

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS DE USO RESIDENCIAL CON MUROS EN UNA Y DOS DIRECCIONES CONSTRUIDOS BAJO EL SISTEMA TIPO TÚNEL

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por las Brs.:

León Sánchez, Mariana

Salcedo Jaimes, Anyela Lucero

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, 2015

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS DE USO RESIDENCIAL CON MUROS EN UNA Y DOS DIRECCIONES CONSTRUIDOS BAJO EL SISTEMA TIPO TÚNEL

TUTOR ACÁDEMICO: Prof. Norberto Fernández

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por las Brs.:

León Sánchez, Mariana
Salcedo Jaimes, Anyela Lucero

Para optar al Título de
Ingeniero Civil

Caracas, 2015

ACTA

El día 02 de noviembre de 2015 se reunió el jurado formado por los profesores:

Norberto Fernández

Oscar A. López

José M. Velásquez

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS DE USO RESIDENCIAL CON MUROS EN UNA Y DOS DIRECCIONES CONSTRUIDOS BAJO EL SISTEMA TIPO TÚNEL”**.

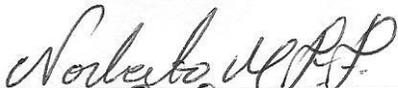
Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que las bachilleres hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

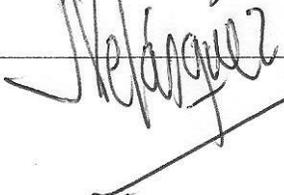
NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Mariana León Sánchez	20	Veinte
Br. Anyela Salcedo Jaimes	20	Veinte

Recomendaciones:

FIRMAS DEL JURADO







Caracas, 02 de noviembre de 2015

DEDICATORIA

A mi primo **Cristóbal Carrasco Aparicio**, quien estuvo compartiendo conmigo a lo largo de todo este camino y se fue antes de poderlo celebrar, pero sé que tu alegría siempre estará con nosotros Cristobita.

A mis padres **Carmen Elena Sánchez** y **Carlos José León** por su esfuerzo, sacrificio, comprensión, apoyo y amor incondicional.

A mi hermano **Iván José León** por estar incondicionalmente conmigo en todo momento.

A mis tíos **Marilu Aparicio** y **Cristóbal Carrasco** por ser mis segundos padres y demostrarme siempre su amor y su apoyo.

A **Anyela Salcedo** por permitirme desarrollar con ella este trabajo, por su paciencia y comprensión, y sobre todo por su amistad.

A **Catherine Angulo, Maira Acosta, Airlin Contreras, Abrahan Malavé, Melanie Osuna, Hector Rodrigues, Johana Gámez, Merlyn Camacaro** y **José Díaz** por brindarme algo tan importante para mí como su amistad y compartir conmigo los buenos momentos y aquellos que no lo fueron tanto.

A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a mi formación y compartieron conmigo durante estos años.

Mariana León Sánchez.

DEDICATORIA

A mi **abue bonita María Andelfa Delgado**, por su cariño, dedicación y apoyo todos estos años, desde el cielo sé que estará feliz de verme cumplir este logro tan importante.

A mis padres, **María Jaimes y José Salcedo** por ser mi guía, mi sustento y estar siempre cuando más los necesitaba, gracias por su paciencia y su gran amor.

A mis hermanos, **Milagros Salcedo, Luz Salcedo y Alexander Salcedo**, por apoyarme incondicionalmente durante todo este tiempo.

A **Iván Lares**, por ser mi cómplice desde el inicio de la carrera, por su apoyo, su cariño, paciencia, comprensión y por compartir conmigo las buenas y no tan buenas experiencias.

A mi amiga **Mariana León**, por haber aceptado este reto juntas, por su paciencia y gran compromiso.

A **Catherine Angulo, Maira Acosta, Airlin Contreras, Abrahan Malavé, Melanie Osuna, Hector Rodrigues, Airam González y Miguel Cervantes**, por todas las experiencias vividas. ¡Gracias chicos!

Anyela Salcedo

AGRADECIMIENTOS

A Dios, nuestro creador por darnos vida y salud, e iluminar nuestro camino día a día.

A Nuestras Familias, por su apoyo incondicional durante toda la carrera.

A la Universidad Central de Venezuela, por brindarnos la oportunidad de pertenecer a ella y permitir nuestra formación profesional.

A la Facultad de Ingeniería, por abrirnos sus puertas y formarnos integralmente.

Al Profesor Norberto Fernández, por compartir su experiencia y conocimientos con nosotras; ayudarnos en el desarrollo de este trabajo y por toda su paciencia y dedicación.

A los Ingenieros Oscar A. López, José M. Velásquez, José G. Rengel y Juan Arteaga por su valiosa colaboración.

A nuestros amigos de la Escuela de Ingeniería Civil por los grandes momentos compartidos.

Mariana León y Anyela Salcedo.

León S. Mariana
Salcedo J. Anyela L.

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE
EDIFICIOS DE USO RESIDENCIAL CON MUROS EN UNA Y
DOS DIRECCIONES CONSTRUIDOS BAJO EL SISTEMA TIPO
TÚNEL**

Tutor Académico: Prof. Norberto Fernández

Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.

Escuela de Ingeniería Civil. 2015, n° págs. 200.

Palabras clave: Edificaciones Tipo Túnel, Muros de pared delgada, Sismorresistencia.

RESUMEN

En las últimas décadas se ha desarrollado un sistema estructural denominado Tipo Túnel utilizado en la construcción de viviendas multifamiliares en Venezuela. En vista de la alta implementación de este sistema, el presente Trabajo de Grado tiene como objetivo principal evaluar mediante modelos matemáticos la vulnerabilidad sísmica de edificios con muros en una y dos direcciones construidos bajo el sistema Tipo Túnel. Para el análisis elástico de la estructura, se utilizó el programa de diseño estructural *ETABS®* versión 9.7.4 considerando aspectos como la disposición y espesor de los muros.

La información recopilada comprendió la obtención y revisión de los planos de 23 edificaciones ubicadas en las ciudades de Caracas, Maracay, Guarenas y Guatire, las cuales representan a un total aproximado de más de 1000 edificios. Estas edificaciones se clasificaron en cuatro grupos, realizándose tres modelos matemáticos representativos de los primeros grupos formados por los edificios Tipo Túnel más

comunes construidos en el país. Adicionalmente se generaron modificaciones de estos modelos para observar la variación del período fundamental y la relación Demanda/Capacidad.

Se revisó la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 “Diseño Sismorresistente”, donde se identificaron los parámetros aplicables al diseño de muros estructurales, notándose que no existe ninguna distinción de los valores de estos parámetros, entre las estructuras de muros convencionales y las estructuras Tipo Túnel.

Después de realizar los modelos matemáticos planteados y analizar los resultados obtenidos, se observó que solo los edificios con muros en las dos direcciones presentaron períodos fundamentales en el primer modo de vibración similares a los esperados para estructuras rígidas con muros de concreto armado. De igual forma, se logró conocer que las edificaciones cumplen con los desplazamientos laterales en ambas direcciones, alcanzando valores menores a los máximos establecidos por la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001.

La presente investigación permitió conocer el grado de vulnerabilidad sísmica de los edificios Tipo Túnel, ya que al presentar muros dispuestos en una dirección, la capacidad a flexión de los mismos no fue suficiente ante la acción sísmica, igualmente ocurre cuando se disponen muros en ambas direcciones, pero en una de ellas la densidad de muros en planta es mucho menor con respecto a la otra.

