientes a sismo se utilizaron los datos suministrados en el Estudio de Suelos. La repartición sísmica se efectuó por el método de las rigideces en su formulación matricial, suponiendo las placas como diafragmas rígidos siguiendo las especificaciones indicadas en la norma COVENIN 1756:2001.

El refuerzo estructural consiste en muros aporticados localizados en el perímetro del edificio, el cual proporciona una rigidez importante a la estructura original alcanzando derivas máximas de apenas el 7.8 %. Esta deriva tiene por finalidad asegurar que durante el evento sísmico los elementos estructurales originales de la edificación no presenten fallas importantes que puedan llevar a su colapso. El refuerzo no perturba las fundaciones de la estructura original y se puede construir perimetralmente a la edificación sin interrumpir las actividades escolares, ya que no se realiza ninguna construcción interna. El sistema de fundación consiste en micropilotes de 20 cm con un (1) perfil IPN 120 embutido con longitudes tales que permitan penetrar dentro del suelo natural granular. El diseño de las nuevas vigas y pantallas se basó en la teoría de los estados límites (Teoría de Rotura) siguiendo la Norma COVENIN 1753:2006.

Ing. Esteban Tenreiro  
Ingeniero Civil  
C.I.V. 65.199

## **9.6.- PROYECTO PARA EL REFUERZO ESTRUCTURAL U.E.N CORAZON DE JESUS**

### **RESUMEN EJECUTIVO**

La escuela Corazón de Jesús esta ubicada en la ciudad de Cumaná, Edo. Sucre, en cercanías del río Manzanares en su desembocadura en el golfo de Araya. Según la Norma Sísmica vigente para el diseño sismorresistente de edificaciones, toda la región Oriental del país, incluyendo la ciudad de Cumaná, se encuentra catalogada como: Zona Sísmica 7, a la cual se le asocia un riesgo Sísmico muy alto.

Esta escuela forma parte de una serie de estructuras típicas denominadas “Cajetón”, diseñadas y construidas repetitivamente a principios de la década de los años 1970 con un proyecto basado en las normas vigentes de aquella época. Muchos de los detalles de armadura no son admisibles dentro del ámbito de la norma para estructuras sismorresistentes vigentes en la actualidad.

Un estudio previamente elaborado por quien suscribe deja en evidencia la posibilidad de que esta estructura puede sufrir un colapso durante un evento sísmico de importancia. La aplicación de las fuerzas resultantes según la Norma Sísmica vigente a la estructura en su estado actual genera derivas laterales inadmisibles y esfuerzos en los elementos estructurales que éstos no son capaces de resistir con la armadura contenida en ellos. La conclusión de este estudio recomienda la construcción de una estructura de refuerzo en el perímetro exterior del edificio existente, debidamente acoplado a éste, que sea capaz de aumentar la rigidez lateral del conjunto.

El proyecto estructural de refuerzo tiene como objeto el diseño de los distintos miembros que conforman a la nueva estructura de refuerzo, incluyendo el sistema de fundaciones, las columnas, vigas y las losas de interconexión con el edificio existente. El dimensionamiento de todos estos elementos se basó en un procedimiento iterativo en el que se fueron aumentando las dimensiones de los nuevos elementos estructurales hasta que se cumplieran las condiciones de desplazamiento lateral máximo permitido por norma y limitando el cortante basal del edificio existente por debajo del cortante basal de colapso obtenido por procedimientos inelásticos con incorporación de rótulas plásticas.

La respuesta sísmica del modelo combinado de la estructura actual trabajando conjuntamente con la estructura destinada al refuerzo estructural cumple con la norma sismorresistente y con la norma para el diseño estructuras de concreto vigentes.

Un resultado intrínseco al refuerzo estructural presentado es el ligero aumento del área utilizable de los salones académicos ya que las losas y vigas de acople entre el edificio existente y la estructura de refuerzo perimetral están diseñadas para poder ser utilizadas para tal fin.

Ing. Martin Beyer,  
CIV. 88493

## 9.7.- PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA E. B. RODRÍGUEZ ABREU, CARUPANO, EDO SUCRE

### RESUMEN EJECUTIVO

La escuela bolivariana Rodríguez Abreu, está constituida por dos (2) módulos, separados por una junta. Cada módulo consta de siete (7) ejes con una separación constante de 4,25 m en dirección longitudinal, y dos ejes en dirección transversal separados a una distancia de 6,20m. Uno de los módulos tiene adherido el núcleo de escaleras. Mediante las observaciones realizadas, se pudo notar que las paredes son de bloques de arcilla y el espesor del friso es de aproximadamente 4 cms.

El sistema estructural esta definido por pórticos transversales con columnas de 0,20 x 0,30 m y vigas de 0,20x0,65m para el primer nivel y de 0,20x0,50 m para el nivel techo. La losa es Nervada con una altura de 0,20m con la incorporación de vigas planas de 0,20 x 0,20m en dirección longitudinal. La Altura de entrepiso es de 2,90 m cada uno.

A fin de evaluar la vulnerabilidad de la edificación en su condición original, se realizaron 3 modelos estructurales. En el modelo 1 se consideró la inercia gruesa sin mampostería, en el modelo 2 se consideró la inercia agrietada sin mampostería y en el modelo 3 se consideró la inercia gruesa incluyendo la mampostería. En primer lugar se realizó un análisis lineal ante cargas gravitacionales y sísmicas utilizando un modelo dinámico espacial con diafragma rígido, bajo la aplicación de un espectro para una zona sísmica 7, suelo S2 y un factor de reducción  $R=1.0$ , considerando su poca capacidad de disipación de energía debido al detallado de la estructura y la presencia de columnas cortas. Las derivas obtenidas en los modelos 1 y 2 exceden el valor límite normativo de 12%. En los tres modelos la relación Demanda/Capacidad supera el valor de la unidad. En segundo lugar, se realizó un análisis estático no lineal (*pushover*) donde se obtuvieron las curvas de capacidad de los modelos antes mencionados, y se compararon contra la demanda impuesta según FEMA 440 bajo la aplicación de tres sismos, con periodos de retorno 50 años, 500 años y 1000 años respectivamente. La relación Demanda/Capacidad en cada caso superó el valor de la unidad. Estos resultados reflejan que la edificación no satisface desde el punto de vista de resistencia para la demanda actual.

Se propuso un refuerzo estructural a base de muros de concreto, ubicados en los extremos de la edificación en dirección longitudinal y transversal. Dicho refuerzo se incorporó en los modelos antes mencionados y se realizó de igual forma un análisis lineal utilizando un factor de reducción de respuesta  $R=2,0$  a fin de contemplar el aporte de ductilidad de los muros. Por otra parte se realizó un estático no lineal (*Pushover*) para comparar igualmente la capacidad versus la demanda impuesta por FEMA 440. Para estos casos se obtuvo que la estructura reforzada es capaz de resistir la demanda sísmica y limitar la desplazabilidad de la estructura, evitando de esta forma la aparición de fallas frágiles en las columnas que comprometen su estabilidad y desempeño sismorresistente. Posteriormente para el sistema de refuerzo con muros se obtuvo el acero requerido y se diseñaron las fundaciones del mismo.

Eliud. Hernández (1) Luis Nuñez (2)

(1) Vicepresidente. Ingenieros Estructurales Asociados inesa c.a. eliudh5@gmail.com

(2) Director. Ingenieros Estructurales Asociados inesa c.a. lcorao@gmail.com

## **9.8.- PROYECTO DE REHABILITACION ESTRUCTURAL DE LA E.B. PLAYA GRANDE, CARUPANO. EDO SUCRE**

### **RESUMEN EJECUTIVO**

La escuela posee 3 Módulos de dos niveles, con una altura de entrepiso de 3.50 mts. Cada módulo consta de doce (12) ejes dispuestos cada 3.60m en dirección transversal, y dos ejes separados 7.20m en dirección longitudinal. La estructura es a base de pórticos ortogonales donde se destaca la presencia de una viga de amarre ubicada 90cms por debajo del nivel de la losa, mampostería a media altura, ventanas y bloques de ventilación, lo cual propicia el efecto de columna corta. El espesor de la losa maciza es de 12 cm y el espesor de las paredes es de 20 cm. La sección típica de las columnas es de 25x40 cm. Las vigas en dirección transversal son de sección 25x60 cms. A cada de lado de las columnas, en dirección transversal, se tienen volados de 1.20m y 2.20m respectivamente, cuya sección final en vigas es de 25x40 cms. El volado de 2.20m sirve de pasillo para entrar a los salones.

A fin de evaluar la vulnerabilidad de la edificación en su condición original, se realizaron 4 modelos estructurales. En el modelo 1 se consideró la inercia gruesa sin mampostería, en el modelo 2 se consideró la inercia agrietada sin mampostería, en el modelo 3 se consideró la inercia gruesa incluyendo escalera y mampostería, y en el modelo 4 se consideró la inercia agrietada incluyendo escalera y mampostería. En primer lugar se realizó un análisis lineal ante cargas gravitacionales y sísmicas utilizando un modelo dinámico espacial con diafragma rígido, bajo la aplicación de un espectro para una zona sísmica 7, suelo S2 y un factor de reducción  $R=1.5$ , considerando su poca capacidad de disipación de energía debido al detallado de la estructura y la presencia de columnas cortas. Las derivas obtenidas en los modelos 1 y 2 exceden el valor límite normativo de 12%. En los cuatro modelos la relación Demanda/Capacidad supera el valor de la unidad. En segundo lugar, se realizó un análisis estático no lineal (pushover) donde se obtuvieron las curvas de capacidad de los modelos antes mencionados, y se compararon contra la demanda impuesta según FEMA 440 bajo la aplicación de tres sismos, con periodos de retorno 50 años, 500 años y 1000 años respectivamente. La relación Demanda/Capacidad en cada caso superó el valor de la unidad. Estos resultados reflejan que la edificación no satisface desde el punto de vista de resistencia para la demanda actual.