Se recomienda realizar cambios en los edificios Tipo Túnel que mejoren su configuración estructural para su construcción en zonas de alta sismicidad, así mismo se sugiere evitar su construcción con muros en una sola dirección.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	iii
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Resumen	vii
Índice de Figuras	xvi
Índice de Tablas	xxi
Índice de ANEXOS	xxix
Notación y Unidades	xxxiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
I.2. OBJETIVOS	4
I.2.1 Objetivo general	4
I.2.2 Objetivos específicos	4
I.3. APORTES	5
I.4. ALCANCES Y LIMITACIONES	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
II.1. ANTECEDENTES	7
II.1.1 Análisis de respuesta sísmica en edificios Tipo Túnel, bajo régimen elástico	7

II.1.2 Análisis y diseño de muros estructurales de concreto considerando las experiencias de los terremotos de Chile 2010 y Nueva Zelanda 2011	8
II.2. MUROS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO	9
II.2.1 Descripción	9
II.2.2 Tipos de fallas.....	11
II.2.3 Elementos de borde.....	13
II.3. SISTEMA TIPO TÚNEL	14
II.3.1 Descripción General	14
II.3.2 Sistema Tipo Túnel Tradicional	17
II.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS	18
II.4.1 Análisis Dinámico Espacial.....	18
II.4.2 Análisis Modal Espectral.....	19
II.5. FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA	19
II.6. PERÍODO FUNDAMENTAL.....	20
II.7. DESPLAZAMIENTOS LATERALES	22
II.7.1 Desplazamientos Laterales Totales	22
II.7.2 Derivas.....	22
II.7.3 Valores Límites establecidos	22
II.8. RELACIÓN DEMANDA – CAPACIDAD	23
II.8.1 Relación Demanda/Capacidad en muros con el programa de Análisis Estructural ETABS ®.....	24
II.9. ETABS® (<i>Extended three dimensional analysis of building systems</i>)	25
II.10. CONCEPTOS BÁSICOS	25
II.10.1 Amenaza Sísmica	25

II.10.2 Densidad de Muros	26
II.10.3 Diagrama de interacción	26
II.10.4 Ductilidad	26
II.10.5 Espectro de Diseño	26
II.10.6 Espectro de Respuesta	26
II.10.7 Nivel de Diseño	27
II.10.8 Rigidez.....	27
II.10.9 Sismo	27
II.10.10 Vulnerabilidad Sísmica.....	27
CAPÍTULO III.....	28
MÉTODO.....	28
III.1. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	28
III.1.1 Recopilación de información	28
III.1.2 Revisión de planos y selección de edificios	28
III.1.3 Revisión de Normas e Investigaciones sobre Diseño Sismorresistente	29
III.1.4 Elaboración de modelos matemáticos	29
III.1.5 Análisis Estructural	30
III.1.6 Propuesta de Refuerzo.....	30
CAPÍTULO IV.....	31
REVISIÓN DE NORMAS Y ARTICULOS EXISTENTES.....	31
IV.1. REVISIÓN DE LA NORMA FONDONORMA 1756: 2006 “PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS EN CONCRETO ESTRUCTURAL”	32
IV.2. REVISIÓN DE LA NORMA COVENIN 1756: 2001 “EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES”	33

IV.2.1 Fundamentos Básicos (Capítulo 3.5)	33
IV.2.2 Nivel de Diseño (Capítulo 6.2.1)	33
IV.2.3 Clasificación según el Tipo de Estructura (Capítulo 6.3)	34
IV.2.4 Factor de Reducción de Respuesta (Capítulo 6.4)	35
IV.2.5 Período Fundamental (Capítulo 9.3.2.2)	35
IV.2.6 Desplazamientos Laterales (Capítulo 10)	36
IV.3. REVISIÓN DE LA NORMA PERUANA E.030:2006 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”	36
IV.3.1 Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica	37
IV.3.2 Período Fundamental	38
IV.3.3 Desplazamientos Laterales Permisibles.	38
IV.4. REVISIÓN DE LA NORMA NEOZELANDESA NZS 1170:2003 “ <i>Structural Design Actions</i> ” (ACCIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL).....	38
IV.4.1 Factor de Ductilidad Estructural (μ)	38
IV.4.2 Período Fundamental (T_1)	39
IV.4.3 Desplazamientos Laterales Permisibles.	40
IV.5. DIFERENCIA ENTRE PARÁMETROS REVISADOS EN LAS NORMATIVAS	40
IV.6. REVISIÓN DE ARTICULOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS TIPO TÚNEL.....	42
IV.6.1 Aspectos resaltantes de los artículos revisados.....	46
CAPÍTULO V.	48
INFORMACIÓN OBTENIDA DE LOS EDIFICIOS	48
V.1. DESCRIPCIÓN DE LOS EDIFICIOS.....	48

V.1.1 El Fortín. Urbanización Nueva Casarapa	48
V.1.2 La Ribera. Urbanización Nueva Casarapa.....	49
V.1.3 Urbanización Camino Real	50
V.1.4 El Tablón. Urbanización Nueva Casarapa.....	51
V.1.5 Conjunto Residencial Antares del Ávila	52
V.1.6 Conjunto Residencial La Meseta.....	53
V.1.7 Ciudad Residencial La Rosa.....	54
V.1.8 Conjunto Residencial Teatros II y Conjunto Residencial Agua Salud .	55
V.1.9 Conjunto Habitacional Castillejo	56
V.1.10 Urbanización Palo Alto	57
V.1.11 Urbanización El Ingenio.....	58
V.1.12 Urbanización Valle Grande	59
V.1.13 Desarrollo Habitacional Maca Socialista	60
V.1.14 Residencias Las Ceibas. Urbanizadora Terrazas de Guaicoco.....	61
V.1.15 Residencias Los Samanes, Residencias Los Sauces y Residencias Los Apamates	62
V.1.16 Edificio Urbanización Los Aviadores	63
V.1.17 Edificio Modelo.....	64
V.1.18 Edificios del Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI).....	65
V.1.19 Guásimal.....	66
V.1.20 Desarrollo Urbanístico y Habitacional Catia La Mar	67
V.2. INFORMACIÓN EXTRAÍDA DE LOS PLANOS RECOPIRADOS	68
V.3. CLASIFICACIÓN DE EDIFICIOS	81
V.3.1 Grupo I	81

V.3.2 Grupo II	81
V.3.3 Grupo III.....	81
V.3.4 Grupo IV.....	82
CAPÍTULO VI.....	83
DESCRIPCIÓN Y ELABORACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS A EVALUAR.....	83
VI.1. DEFINICIÓN DE LOS MODELOS PRINCIPALES	84
VI.1.1 Modelo 1	84
VI.1.2 Modelo 2	88
VI.1.3 Modelo 3	92
VI.2. MODELOS CON VARIACIÓN EN EL NÚMERO DE NIVELES	97
VI.2.1 Modelo 1.1	97
VI.2.2 Modelo 2.1	101
VI.2.3 Modelo 3.1	105
VI.3. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	109
VI.4. DEFINICIÓN DE LAS CARGAS.....	109
VI.4.1 Acciones Gravitacionales.....	109
VI.4.2 Acciones sísmicas	111
VI.4.3 Combinaciones de las acciones	114
CAPÍTULO VII.....	116
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	116
VII.1. DENSIDAD DE MUROS	116
VII.2. PERÍODO	117
VII.3. DESPLAZAMIENTOS LATERALES	119