Se propuso un refuerzo estructural a base de muros y losas de concreto, ubicados en la zona central y en los extremos de la edificación. Dicho refuerzo se incorporó en los modelos antes mencionados y se realizó de igual forma un análisis lineal utilizando un factor de reducción de respuesta  $R=2.0$  a fin de contemplar el aporte de ductilidad de los muros. Por otra parte se realizó un estático no lineal (Pushover) para comparar igualmente la capacidad versus la demanda impuesta por FEMA 440. Para estos casos se obtuvo que la estructura reforzada es capaz de resistir la demanda sísmica y limitar la desplazabilidad de la estructura, evitando de esta forma la aparición de fallas frágiles en las columnas que comprometen su estabilidad y desempeño sismorresistente. Posteriormente para el sistema de refuerzo (muros y losas) se obtuvo el acero requerido y por último se diseñaron las fundaciones del mismo.

Eliud. Hernández (1) Luis Nuñez (2)

(1) Vicepresidente. Ingenieros Estructurales Asociados inesa c.a. eliudh5@gmail.com

(2) Director. Ingenieros Estructurales Asociados inesa c.a. lcorao@gmail.com



## 9.9.- PROYECTO DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL U.E. PETRICA REYES DE QUILARTE, CARÚPANO, ESTADO SUCRE

### RESUMEN EJECUTIVO

La U.E. Petrica Reyes de Quilarte se encuentra ubicada en el sector de Playa Grande de la población de Carúpano en el Estado Sucre. Fue construida alrededor de los años 1958-1959. Está constituida por un solo módulo con siete (7) pórticos en la dirección más corta, mientras que en la dirección larga presenta vigas planas. La estructura original se plantea con elementos de concreto armado y la losa de entrepiso y techo del tipo nervada armada en una sola dirección. Es evidente por la fecha de construcción la necesidad de elaborar un Proyecto de Reforzamiento Estructural.

El resultado de este trabajo conducirá a un proyecto de reforzamiento estructural en concreto armado que tendrá la función de absorber y disipar toda sollicitación proveniente de las acciones originadas por un movimiento sísmico. Por lo tanto, la estructura original (existente) seguirá cumpliendo las funciones actuales de soportar todas las cargas provenientes de acciones gravitatorias (cargas muertas y vivas).

Se realizó un modelo para la estructura de reforzamiento, en el cual se incluyeron los elementos originales de la estructura existente más los elementos del sistema de reforzamiento. La estructura de reforzamiento consistió en sustituir los pórticos de los ejes “1” y “7” (pórticos extremos) por muros en forma de “C” que van desde el nivel fundación hasta el nivel techo, y también se reemplazó el pórtico “4” (pórtico intermedio) por muros y nuevas vigas. En la vecindad de los ejes 1, 4 y 7 se propone armar parte de la losa como maciza para generar la conexión entre el diafragma (losa) y los nuevos elementos estructurales.

Todo este análisis condujo a la utilización de muros en forma de “C” para los ejes 1 y 7, donde las alas de los muros miden 1,0 mts de largo y el alma del muro está comprendida entre los ejes A y C. Para el pórtico 4 se sustituyó las columnas A4 y B4 por muros de dimensiones de 0,80 x 0,25 mts y las vigas del eje 4 (tanto entrepiso como techo) se reemplazan por nuevos elementos con la misma geometría y armado de la original. En cuanto al sistema de fundación se optó por la solución de micro-pilotes.

Ing. Civil Norberto Fernández  
C.I.V. 114.654  
C.I. 12.343.530  
Ing. Civil Juan Félix Díaz C.  
C.I.V. 41.219  
C.I. 8.256.085

## **9.10.-PROYECTO DE EVALUACIÓN Y ADECUACIÓN SISMORRESISTENTE DEL L.B. LUIS GRATEROL BOLÍVAR RESUMEN EJECUTIVO**

El proyecto de refuerzo del Liceo Bolivariano Luis Graterol Bolívar ubicado en Cumaná, estado Sucre, consiste en el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle de una estructura de concreto externa a la escuela cuya función será minimizar los daños estructurales que pueda causar un movimiento sísmico a la estructura existente. Esta estructura fue levantada in situ y se tomaron medidas de dimensiones de vigas, columnas, espesores de losas y sobre pisos y se auscultaron columnas y vigas de manera aleatoria para determinar la cantidad de barras de acero en cada elemento. Se realizó a su vez el estudio de suelos correspondiente y excavaciones aleatorias para determinar las dimensiones de algunos de los cabezales existentes.

El edificio en su sentido longitudinal consta de 8 pórticos con una separación de 7,20m entre ellos y en sentido transversal tiene 5 pórticos separados 7,20m y 3,60m de manera alternada. En el sentido longitudinal el edificio cuenta con vigas altas que son las que trabajan como vigas de carga mientras que en el otro sentido hay vigas planas únicamente. Este edificio cuenta con dos escaleras como módulos de circulación y un vacío sobre el patio central. Estas características permiten identificar la estructura como del tipo Cajetón cerrado. El sistema horizontal resistente de las 2 plantas superiores de concreto son losa nervada de 25 cm de espesor y bloques de arcilla. La última planta es un techo de estructura metálica que pareciera fue construido en un proyecto de adecuación realizado anterior a este estudio.

El análisis y diseño de la estructura existente y reforzada se realizó con los programas de cálculo estructural ETABS y SAP2000. Los armados mínimos para todos los elementos de refuerzo se hicieron respetando los criterios de la norma COVENIN 1753:2006. Para ingresar los datos correspondientes a sismo se utilizaron los datos suministrados en el Estudio de Suelos. La repartición sísmica se efectuó por el método de las rigideces en su formulación matricial, suponiendo las placas como diafragmas rígidos siguiendo las especificaciones indicadas en la norma COVENIN 1756:2001.

El sistema de fundación consiste en micropilotes de 20cm con un (1) perfil IPN 120 embutido con longitudes tales que permitan penetrar dentro del suelo natural granular. El diseño de las nuevas vigas y pantallas se basó en la teoría de los estados límites siguiendo la Norma COVENIN 1753:2006. Considerando que se trata de una edificación que se ha debilitado debido a los últimos movimientos sísmicos ocurridos en la ciudad de Cumaná se estableció como deriva máxima 8%. Para lograr esto se propone como refuerzo estructural la construcción de pantallas de concreto de 40x200cm y 40x150cm en cada pórtico ubicadas a 1,40m del perímetro actual de la edificación. Los resultados obtenidos fueron revisados y luego se procedió a la realización del armado de los elementos y la elaboración de los planos donde se detallan las plantas, dimensiones de los elementos, conexiones, armados, notas etc.

Ing. Esteban Tenreiro  
Ingeniero Civil  
C.I.V. 65.199

# Capítulo 10

## Divulgación y Formación

**5.- Talleres de Prevención**



•En conjunto con las comunidades educativas se planifica la preparación para antes, durante y después de un terremoto.

**6.- Desarrollo de Amortiguadores**



•Se diseñan amortiguadores o disipadores de energía para reducir las vibraciones del edificio durante un terremoto.

**Protección de Edificios Escolares contra los Terremotos**



Responsable:  
Oscar A. López  
IMME, Facultad de Ingeniería, UCV  
Ciudad Universitaria, Caracas  
Tf. 605-3129 - 605-3134 - 605-1758

Diseño: henry.pinto@gmail.com

Logo: IMME (Instituto de Materiales y Modelos Estructurales) and FUNVISIS (Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas)

Logo: FONACIT (Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas) and IMME (Instituto de Materiales y Modelos Estructurales)

## Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela

Informe Técnico  
Responsable: Oscar A. López (IMME-FI-UCV)

## **10.- DIVULGACIÓN y FORMACIÓN**

A continuación se citan las diversas actividades de divulgación y formación sobre la temática de los edificios escolares y los terremotos que se realizaron dentro del Proyecto.

### **10.1- Presentaciones**

Se listan a continuación un conjunto de presentaciones a nivel de conferencias, charlas o reuniones científicas:

- OA López. Reduciendo los Riesgos Sísmicos en las Escuelas de Venezuela; La Academia al Servicio de las Necesidades del País. Conferencia Invitada al Ciclo de Coloquios de la Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, 20 de Enero de 2006.
- OA López. Proyecto para la Reducción de los Riesgos Sísmicos en las Escuelas del País. Ciclo de Coloquios del IMME, Facultad de Ingeniería, UCV, 25 de Enero de 2006.
- OA López. Mitigación de los Riesgos Sísmicos en Edificaciones Escolares de Venezuela. Conferencia Invitada al VIII Congreso Venezolanos de Sismología e Ingeniería Sísmica. Valencia, Venezuela, 17-19 de Mayo de 2006.
- OA López. Reducción del Riesgo Sísmico en las Escuelas de Venezuela. Conferencia Magistral, Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería, UCV, 3 de Noviembre de 2006.
- OA López. Riesgos Sísmicos en la Infraestructura Escolar del País. Universidades y Riesgos, Una Vitrina desde la UCV. COMIR, Universidad Central de Venezuela, 23 de Noviembre de 2006.
- OA López. Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela. Conferencia Invitada. Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, 24 de Noviembre de 2006.
- OA López. Mitigación de los riesgos ante terremotos en Escuelas. El Proyecto en la Sociedad de Riesgos. IDEC, Facultad de Arquitectura, 19 de Enero de 2007.
- OA López. Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela. Conferencia Internacional Invitada en la Pontificia Universidad Católica de Chile, 30 de Enero de 2007, Santiago, Chile.
- OA López. Riesgos Sísmicos y su Reducción en Edificaciones Escolares. Conferencia Invitada, Instituto Universitario de Tecnología, Región Capital, IUT FRP, 09 de Marzo de 2007.
- OA López. Protegiendo los Edificios Escolares contra los Terremotos. Conferencia Invitada en Jifi 2008 Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería, UCV, 27-31 Octubre 2008.