VII.4. DEMANDA CAPACIDAD A FLEXIÓN.....	121
VII.4.1 Demanda capacidad a flexión de los modelos principales	122
VII.4.2 Demanda capacidad a flexión de los modelos modificados	132
VII.5. Verificación de la resistencia a corte	140
CAPÍTULO VIII.	149
PROPUESTA DE REFORZAMIENTO CONCEPTUAL	149
VIII.1. Propuesta conceptual de reforzamiento.....	150
VIII.2. Propuesta conceptual de distribución de muros	152
VIII.3. Propuesta sugerida por otros autores	155
CAPÍTULO IX.....	156
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	156
IX.1. CONCLUSIONES	156
IX.2. RECOMENDACIONES	158
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	159
ANEXOS	164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1. Modos de falla de muros altos. Fuente: Paulay & Priestley, 1992.....	12
Figura II.2. Modos de falla en muros bajos. Fuente: Fuente: Paulay & Priestley, 1992.....	12
Figura II.3. Ejemplos de miembros de borde en muros de concreto. Fuente: Bazán & Meli (2007).	13
Figura II.4. Colocación del acero de refuerzo de un muro a ser vaciado (Izq.). Edificios Tipo Túnel en construcción (Der.). Fuente: FUNVISIS.....	15
Figura II.5. Detalle del acero de refuerzo de un muro. Fuente: FUNVISIS.....	15
Figura II.6. Encofrado en forma de “U” invertida (Izq.). Encofrado en forma de “L” (Der). Fuente: Encofrados Túnel. Outinord.	16
Figura II.7. Construcción de edificio de muros con encofrados manoportable. Fuente: Encofrados FORSA.....	16
Figura II.8. Planta de edificio Tipo Túnel tradicional con muros en una dirección. Fuente: Elaboración Propia.	17
Figura II.9. Planta de edificio Tipo Túnel tradicional con muros en dos direcciones. Fuente: Elaboración Propia.	17
Figura II.10. Relación Demanda/Capacidad bidimensional en muros. Fuente: Computers and Structures (2005).	24
Figura IV.1. Corte del conjunto del ensayo. Fuente: Sozen, M. A. & Abrams, D. P. (1979).	42
Figura V.1. Vista de Fachada Edificio El Fortín. Fuente: Elaboración Propia.....	48
Figura V.2. Plano de Planta de Edificio El Fortín. Fuente: Elaboración Propia.....	48
Figura V.3. Vista de Edificio La Ribera. Fuente: Elaboración Propia.....	49
Figura V.4. Plano de Planta de Edificio La Ribera. Fuente: Elaboración Propia.	49

Figura V.5. Vista de Edificios Camino Real. Fuente: FUNVISIS.....	50
Figura V.6. Plano de Planta de Edificio Camino Real. Fuente: Elaboración Propia.	50
Figura V.7. Vista Edificio El Tablón. Fuente: Elaboración Propia.	51
Figura V.8. Plano de Planta de Edificio El Tablón. Fuente: Elaboración Propia.	51
Figura V.9. Vista de Fachada de Edificios Antares del Ávila. Fuente: Ing. José Rengel.	52
Figura V.10. Plano de Planta de Edificio Antares del Ávila. Fuente: Elaboración Propia.	52
Figura V.11. Vista Edificio La Meseta. Fuente: Web Mitula.	53
Figura V.12. Plano de Planta de Edificio La Meseta. Fuente: Elaboración Propia. ..	53
Figura V.13. Fachada Edificio La Rosa. Fuente: Ing. José Rengel.	54
Figura V.14. Plano de Planta de Edificio La Rosa. Fuente: Elaboración Propia.	54
Figura V.15. Vista de construcción de Edificio Teatros II. Fuente: Ing. José Rengel.	55
Figura V.16. Plano de Planta del Edificio Teatros II y Agua Salud. Fuente: Elaboración Propia.	55
Figura V.17. Vista de Edificio Castillejo. Fuente: Elaboración Propia.	56
Figura V.18. Plano de Planta Edificio Castillejo. Fuente: Elaboración Propia.	56
Figura V.19 Plano de Planta de Edificio Palo Alto. Fuente: Elaboración Propia.	57
Figura V.20. Plano de Planta de Edificio Palo Alto. Fuente: Elaboración Propia.	57
Figura V.21. Vista de Fachada de Edificio El Ingenio. Fuente: Remax® Venezuela.	58
Figura V.22. Plano de Planta de Edificio El Ingenio. Fuente: Elaboración Propia. ..	58
Figura V.23. Vista de Edificios Valle Grande. Fuente: Web Mitula.	59

Figura V.24. Plano de Planta de Edificio Valle Grande. Fuente: Elaboración Propia.	59
Figura V.25. Vista de Edificios Maca Socialista. Fuente: Web Venezolana de Televisión.....	60
Figura V.26. Plano de Planta de Edificio Maca Socialista. Fuente: Elaboración Propia.	60
Figura V.27. Vista de Edificios Las Ceibas. Fuente: FUNVISIS.	61
Figura V.28. Plano de Planta de Edificio Las Ceibas. Fuente: Elaboración Propia. .	61
Figura V.29. Vista de Fachada de Edificios Los Samanes. Fuente: Web Mitula.	62
Figura V.30. Plano de Planta de Edificio Los Samanes. Fuente: Elaboración Propia.	62
Figura V.31. Vista de Edificio Los Aviadores. Fuente: Web Venezolana de Televisión.....	63
Figura V.32. Plano de Planta del Edificio Los Aviadores. Fuente: Elaboración Propia.	63
Figura V.33. Plano de Planta de Edificio Modelo. Fuente: Elaboración Propia.....	64
Figura V.34. Plano de Planta de Edificio INAVI. Fuente: Elaboración Propia.....	65
Figura V.35. Vista de Edificio Guásimal. Fuente: Asm en línea.....	66
Figura V.36. Plano de Planta de Edificio Guásimal. Fuente: Elaboración Propia.....	66
Figura V.37. Plano de Planta de Edificio Catia La Mar. Fuente: Elaboración Propia.	67
Figura V.38. Detalle del acero de refuerzo transversal Tipo Abierto. Fuente: Elaboración Propia.	78
Figura V.39 Detalle del acero de refuerzo transversal Tipo Cerrado. Fuente: Elaboración Propia.	78

Figura V.40 Detalle del acero de refuerzo en sección de muro "T". Fuente: Elaboración Propia.	80
Figura V.41. Detalle del acero de refuerzo en sección de muro "L". Fuente: Elaboración Propia.	80
Figura V.42. Detalle del acero de refuerzo en sección de muro en "Cruz". Fuente: Elaboración Propia.	80
Figura VI.1. Vista 3D del edificio (Izq.). Vista 3D de Planta Tipo (Der.). Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.	84
Figura VI.2. Planta Tipo (Izq.). Planta Techo (Der.). Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.	84
Figura VI.3. Vista 3D del edificio (Izq.). Vista 3D Planta Tipo (Der.). Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.	89
Figura VI.4. Planta Tipo (Izq.). Planta Techo (Der.). Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.	89
Figura VI.5. Vista 3D del edificio (Izq.). Vista 3D Planta Tipo (Der.). Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.	93
Figura VI.6. Planta Tipo (Izq.). Planta Techo (Der.). Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.	94
Figura VI.7. Vista 3D del edificio (Izq.). Vista 3D Planta Tipo (Der.). Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.	97
Figura VI.8. Vista 3D (Izq.). Vista 3D Planta Tipo (Der.). Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.	101
Figura VI.9. Vista 3D (Izq.). Vista 3D Planta Tipo (Der.). Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.	105
Figura VII.1. Planta Tipo del Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.	122
Figura VII.2. Planta Tipo del Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.	125