- OA López. Mitigación de los Riesgos Sísmicos en Edificios Escolares de Venezuela. Conferencia Invitada en el IX Forum CYTED-IBEROEKA 2008, Porlamar, 1-3 de Diciembre de 2008.
- OA López. Protegiendo las Escuelas ante los Terremotos. Conferencia Invitada, Instituto Universitario de Tecnología, Región Capital, IUT FRP, 04 de Noviembre de 2008.
- OA López. Los Terremotos y sus Efectos; Caso de las Edificaciones Escolares. Charla invitada en los Jueves Especiales, Escuela de Ingeniería Civil, FI-UCV, 25 de Septiembre de 2008.
- OA López. Mitigación de los Riesgos Sísmicos en Escuelas. Charla invitada en “El Proyecto en la Sociedad de Riesgos”. IDEC, Facultad de Arquitectura, 08 de Octubre de 2008.
- R. Bonilla. Avances del proyecto de reducción de riesgos sísmicos en edificaciones escolares venezolanas. VI Encuentro Técnico de Ingenieros, Arquitectos de los países del Alba, Cuba. 30 de septiembre de 2009 Varadero y 02 de octubre de 2009 Colegio de Ingenieros de La Habana.
- OA López. Protección de Edificios Escolares contra los Terremotos. Conferencia Invitada por el Decanato de Ingeniería Civil de la UCLA, Barquisimeto, 03 de Febrero de 2009.
- OA López. Protegiendo las Escuelas ante los Terremotos. Conferencia en la Auleta de Postgrado de la FI-UCV, 10 de Marzo de 2009.
- Gustavo Coronel D. Curvas de Fragilidad para la Estimación de Daño en Edificaciones Escolares de Venezuela. Presentado en el Simposio CIMNEME, enmarcado en las Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería (JIFI 2008). Caracas del 27 al 29 de octubre de 2008.
- OA López. Efectos de los Terremotos en los Edificios Escolares y Acciones para Reducir los Riesgos. Conferencia Invitada en el evento Acciones del Colegio de Ingenieros de Venezuela ante Eventos Sísmicos, Caracas, 23 de julio de 2009.
- Gustavo Coronel D. y Oscar A. López. Evaluación del Riesgo Sísmico en Escuelas Mediante SIG con Fines de Priorización. Presentación realizada en el Taller “Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones Educativas”. Organizado por el CIGIR, Hotel Altamira Suites – Caracas, 07 de Julio de 2010.
- Gustavo Coronel D. y Oscar A. López. RiSEV: un Sistema para la Evaluación de Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela Basado en SIG. Presentación realizada en el marco del taller sobre SIG en FUNVISIS, 24 de Septiembre de 2010.
- Gustavo Coronel D. RiSEV: un Sistema para la Evaluación de Escenarios de Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela Basado en SIG. Presentación realizada en IX

Jornadas de Investigación del Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, Sede Maracay, Noviembre de 2010.

- Oscar A. López. Riesgo y Refuerzo Sismorresistente de Edificios Escolares en Venezuela. Simposio Prof. Enrique Castilla. Jifi 2012. Facultad de Ingeniería UCV, Caracas, 30 de Noviembre 2012.

## **10.2- Publicaciones**

Las siguientes publicaciones están relacionadas con el Proyecto:

- Carlos Lee, Firás Abou y Oscar A. López. Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares del Tipo Antiguo II. Revista de la Facultad de Ingeniería de la UCV, Vol. 22, No 2, p 99-110, 2007.
- Oscar A. López, Julio J. Hernández, Guanina Del Re, José Puig, Luis Espinosa. Reducing Seismic Risk of School Buildings in Venezuela. Earthquake Spectra, Vol. 23, No 4, p 771-790, November 2007.
- Oscar A. López y Luis Fernando Espinosa. Derrumbe del Liceo RMC durante el Terremoto de Cariaco de 1.997. Boletín Técnico IMME, Vol. 45, No 2, 35-57, Junio, 2007.
- Oscar A. López, J.J. Hernández, A. Marinilli, R. Bonilla, N. Fernández, J. Domínguez, T. Baloa, G. Coronel, S. Safina y R. Vielma. Seismic Evaluation and Retrofit of School Buildings in Venezuela. 14 World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, 12-17 October 2008.
- Oscar A. López. Protección de Escuelas contra los Terremotos. Trabajo de Incorporación a la Academia Nacional de Ingeniería y del Hábitat como Individuo de Número, Sillón XXXV, Caracas, Venezuela, Julio de 2008.
- Oscar A. López. Indicadores de Riesgo Sísmico en Edificios Escolares de Venezuela. Boletín Técnico IMME, Vol. 47, Número 1, 2009.
- O. A. López y L. E. Espinoza. El Colapso del Liceo RMC en el Sismo de Cariaco. En Ingeniería Forense y Estudios de Sitio, Vol. II. Editor José Grases, 2009.
- Coronel D. Gustavo, Oscar A. López y Betancourt Nelson (2010). Evaluación de Niveles de Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela Mediante Curvas de Fragilidad. Presentado y publicado en las memorias del X Congreso Chileno de Ingeniería Antisísmica. Mayo 22-27, 2010 Santiago, Chile.
- O. A. López, A. Marinilli, R. Bonilla, N. Fernández, J. Domínguez, T. Baloa, G. Coronel y R. Vielma. Evaluación Sismorresistente de Edificios Escolares en Venezuela. Revista de la Facultad de Ingeniería, UCV, Vol. 25, No 4, 2010.