Figura VII.3. Planta Tipo del Modelo 3 y Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.	128
Figura VIII.1. Planta Tipo del Modelo 1. Fuente: Elaboración propia.	150
Figura VIII.2. Planta Tipo de Modelo con muros de refuerzo. Fuente: Elaboración propia.....	150
Figura VIII.3. Vista 3D del edificio con reforzamiento (Izq.) Vista 3D de una planta tipo (Der.). Fuente: Elaboración propia.	151
Figura VIII.4. Planta tipo del Modelo 3.1 (Izq.). Planta Tipo de la propuesta conceptual de incorporación de mayor densidad de muros (Der.). Fuente: Elaboración Propia.	153
Figura VIII.5. Vista 3D de edificio con propuesta conceptual de incorporación de muros (Izq.) Vista 3D de planta tipo del edificio con incorporación de muros (Der.) Fuente: Elaboración Propia.	154
Figura VIII.6. Vista 3D de edificio con propuesta de reforzamiento con contrafuertes. Fuente: Adah G. Lubeca Ricardo (2006)	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1. Valores límites de $\delta_i/(h_i - h_{i-1})$. Fuente: COVENIN 1756:2001.	23
Tabla IV.1. Factor de Reducción R. Fuente: COVENIN 1756:2001.	35
Tabla IV.2. Coeficiente de reducción R. Fuente: Norma E.30-2006.	37
Tabla IV.3. Factor estructural de ductilidad μ . Fuente: NZS 1170:2003.	39
Tabla IV.4. Diferencias entre parámetros sísmicos. Fuente: Elaboración Propia. ..	41
Tabla V.1. Fuente de la que se obtuvieron los planos, ubicación y cantidad de edificios. Fuente: Elaboración Propia.	69
Tabla V.2. Tipos de planos obtenidos. Fuente: Elaboración Propia.	70
Tabla V.3. Número de niveles, dirección de muros y distribución de apartamentos por piso. Fuente: Elaboración Propia.	71
Tabla V.4. Características geométricas de las edificaciones que presentan muros en una dirección. Fuente: Elaboración Propia.	72
Tabla V.5. Características geométricas de las edificaciones que presentan muros en las dos direcciones. Fuente: Elaboración propia.	72
Tabla V.6. Calidad de los materiales de los edificios con muros en una dirección. Fuente: Elaboración Propia.	73
Tabla V.7. Calidad de los materiales de los edificios con muros en dos direcciones. Fuente: Elaboración Propia.	73
Tabla V.8. Acero de refuerzo en edificios con muros en una dirección. Fuente: Elaboración Propia.	74
Tabla V.9. Acero de refuerzo en edificios con muros en dos direcciones. Elaboración Propia.	75
Tabla V. 10. Acero de refuerzo en los extremos de los muros de los edificios con muros en una dirección. Fuente: Elaboración Propia.	77

Tabla V.11. Acero de refuerzo en los extremos de los muros de los edificios con muros en las dos direcciones. Fuente: Elaboración Propia.....	77
Tabla V.12. Acero de refuerzo en la intersección de los muros de los edificios con muros en las dos direcciones. Fuente: Elaboración Propia.....	79
Tabla V.13. Clasificación de Edificios. Fuente: Elaboración Propia.	82
Tabla VI.1. Masa acumulada por nivel. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia. .	85
Tabla VI.2. Valores del Corte Basal. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	85
Tabla VI.3. Verificación del Cortante Basal. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia	86
Tabla VI.4. Valores máximos corregidos del Corte Basal. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	87
Tabla VI.5. Corrección del Cortante Basal. Modelo 1. Elaboración Propia.	87
Tabla VI.6. Verificación del Coeficiente Sísmico. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	87
Tabla VI.7. Períodos y Masas Participativas por Modo. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	88
Tabla VI.8. Masa acumulada por nivel. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia. ...	90
Tabla VI.9. Valores del Corte Basal. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.....	90
Tabla VI.10. Verificación del Cortante Basal. Modelo 2. Elaboración Propia.	91
Tabla VI.11. Valores máximos corregidos del Corte Basal. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.....	91
Tabla VI.12. Corrección del Cortante Basal. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.	91
Tabla VI.13. Verificación del Coeficiente Sísmico. Modelo 2. Fuente: Elaboración propia.	91

Tabla VI.14. Períodos y Masas Participativas por Modo. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.....	92
Tabla VI.15. Masa acumulada por nivel. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia. .	94
Tabla VI.16. Valores de Corte Basal. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.....	95
Tabla VI.17. Verificación del Cortante Basal. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.....	95
Tabla VI.18. Verificación del Coeficiente Sísmico. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.....	95
Tabla VI.19. Períodos y Masas Participativas por Modo. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.....	96
Tabla VI.20. Masa acumulada por nivel. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.	98
Tabla VI.21. Valores del Corte Basal. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia....	98
Tabla VI.22. Verificación del Cortante Basal. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.....	99
Tabla VI.23. Valores máximos corregidos del Cortante Basal. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.....	99
Tabla VI.24. Corrección del Cortante Basal. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.....	99
Tabla VI.25. Verificación del Coeficiente Sísmico. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.....	100
Tabla VI.26. Períodos y Masas Participativas por Modo. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.....	100
Tabla VI.27. Masa acumulada por nivel. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.	102
Tabla VI.28. Valores del Corte Basal. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia..	102

Tabla VI.29. Verificación del Cortante Basal. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.....	103
Tabla VI.30. Valores máximos corregidos del Corte Dinámico. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.....	103
Tabla VI.31. Corrección del Cortante Basal. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.....	103
Tabla VI.32. Verificación del Coeficiente Sísmico. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.....	104
Tabla VI.33. Períodos y Masas Participativas. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.....	104
Tabla VI.34. Masa acumulada por Nivel. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.	106
Tabla VI.35. Valores del Corte Basal. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.	106
Tabla VI.36. Verificación del Cortante Basal. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.....	107
Tabla VI.37. Valores máximos corregidos del Corte Dinámico. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.....	107
Tabla VI.38. Corrección del Cortante Basal. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.....	107
Tabla VI.39. Verificación del Coeficiente Sísmico. Modelo 3.1.	108
Tabla VI.40. Períodos y Masas Participativas. Modelo 3.1.	108
Tabla VI.41. Calidad de los Materiales usados en la elaboración de los modelos. Fuente: Elaboración Propia.....	109
Tabla VI.42. Acciones Variables aplicadas en la losa de Entrepiso. Fuente: Elaboración Propia.....	110

Tabla VI.43. Acciones Variables aplicadas en la losa de Techo. Fuente: Elaboración Propia.....	110
Tabla VI.44. Acciones Permanentes en la losa de Entrepiso. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	110
Tabla VI.45. Acciones Permanentes en la losa de Techo. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	110
Tabla VI.46. Acciones Permanentes en la losa de Entrepiso. Modelos 2 y 3. Fuente: Elaboración Propia.....	110
Tabla VI.47. Acciones Permanentes en la losa de Techo. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.....	111
Tabla VI.48. Acciones Permanentes en la losa de Techo. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.....	111
Tabla VI.49. Características del Espectro de Diseño. Fuente: Elaboración Propia.	113
Tabla VI.50. Factores del Espectro de Diseño. Fuente: Elaboración Propia.....	113
Tabla VI.51. Valores notables del Espectro de Diseño. Fuente: Elaboración Propia.	113
Tabla VII.1. Densidad de muros en planta respecto al área de la losa. Fuente: Elaboración propia.....	117
Tabla.VII.2. Comparación del Período Fundamental de vibración con las Fórmulas presentadas por la Norma COVENIN 1756:2001 y Sozen (2004). Fuente: Elaboración Propia.....	118
Tabla VII.3. Desplazamientos Laterales Totales y Derivas del Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	119
Tabla VII.4. Máxima Deriva Inelástica y Valores Límites. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	119