- O. A. López, A. Marinilli, R. Bonilla, N. Fernández, J. Domínguez, G. Coronel, D. Rodríguez, E. Tenreiro y R. Vielma. Seismic Risk Reduction in Venezuelan Schools. 9th US National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering. July 25-29 2010, Toronto, Canada.
- Marinilli, N. Fernández, O. A. López y G. Coronel. Seismic Evaluation of School Buildings in Venezuela. 9th US National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering. July 25-29 2010, Toronto, Canada.
- O. A. López, A. Marinilli, G. Coronel & R. Bonilla. Improving Seismic Safety in Venezuelan Schools. 15 World Conference on Earthquake Engineering, Lisboa, 24-28 de Septiembre 2012.
- G. Coronel & O. A. López. Regional Seismic Damage, Loss and Risk Scenarios of Venezuelan School Buildings. 15 World Conference on Earthquake Engineering, Lisboa, 24-28 de Septiembre 2012.
- A. Marinilli, N. Fernández, O. A. López y G. Coronel. Inspection of School Buildings in Seismic Prone Areas in Venezuela. 15 World Conference on Earthquake Engineering, Lisboa, 24-28 de Septiembre 2012.
- Oscar A. López, Ángelo Marinilli, Gustavo Coronel y Ricardo Bonilla. Riesgo y Refuerzo Sismo-resistente de Edificios Escolares. Jifi-eai 2012, Facultad de Ingeniería, UCV, 26 al 30 de Noviembre de 2012.
- Gustavo Coronel D., Oscar A. López y Ricardo Pereira. Estrategias de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela mediante Sig. Jifi-eai 2012, Facultad de Ingeniería, UCV, 26 al 30 de Noviembre de 2012.
- Gustavo Coronel y Oscar A. López. Metodología para la Estimación de Daños Por Sismos en Edificios Escolares de Venezuela Mediante Curvas de Fragilidad. Revista de la Facultad de Ingeniería, UCV, Mayo 2012. Vol. 28, N° 2, 2013.

### 10.3- Congresos

- Carlos Lee y Oscar A. López. Evaluación y Adecuación Estructural de Edificaciones Escolares del Tipo Antiguo II. IX Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. UCV, Caracas, 19 al 22 de mayo de 2009.
- Marinilli, N. Fernández, Oscar A. López y G. Coronel. Inspección Sismorresistente de Edificaciones Escolares en Venezuela. IX Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. UCV, Caracas, 19 al 22 de mayo de 2009.
- G. Coronel D. y Oscar A. López. Curvas de Fragilidad para la Estimación de Daños en Edificaciones Escolares de Venezuela debidos a Terremotos. IX Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. UCV, Caracas, 19 al 22 de mayo de 2009.

- Luis Espinosa y Oscar A. López. Aplicación de Métodos de Análisis Dinámico No Lineal en la Evaluación de Daños del Liceo RMC Durante el Terremoto de Cariaco. IX Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. UCV, Caracas, 19 al 22 de mayo de 2009.
- Esteban Tenreiro, Adrián Taboada y Oscar A. López. Evaluación y Adecuación Sismorresistente de una Escuela Tipo Cajetón Cerrado. IX Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. UCV, Caracas, 19 al 22 de mayo de 2009.
- Denis Rodríguez M. y Oscar A. López. Adecuación y Reducción del Riesgo Sísmico de una Escuela Tipo Módulo Base. IX Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. UCV, Caracas, 19 al 22 de mayo de 2009.
- Carolina Tovar, A. Marinilli, José Romero y Oscar A. López. Diseño, Construcción y Evaluación de un Disipador de Energía Metálico. IX Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. UCV, Caracas, 19 al 22 de mayo de 2009.
- Ricardo Bonilla y Roberto Azancot. Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones Escolares Rurales Tipo R. IX Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. UCV, Caracas, 19 al 22 de mayo de 2009.
- Jean Domínguez y Leonardo Colmenárez. Determinación de las Propiedades Dinámicas de Edificaciones Escolares a través de Métodos No Paramétricos para Ruido Ambiental. IX Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. UCV, Caracas, 19 al 22 de mayo de 2009.
- Coronel D. Gustavo, López Oscar A. y Betancourt Nelson. Desarrollo de una herramienta basada en SIG para la evaluación de daños y pérdidas debidos a terremotos en edificios escolares de Venezuela. CINMENICS 2010, Mérida.
- Coronel D. Gustavo y López Oscar A. Curvas de Fragilidad Sísmica para la Estimación de Daños y Pérdidas en Edificios Escolares de Venezuela. CINMENICS 2010, Mérida.
- Coronel D. G., Betancort N., Báez S. V. y López O. A. RiSEV: un Sistema para la Evaluación de Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela Basado en SIG. Congreso Venezolano de Sistemas de Información Geográfica COVESIG, Mérida, Octubre de 2010.

#### **10.4- Trabajos Especiales de Grado culminados**

- Abou B. Firas y Lee C. Carlos E. Evaluación del Riesgo Sísmico en Escuelas Tipo Antiguo II. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Civil, EIC-FI Universidad Central de Venezuela, Noviembre 2005. Tutor: Prof. Oscar A. López.
- Acosta Ildemaro y Duarte Erika. Evaluación Estructural de las Edificaciones Escolares Tipo Stac ante un Evento Sísmico. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Civil, EIC-FI

- Universidad de Carabobo, Septiembre 2007. Tutor: Prof. Juan Valencia y Prof. Oscar A. López.
- Borrego Randolf y Paredes Damarys. Evaluación Sismorresistente de la U. E. N. Escuela Experimental Venezuela (Edificio Oeste). Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil EIC/FI/UCV. Caracas, 2007. Tutor: Prof. Ángelo Marinilli.
  - Chang Maryelin y Sequera Luis. Estimación de la Vulnerabilidad Sísmica en la U. E. Colomine, Valencia Edo. Carabobo. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Civil, EIC-FI Universidad de Carabobo, Julio 2008. Tutor: Prof. Fernando Villalobos.
  - Ebres E. Deglys Vanessa y Olivio A. María Carolina. Evaluación del Riesgo Sísmico en Escuelas Tipo Antiguo I, Especialmente la U.E. Luis Alejandro Alvarado, Ubicada en Cagua, Estado Aragua. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Civil, EIC-FI Universidad Central de Venezuela, Mayo 2008. Tutor: Prof. Norberto Fernández.
  - Elimar J. Hernández Guillen y Osmary C. Contreras Madriz. Índice del Grado de Vulnerabilidad Sismo de Edificaciones Escolares en Venezuela. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Civil, EIC-FI Universidad de Carabobo, Abril 2008. Tutor: Ing. Gabriela Prado. Cotutor: Prof. Oscar A. López.
  - Gazcón Johanna y Lárez Manuel. Evaluación Sismorresistente de la U. E. N. Corazón de Jesús, en Cumaná Estado Sucre. Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, EIC/FI/UCV. Caracas, 2008. Tutor: Prof. Ángelo Marinilli.
  - Goncálvez M. Zulimar Del V. y Ynfante R. Marialth K. Evaluación del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares Tipo Antiguo I, Ubicadas en el Municipio Bermúdez de la Población de Carúpano, Estado. Sucre. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Civil, EIC-FI Universidad Central de Venezuela, Octubre 2008. Tutor: Prof. Norberto Fernández.
  - Grippi Luís y Rodríguez, María Mónica. Evaluación General del Grado de Riesgo Sísmico de un grupo de Estructuras Escolares Públicas de los Municipios Valencia, Guacara y Diego Ibarra del Estado Carabobo. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Civil, EIC-FI Universidad de Carabobo, Abril 2008. Tutor: Prof. Clara Alvarado. Cotutor: Prof. Oscar Andrés López.
  - Guzmán Gabriela y Rojas Lizardo. Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica de la Unidad Educativa Cirilo Alberto, Tipo “Stac Antiguo”. Ubicada en el Municipio Valencia, del Estado Carabobo. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Civil, EIC-FI Universidad de Carabobo, Abril 2008. Tutor: Clara Alvarado. Cotutor: Prof. Oscar A. López.
  - Jaramillo Omar y Al Jarrouj Yoman. Evaluación Sismorresistente de la U. E. N. Escuela Experimental Venezuela (Edificio Este). Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, EIC/FI/UCV. Caracas, 2008. Tutor: Prof. Ángelo Marinilli.

- Márquez F. Laura M. y Rodríguez S. Harcyo L. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica en la Unidad Educativa “Dr. Lisandro Lecuna” Tipo Antiguo II, Municipio Naguanagua. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Civil, EIC-FI Universidad de Carabobo, Abril 2008. Tutor: Ing. Gabriela Prado. Cotutor: Prof. Oscar A. López.
- Morreale Paolo y Quintana José. Diseño de Modelo de Rehabilitación para Mejorar el Comportamiento Sísmico de la U.E. Colomine Valencia Edo. Carabobo. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Civil, EIC-FI Universidad de Carabobo, Abril 2009. Tutor: Prof. Fernando –Villalobos y Prof. Enrique Castilla.
- Olivo E. Mary A. y Sucre E. María C. Evaluación Sismorresistente de Edificaciones Escolares Tipo Módulo Base. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Civil, EIC-FI Universidad Central de Venezuela, Octubre 2007. Tutor: Prof. Oscar A. López.
- Rodríguez Denis. Adecuación y Reducción de Riesgo Sísmico de una Escuela Tipo Módulo Base. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Especialista en Ingeniería Sismorresistente, EIC-FI-UCV, 2010. Tutor: Prof. Oscar A. López.
- Taboada G. Adrián E. y Sosa B. Marcos G. Evaluación Sismorresistente Edificaciones Escolares Tipo Cajetón Cerrado. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Civil, EIC-FI Universidad Central de Venezuela, Noviembre 2007. Tutor: Prof. Oscar A. López.
- Wadih Bule Safi. Incidencia de los Elementos No-Estructurales sobre la Vulnerabilidad Sísmica en las Edificaciones Escolares". Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, mayo 2008. Tutor: Prof. Ricardo Bonilla.
- Denis Rodríguez. Adecuación y Reducción del Riesgo Sísmico de una Escuela Tipo Módulo Base. Trabajo Especial de Grado de Especialista en Ingeniería Sismorresistente, IMME – Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, marzo, 2011. Tutor: Prof. Oscar A. López.
- Gustavo Coronel D. Estimación de Daños y Pérdidas debidas a Terremotos en Escenarios Regionales: Aplicación a Edificios Escolares de Venezuela. Trabajo de Grado de Magister Scientiarum en Ingeniería Sismorresistente, IMME, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Presentada el 20 de febrero de 2013. Tutor: Prof. Oscar A. López.