Tabla VII.5. Desplazamientos Laterales Totales y Derivas del Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.....	120
Tabla VII.6. Máxima Deriva Inelástica y Valores Límites. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.....	120
Tabla VII.7. Desplazamientos Laterales Totales y Derivas del Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.....	120
Tabla VII.8. Máxima Deriva Inelástica. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia..	120
Tabla VII.9. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.	123
Tabla VII.10. Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en la dirección X. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	123
Tabla VII.11. Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en la dirección Y. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.	124
Tabla VII.12. Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y. Modelo 2. Fuente: Elaboración propia.....	125
Tabla VII.13. Relación Demanda/Capacidad la con la aplicación de la Acción Sísmica en la dirección X. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.	126
Tabla VII.14. Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en la dirección Y. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.	126
Tabla VII.15. Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.....	128
Tabla VII.16. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección X. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.....	129
Tabla VII.17. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección Y. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.....	129

Tabla VII.18. Comparación de los valores de Demanda/Capacidad con R=1 y R=1,5. Modelo 3. Fuente: Elaboración propia	131
Tabla VII.19. Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.....	132
Tabla VII.20. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección X. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.....	133
Tabla VII.21. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección Y. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.....	133
Tabla VII.22. Comparación de los valores de Demanda/Capacidad con R=1 y R=1,5. Modelo 3. Fuente: Elaboración propia.	135
Tabla VII.23. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en las direcciones X, Y. Modelo 3.2. Fuente: Elaboración Propia.	136
Tabla VII.24. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección X. Modelo 3.2. Fuente: Elaboración Propia.....	136
Tabla VII.25. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección Y. Modelo 3.2. Fuente: Elaboración Propia.....	136
Tabla VII.26. Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y. Modelo 3.3 con barras de 1/2". Fuente: Elaboración Propia.....	138
Tabla VII.27. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección X. Modelo 3.3 con barras de 1/2". Fuente: Elaboración Propia.	138
Tabla VII.28. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección Y. Modelo 3.3 con barras de 1/2". Fuente: Elaboración Propia.	139
Tabla VII.29. Verificación del acero de refuerzo para resistir el corte. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	141

Tabla VII.30. Verificación del acero de refuerzo para resistir el corte. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	142
Tabla VII.31. Verificación del acero de refuerzo para resistir el corte. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	142
Tabla VII.32. Verificación por corte. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	144
Tabla VII.33. Verificación por corte. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.....	145
Tabla VII.34. Verificación por corte. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.....	146
Tabla VII.35. Verificación de la resistencia de diseño por corte. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.....	147
Tabla VII.36. Verificación de la resistencia de diseño por corte. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.....	147
Tabla VII.37. Verificación de la resistencia de diseño por corte. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.....	148
Tabla VIII.1. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y. Modelo con reforzamiento. Fuente: Elaboración Propia.	151
Tabla VIII.2. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y. Modelo con nueva distribución de muros en planta. Fuente: Elaboración Propia.....	154

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. 1. Plano de Planta Tipo de una unidad de Vivienda. El Fortín. Urbanización Nueva Casarapa. Fuente: Propietario.	164
Anexo A. 2. Plano de Planta Tipo de una unidad de Vivienda. La Ribera. Urbanización Nueva Casarapa. Fuente: Propietario.	165
Anexo A. 3. Plano de Armado de Losas de Planta Tipo y Detalle de Mallas. Urbanización Camino Real. Fuente: FUNVISIS.	166
Anexo A. 4. Plano de Armado de Pantallas. Urbanización Camino Real. Fuente: FUNVISIS.	167
Anexo A. 5. Plano de Planta Baja Edificio Tipo. El Tablón. Urbanización Nueva Casarapa. Fuente: Ing. Municipal del Municipio Plaza.	168
Anexo A. 6. Plano de Distribución de Mallas en Pantallas. El Tablón. Urbanización Nueva Casarapa. Fuente: Ing. Municipal del Municipio Plaza.	169
Anexo A. 7. Plano de Planta Tipo. Conjunto Residencial Antares del Ávila. Guatire. Fuente: FUNVISIS.	170
Anexo A. 8. Plano de Acero en Pantallas. Conjunto Residencial Antares del Ávila. Guatire. Fuente: FUNVISIS.	171
Anexo A. 9. Plano de Planta Tipo. Conjunto Residencial La Meseta. Guatire. Fuente: FUNVISIS.	172
Anexo A. 10. Plano de Acero en Pantallas. Conjunto Residencial La Meseta. Guatire. Fuente: FUNVISIS.	173
Anexo A. 11. Plano de Planta Tipo, Armadura y Detalles. Ciudad Residencial La Rosa. Guatire. Fuente: FUNVISIS.	174
Anexo A. 12. Plano de Distribución de mallas en losa. Conjunto habitacional Castillejo. Guatire. Fuente: FUNVISIS.	175

Anexo A. 13. Plano de armado inferior en losa de piso. Urbanización Palo Alto. Guatire. Fuente: FUNVISIS.....	176
Anexo A. 14. Alzados y cortes de Pantallas. Urbanización Palo Alto. Guatire. Fuente: FUNVISIS.....	177
Anexo A. 15. Planta Índice de entrepiso. Urbanización El Ingenio. Guatire. Fuente: FUNVISIS.....	178
Anexo A. 16. Pantallas. Elevaciones y Detalles. Urbanización El Ingenio. Guatire. Fuente: FUNVISIS.....	179
Anexo A. 17. Plano de Armadura en losas de entrepiso. Urbanización Valle Grande. Guatire. Fuente: FUNVISIS.....	180
Anexo A. 18. Plano de Armadura en Pantallas. Urbanización Valle Grande. Guatire. Fuente: FUNVISIS.....	181
Anexo A. 19. Plano de Planta Tipo. Residencias Los Samanes. Urbanización Terrazas de Guaicoco. Fuente: Ing. Municipal del Municipio Sucre.	182
Anexo A. 20. Plano de Acero en Pantallas. Residencias Los Samanes. Urbanización Terrazas de Guaicoco. Fuente: Ing. Municipal del Municipio Sucre.	183
Anexo A. 21. Plano de Planta Tipo. Residencias Las Ceibas. Urbanización Terrazas de Guaicoco. Fuente: FUNVISIS.....	184
Anexo A. 22. Plano de Acero en Pantallas. Residencias Las Ceibas. Urbanización Terrazas de Guaicoco. Fuente: FUNVISIS.....	185
Anexo A. 23. Plano de Planta Tipo y Planta Alta. Los Aviadores. Maracay. Fuente: BZS Venezuela.....	186
Anexo A. 24. Plano de Pantallas, detalles y despieces. Los Aviadores. Maracay. Fuente: BZS Venezuela.....	187
Anexo A. 25. Plano de Planta Tipo. Edificios del Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI). Fuente: FUNVISIS.....	188

Anexo A. 26. Plano de colocación de mallas en Pantallas. Edificios del Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI). Fuente: FUNVISIS.	189
Anexo A. 27. Planta Tipo. Edificio Modelo. Fuente: Ing. Velásquez.	190
Anexo A. 28. Plano de colocación de mallas en Pantallas. Edificio Modelo. Fuente: Ing. Velásquez.	191
Anexo A. 29. Plano de Planta Tipo. Desarrollo Habitacional MACA. Fuente: Propietario.	192
Anexo A. 30. Plano de colocación de mallas en Pantallas. Desarrollo Habitacional MACA. Fuente: Propietario.	193
Anexo A. 31. Plano de Planta Tipo. Conjunto Residencial Teatros II. Fuente: FUNVISIS.	194
Anexo A. 32. Detalle de colocación de mallas en Pantallas. Conjunto Residencial Agua Salud. Fuente: FUNVISIS.	195
Anexo A. 33. Detalle de colocación de mallas en Pantallas. Conjunto Residencial Teatros II. Fuente: FUNVISIS.	196
Anexo A. 34. Plano de colocación de mallas en losa de entrepiso. Guásimal. Maracay. Fuente: BZS Venezuela.	197
Anexo A. 35. Detalle de armado de muros. Guásimal. Maracay. Fuente: BZS Venezuela.	198
Anexo A. 36. Planta Tipo de dos edificios contiguos. Desarrollo Urbanísticos Catia La Mar. Fuente: Arq. Acosta.	199
Anexo A. 37. Plano de Distribución de mallas en muros. Desarrollo Urbanísticos Catia La Mar. Fuente: Arq. Acosta. 199	¡Error! Marcador no definido.
Anexo A. 37. Plano de Distribución de mallas en muros. Desarrollo Urbanísticos Catia La Mar. Fuente: Arq. Acosta.	200

Anexo A. 37. Plano de Distribución de mallas en muros. Desarrollo Urbanísticos
Catia La Mar. Fuente: Arq. Acosta. 200

NOTACIÓN Y UNIDADES

La notación empleada en este Trabajo Especial de Grado es la que se describe a continuación; los símbolos y nomenclatura utilizados son los especificados en la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 “Edificaciones Sismorresistentes” y Fondonorma 1753:2006 “Proyecto y construcción de obras en concreto estructural”.

A_{cv} = área total de la sección transversal de concreto, igual al producto del espesor del alma por la longitud de la sección, en la dirección de la fuerza de corte considerada, en cm^2 .

A_d = ordenada del espectro de diseño expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

A_o = coeficiente de aceleración horizontal.

b_w = anchura o espesor del muro estructural, en cm.

$$c = \sqrt[4]{R/\beta}$$

C = coeficiente sísmico.

CP = efectos debidos a cargas permanentes.

CV = efectos debidos a cargas variables.

$d_w = 0,8L_w$.

E_c = módulo de elasticidad del concreto, expresado en Kgf/cm^2 .

f'_c = resistencia especificada del concreto en compresión, expresada en Kgf/cm^2 .

f_y = resistencia cedente especificada del acero de refuerzo, expresada en Kgf/cm^2 .

g = aceleración de gravedad igual a $9,81 \text{ m/s}^2$.

h_i = altura del nivel “i”, en m.

$(h_i - h_{i-1})$ = separación entre pisos o niveles consecutivos, en m.

h_n = altura de la edificación medida desde el último nivel, hasta el primer nivel cuyos desplazamientos estén restringidos total o parcialmente, en m.

N = número de niveles de la edificación.

L_n = altura libre del muro, en cm.

L_w = anchura o longitud total del muro o del segmento considerado, en cm.

p = exponente que define la rama descendente del espectro.

$P-\Delta$ = efecto del segundo orden.

R = factor de reducción de respuesta.

S = efectos debidos a las acciones sísmicas.

SH = Solicitaciones debidas a las componentes sísmicas, actuando simultáneamente, incluidos los efectos torsionales.

T = período fundamental de la edificación, en segundos.

T_a = período Fundamental de la edificación estimado en base a relaciones empíricas, en segundos.

T_o = valor del período a partir del cual los espectros normalizados tienen valor constante, en segundos.

T^* = valor máximo del período en el intervalo donde los espectros normalizados tienen un valor constante, expresado en segundos.

T_+ = período característico de variación de respuesta dúctil, en segundos.

U = combinación de carga empleada.

V_o = fuerza cortante en la base, en Kgf.

V_c = resistencia teórica al corte suministrado por el concreto, en Kgf.

V_n = resistencia teórica al corte, en Kgf.

V_s = resistencia teórica al corte, atribuida al acero de refuerzo de corte, en Kgf.

V_u = fuerza cortante mayorada, en Kgf.

V_y = fuerza de corte producida en la dirección “Y”.

V_x = fuerza de corte producida en la dirección “X”.

W = peso total de la edificación por encima del nivel base.

Δ_{ei} = desplazamiento lateral total del nivel “i” suponiendo que la estructura se comporta elásticamente.

Δ_i = desplazamiento lateral total del nivel “i” suponiendo que la estructura se comporta inelásticamente.

γ = factor de combinación de solicitaciones, acompaña a las acciones variables.

φ = factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal.

ϕ = factor de reducción de resistencia.

α = factor de importancia.

β = factor de magnificación promedio.

μ = factor de modificación de cortantes.

δ = deriva.

δ_{ei} = diferencia de los desplazamientos laterales elásticos entre dos niveles consecutivos, con sus correspondientes centros de masa.

INTRODUCCIÓN

Los edificios Tipo Túnel surgieron como resultado de una necesidad de viviendas accesibles que permitieran cubrir el creciente déficit habitacional que se ha dado en Venezuela desde finales del siglo XIX. El sistema estructural está conformado por muros y losas macizas de concreto armado, reforzado mediante mallas electrosoldadas de alta resistencia y vaciados monolíticamente en sitio mediante el uso de formaletas de grandes dimensiones en forma de semitúneles. Lográndose ajustar a la construcción de urbanismos de residencias unifamiliares, hoteles, residencias militares, prisiones y algunos almacenes.

En Venezuela se ha incrementado la construcción de este tipo de estructuras para viviendas multifamiliares de interés social en los últimos años, muchas de ellas ubicadas en zonas de alta sismicidad.

Este Trabajo Especial de Grado surge con la intención de estudiar un sistema estructural que se ha implementado masivamente en la construcción de viviendas multifamiliares en el país, y con la idea de cubrir la falta de investigaciones especializadas en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de este tipo de estructuras siguiendo los lineamientos establecidos en las normas venezolanas y los avances alcanzados en las normativas de otros países.

Las etapas realizadas para alcanzar los objetivos propuestos por la presente investigación parten inicialmente del planteamiento del problema, búsqueda y revisión de la información disponible sobre el diseño estructural de edificios Tipo Túnel, clasificación y selección de las estructuras a ser evaluadas, elaboración de los modelos matemáticos y finalmente el análisis de la relación Demanda/Capacidad, desplazamientos laterales y períodos obtenidos, con el fin de identificar las posibles debilidades de este sistema estructural y proponer mejoras al mismo.

CAPÍTULO I.

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Venezuela presenta una importante actividad sísmica en su territorio, en especial en la zona norte del país, la cual constituye el límite entre las placas tectónicas del Caribe y la Suramericana. La zona de contacto entre estas dos placas ha dado origen a un sistema de fallas geológicas, siendo las principales las fallas de Boconó en Los Andes, San Sebastián en la Cordillera de la Costa y El Pilar, en la Serranía del Interior, las cuales han sido causantes de los eventos sísmicos más severos ocurridos en el país (FUNVISIS, 2002).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística, como parte de los resultados del censo realizado en el año 2011, la región Norte-Costera (22% del territorio) concentra el 68% de la población del país, lo que indica que la mayoría de la población habita las zonas de mayor amenaza sísmica. Debido a esto se debe considerar en el diseño de edificaciones la influencia que tendría la ocurrencia de un evento sísmico sobre su comportamiento estructural.

La Ingeniería Civil en las últimas décadas ha desarrollado un sistema estructural denominado Tipo Túnel que es utilizado frecuentemente en la construcción de viviendas multifamiliares en Venezuela. Las edificaciones construidas bajo este sistema están formadas por muros de carga, conocidos también como muros de pared delgada, los cuales constituyen el sistema resistente a fuerzas verticales y laterales, y además presentan losas macizas de espesores parecidos a los de los muros, debido a que en este sistema, los muros y losas son vaciados simultáneamente en sitio y reforzados con mallas electrosoldadas, constituyendo un sistema caracterizado por tener mayor resistencia, rigidez y poca ductilidad.