### **10.5- Trípticos, Afiches**

En el Anexo 10.1 se presenta el tríptico y el afiche que fueron desarrollados para describir el Proyecto y que fueron distribuidos entre todas las oficinas de FEDE en cada estado del país así como en diversos congresos, eventos técnicos y reuniones relacionadas con la temática de las escuelas y las amenazas naturales.

### **10.6- Videos**

En el Anexo 10.2 se presentan los dos videos desarrollados para el Proyecto por el Departamento Audiovisual de la UNA. Estos videos se denominan: 1) Escuelas y Terremotos, y 2) FUNVISIS va a la Escuela.

### **10.7- Portal del Proyecto**

El portal del Proyecto se encuentra en el servido de FUNVISIS en la dirección <http://www.funvisis.gob.ve/proyectoescuela/>

# Anexo 10.1

## Tríptico del Proyecto



### 5.- Talleres de Prevención



\*En conjunto con las comunidades educativas se planifica la preparación para antes, durante y después de un terremoto.

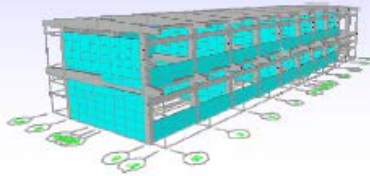
### 6.- Desarrollo de Amortiguadores



\*Se diseñan amortiguadores o disipadores de energía para reducir las vibraciones del edificio durante un terremoto.

**IMME**  
**FVS** FUNDACIÓN DE INVESTIGACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS  
Ministerio de Ciencia y Tecnología

Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela  
Proyecto FONACIT N° 2005000188  
Ministerio de Ciencia y Tecnología



### Protección de Edificios Escolares contra los Terremotos



Responsable:  
Oscar A. López  
IMME, Facultad de Ingeniería, UCV  
Ciudad Universitaria, Caracas  
Tf: 605-3129 - 605-3134 - 605-1758




Diseño: henley.pinto@gmail.com

**IMME**  
**FVS** FUNDACIÓN DE INVESTIGACIONES Y DOTACIONES EDUCATIVAS  
Ministerio de Ciencia y Tecnología


Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela  
Proyecto FONACIT N° 2005000188  
Ministerio de Ciencia y Tecnología

### Terremoto de Cariaco 1997



Escuela Valentin Vallerie

- En Cariaco, cuatro edificaciones de dos planteles escolares se derrumbaron, y 22 niños y una maestra perdieron la vida.
- El derrumbe de los edificios se debió a que fueron diseñados y construidos con normas antiguas que no tomaban en cuenta apropiadamente los efectos de los terremotos.

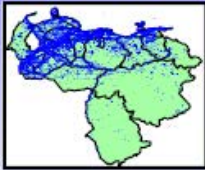


Liceo Raimundo Martinez Centeno

### Objetivo del Proyecto

- Desarrollo de planes para la reducción del riesgo sísmico en edificaciones escolares existentes.


### 1.- Censo Escolar Nacional



Distribución de Planteles Escolares

- Tiene como finalidad determinar la tipología constructiva y el año de construcción de edificios escolares que se han hecho en el país desde principios del siglo XX. Conociendo esta información se puede determinar el efecto de los terremotos en cada edificio.


### 2.- Efectos de los Terremotos sobre el Sistema Escolar



Terremoto de Cariaco 1997

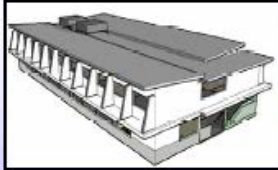
- En esta Actividad se determinan los daños potenciales en escuelas que puedan ocasionar terremotos futuros, lo que permitirá la toma de decisiones hacia la prevención, refuerzo de escuelas de mayor riesgo y preparación de las comunidades.

### 3.- Inspección y Mediciones



- Se inspeccionan 250 escuelas se miden sus propiedades dinámicas y se determinan sus índices de vulnerabilidad, para seleccionar las de mayor riesgo, estudiarlas en detalle y reforzarlas, si es necesario, a fin de adecuarlas a las normas sismorresistentes vigentes.

### 4.- Análisis y Refuerzo Estructural de Escuelas



- Las escuelas de mayor riesgo son objeto de estudios detallados. Mediante Modelos Matemáticos se analiza el edificio, se detectan sus debilidades y se diseñan los refuerzos estructurales necesarios a fin de garantizar la seguridad de sus ocupantes.

# **Anexo 10.2**

## **Videos del Proyecto**

### **Video 1: Escuelas y Terremotos**

### **Video 2: FUNVISIS va a la Escuela**

Estos videos pueden ser descargados del portal del proyecto en la siguiente dirección: <http://www.funvisis.gob.ve/proyectoescuela/>