En la construcción de estructuras bajo el sistema Tipo Túnel, generalmente se emplean encofrados metálicos prefabricados, los cuales son reutilizables y se

disponen creando semitúneles, que se integran entre sí para constituir la estructura de diseño, permitiendo su construcción en períodos de tiempo menores a los requeridos en las construcciones tradicionales tipo aporticadas, así como baja ocupación de personal y costos relativamente menores. Por lo tanto, es un sistema atractivo para la industria de la construcción ya que hace posible ejecutar de manera simultánea varias edificaciones con el mismo diseño.

La disposición de los elementos estructurales en una edificación define el comportamiento de la misma ante la ocurrencia de un sismo, es por ello, que se debe evitar disponer todos los elementos estructurales de una edificación en una misma dirección (FUNVISIS, 2002); esto debido a la característica alternante del sismo, el cual puede actuar en la misma dirección en la que se han dispuesto las líneas resistentes o actuar en la dirección perpendicular, por lo que debe hacerse una distribución regular de los muros, estableciendo simetría (Arnal & Epelboim, 1984).

En las edificaciones construidas con el sistema Tipo Túnel, la disposición geométrica de sus elementos estructurales es limitada; es decir, muchas presentan líneas resistentes (muros) en una sola dirección, o la disposición de las mismas no es proporcional entre una y otra dirección debido al tipo de encofrado utilizado y al proceso constructivo seguido.

Este Trabajo de Grado se propone evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificios de uso residencial, construidos bajo el sistema Tipo Túnel tradicional con muros de carga en una y dos direcciones. Para esto se realizará un análisis dinámico espacial bajo un comportamiento elástico de la estructura, con el objeto de determinar las relaciones Demanda/Capacidad de los muros ante sollicitaciones del tipo sísmico.

I.2. OBJETIVOS

I.2.1 Objetivo general

Evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificios de uso residencial con muros en una y dos direcciones construidos bajo el sistema Tipo Túnel.

I.2.2 Objetivos específicos

I.2.2.1. Identificar en las normativas existentes los parámetros estructurales, aplicables al diseño de edificaciones construidas bajo el sistema Tipo Túnel.

I.2.2.2. Elaborar modelos matemáticos de edificios tipo, con muros en una dirección y dos direcciones, mediante el programa de análisis estructural ETABS® versión 9.7.4.

I.2.2.3. Estimar los desplazamientos máximos laterales de cada nivel de la estructura ante cargas sísmicas.

I.2.2.4. Establecer la relación Demanda/Capacidad de los muros ante solicitaciones de tipo sísmico, según las disposiciones establecidas en las normas existentes.

I.3. APORTES

Este Trabajo Especial de Grado permitió conocer la vulnerabilidad sísmica de edificios construidos bajo el sistema Tipo Túnel con muros en una y dos direcciones mediante la elaboración de modelos matemáticos. Los resultados obtenidos concluyeron que a futuro estas edificaciones necesitarán nuevas acciones constructivas para minimizar dicha vulnerabilidad, por tal razón se realizó una propuesta conceptual de reforzamiento estructural que contribuya a la mejoría sismorresistente de estas estructuras.

Por otra parte, el presente trabajo será de gran aporte para líneas de investigación posteriores basadas en el análisis de estructuras construidas con este sistema y de igual manera representa también un aporte al Proyecto Sismo Caracas que está desarrollando la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), en el cual se evalúa el riesgo sísmico de diferentes tipos de edificaciones y se busca proponer soluciones para su reducción en el área metropolitana de la ciudad de Caracas.

I.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

En el presente Trabajo Especial de Grado la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios construidos bajo el sistema Tipo Túnel con muros en una y dos direcciones, abarca el análisis de los valores de la relación Demanda/Capacidad a flexión de los muros, desplazamientos laterales y del período fundamental de las estructuras en estudio.

Esta investigación comprende solo la evaluación de la superestructura de los edificios. Las acciones sísmicas fueron consideradas para un único espectro de diseño, debido a que los edificios evaluados tienen un solo uso, en este caso residencial, y al no contar con estudios de suelo se asumió igualmente una sola forma espectral, por lo que los resultados obtenidos son aplicables solo a estructuras similares a las aquí evaluadas y ubicadas en la misma zona sísmica.

Las normativas existentes revisadas en este trabajo son las Normas Venezolanas COVENIN 1756:2001 “Edificaciones Sismorresistentes” y Fondonorma 1753:2006 “Proyecto y construcción de obras en concreto estructural”, Norma peruana E.030 “Diseño sismorresistente” y la Norma Neozelandesa NZS 1170:2003 “*Structural design actions*” (Acciones de diseño estructural). Los parámetros estructurales a los cuales se hace referencia, son aquellos relacionados con el comportamiento sismorresistente aplicables a muros estructurales, tal como lo son el factor de reducción de respuesta, el período fundamental y los desplazamientos laterales, así como la distinción o no, dentro de esas normas, de las estructuras Tipo Túnel de aquellas estructuras convencionales de muros.

No se conoce la cantidad exacta de los edificios Tipo Túnel existentes en Venezuela, además presentan variaciones en su configuración geométrica. Sin embargo, para esta investigación se tuvo acceso a la información arquitectónica y/o estructural de un total de 23 edificios, ubicados en las ciudades de Caracas, Guarenas, Guatire y Maracay, los cuales se agruparon de acuerdo sus características similares y se seleccionaron tres grupos para realizar un modelo representativo de cada uno.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

II.1. ANTECEDENTES

A continuación se presenta un resumen de algunas investigaciones hechas previamente por otros autores, las cuales sirvieron como referencia para la realización de este trabajo.

II.1.1 Análisis de respuesta sísmica en edificios Tipo Túnel, bajo régimen elástico.

Esta investigación corresponde al Trabajo de Grado presentado por Daniel A. Yáñez en la Universidad de Los Andes en el año 2006. Buscaba estudiar los elementos que conforman la tipología estructural de los edificios Tipo Túnel, a través de la revisión de las consideraciones de diseño sísmico que ofrece la norma venezolana, para evaluar su aplicabilidad en torno a los requerimientos de desplazabilidad lateral que acompañan a estos sistemas.

Se seleccionó un grupo de registros acelerográficos que representan las demandas de sismos que pueden afectar a la ciudad de Mérida. Todos fueron registrados por acelerógrafos ubicados sobre suelo considerado como roca. Se tomó la planta y configuración de un edificio tipo de los que integran uno de los conjuntos residenciales de la ciudad de Mérida y se elaboraron un total de siete modelos con distintas densidades de muros en ambas direcciones.

Los modelos se estudiaron mediante la aplicación de un análisis dinámico espectral considerando un factor de reducción de respuesta (R) igual a 4,5 y un análisis dinámico utilizando registros acelerográficos en la base de la estructura. La evaluación de los muros se realizó mediante diagramas de interacción conforme a su geometría y refuerzo.

Ninguno de los niveles de piso alcanzó el valor de la deriva permisible. Los resultados indican que estos edificios poseen una gran rigidez y resistencia y que solo cuando se trata de edificios que tienen únicamente muros dispuestos en una dirección o que guarden configuraciones asimétricas en la distribución de los mismos, es cuando se tienen resultados desfavorables. Es recomendable que la norma tipifique las acciones de diseño para este tipo específico de sistema estructural.

II.1.2 Análisis y diseño de muros estructurales de concreto considerando las experiencias de los terremotos de Chile 2010 y Nueva Zelanda 2011

Esta investigación corresponde al Trabajo de Grado presentado por Adriana Briceño y Nelson Carreras en la Universidad Católica Andrés Bello en el año 2013. Los objetivos de este trabajo eran estudiar, evaluar y comparar mediante ejemplos numéricos las actualizaciones de las normas chilena, neozelandesa y norteamericana con la Fondonorma 1753:2006 para poder decidir la conveniencia de su incorporación en una futura revisión de la norma venezolana. La investigación se centró en el análisis y diseño de muros estructurales de concreto armado, rectangulares simples, controlados por tracción y teniendo en cuenta los parámetros de diseño sismorresistente. Igualmente se buscaba proponer las actualizaciones y modificaciones que procedan en la Fondonorma 1753:2006, haciendo las distinciones entre muros de los sistemas túnel de los muros usados en los sistemas duales pórticos-muros.

Los edificios construidos con sistemas Tipo Túnel suelen ser bajos de 5 y hasta 10 pisos; presentan luces cortas entre 3 y 3,5 metros; los espesores rondan entre 12 cm y 25 cm; poseen área de muros en planta alrededor de 4,5 % del área total; son sistemas muy rígidos y su bajo espesor de muros los hace frágiles. En cuanto al armado la práctica usual suele ser la colocación de acero uniformemente distribuido a lo largo del muro, utilizando mallas electrosoldadas y en los extremos solo se alcanza a colocar aceros en forma de “U” para hacer las veces de confinamiento.

Los criterios de confinamiento de los miembros de borde establecidos por Fondonorma 1753:2006 son aceptables. La norma chilena y el ACI 318-14 destacan el requisito de un espesor mínimo de muros con miembros de borde de 30 cm, este requisito no puede aplicarse a los sistemas Tipo Túnel por razones constructivas y económicas, por lo que deben evaluarse las incidencias que esto conlleva en el buen desempeño de estos sistemas.

En Venezuela la construcción de edificios de muros se orienta en su mayoría a viviendas de interés social con los sistemas Tipo Túnel y sus variantes. Se recomienda analizar la contribución de las losas en el desempeño de sistemas de muros estructurales con luces libres pequeñas, como es el caso de los sistemas Tipo Túnel, para poder decidir la conveniencia de su implementación en zonas de alto riesgo sísmico.

II.2. MUROS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO

II.2.1 Descripción

Los muros estructurales, también conocidos como pantallas, son elementos verticales que se caracterizan por su reducido espesor y grandes alturas. Son conocidos como muros de cortante porque resisten cargas laterales paralelas a la cara del muro y la fuerza cortante horizontal que se transfiere a estas estructuras.

Los muros estructurales se caracterizan por una elevada rigidez que les permite resistir de forma muy eficiente la variación de la fuerza cortante en la altura (la cual es máxima en la base) y la variación del momento flexionante (el cual produce compresión en un extremo y tracción en el otro) originados por las cargas laterales, así como la compresión axial producida por las cargas gravitacionales.

El desplazamiento de un edificio se ve controlado cuando se colocan muros de concreto armado convenientemente dispuestos para resistir las cargas laterales, no solo proporcionan seguridad estructural adecuada, sino que también permiten

controlar el daño no estructural resultante de la acción de sismos de moderada magnitud (Fratelli, 1999).

De acuerdo con el comentario del Capítulo 14 de la Norma Venezolana Fondonorma 1753:2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural” se conoce que una de las variables que determina el comportamiento de los muros es la relación geométrica altura/anchura; cuando esta es menor a 1,5 se considera que su comportamiento será predominantemente por corte y cuando es mayor a 2, su comportamiento será a flexión. Según el caso, se aplicaran métodos de análisis y detallado diferentes.

Los muros cuyo comportamiento es regido por los efectos de cortante son conocidos como muros bajos y los muros dominados por efectos de flexión se conocen como muros esbeltos o altos (Bazán & Meli, 2004).

Cuando los muros se rigen principalmente por los efectos de cortante, la resistencia y rigidez a cargas laterales son muy elevadas, pero el comportamiento tiende a ser frágil. Con un refuerzo horizontal y vertical abundante se limita el deterioro de la capacidad ante cargas repetidas. El comportamiento mejora si el muro está rodeado por un marco robusto de concreto y actúa como diafragma de este.

Por otra parte, cuando los muros están regidos por flexión, actúan esencialmente como vigas empotradas en voladizo y la carga axial sobre ellos es generalmente pequeña. Para evitar el pandeo y el aplastamiento del concreto en el extremo comprimido del muro, es necesario confinar el refuerzo longitudinal formando elementos de borde con abundancia de ligaduras. En estas circunstancias se llega a obtener un comportamiento muy favorable ante cargas repetidas. Para ello hay que sobreproteger al muro ante fallas por cortante sea por tracción diagonal o por deslizamiento sobre la base.

Las aberturas que con frecuencia es necesario dejar en los muros por razones de funcionamiento de los edificios, constituyen zonas alrededor de las cuales se concentran grandes esfuerzos y que requieren extremadas precauciones en su refuerzo para limitar el deterioro (Bazán & Meli, 2007).

La Norma Fondonorma 1753:2006 reconoce que los muros han demostrado gran eficiencia en cuanto a resistencia, rigidez y rentabilidad de espacio, cuando se disponen racionalmente en un arreglo estructural. Entre otros aspectos esta racionalidad implica que:

- Se distribuyan, en lo posible, con sus direcciones más resistentes en igual número en cada dirección.
- Procurar configuraciones simétricas en cada dirección.
- Distribuir regularmente en el perímetro de la estructura.
- Mantener constante la sección en toda la estructura.
- Evitar discontinuidades geométricas sobre todo en los pisos inferiores donde la demanda de rigidez, resistencia y disipación de energía es mayor.

II.2.2 Tipos de fallas

Un requisito previo en el diseño de muros estructurales es que la flexión se desarrolle en las zonas de articulación plástica, controlando la fuerza, la deformación inelástica y por lo tanto la disipación de energía en todo el sistema estructural. Como consecuencia de esto es fundamental que no se produzcan mecanismos de falla frágiles. Esto se logra mediante el establecimiento de procedimientos de diseño por capacidad y detallando apropiadamente las zonas plásticas.

La principal fuente de disipación de energía en un muro cargado lateralmente debe ser el rendimiento del refuerzo a flexión en las zonas de articulaciones plásticas, normalmente en la base del muro, como se muestra en la Figura II.1 (b) y II.1 (e). Los modos de falla a ser prevenidos en muros altos se deben a la tracción diagonal o compresión diagonal causada por corte (Figura II.1 (c)), la inestabilidad de las secciones de los muros delgados o del refuerzo de compresión, el deslizamiento por corte en las juntas de construcción (Figura II.1 (d)) y adherencia a lo largo de los anclajes (Paulay & Priestley, 1992).

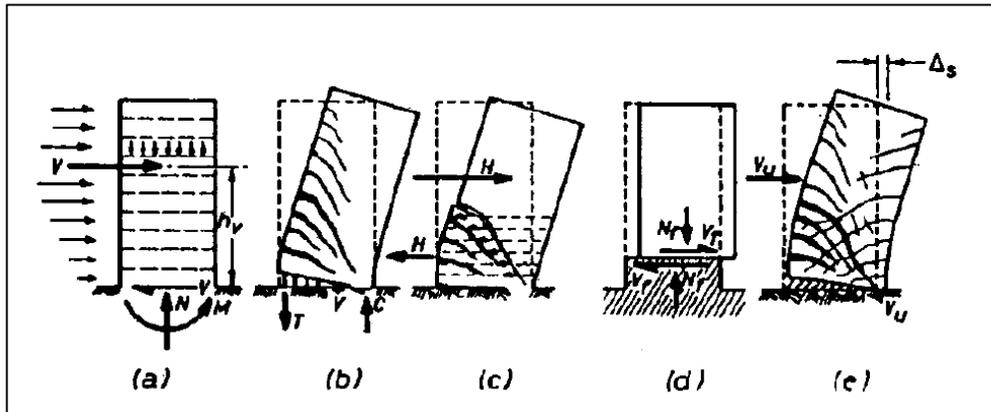


Figura II.1. Modos de falla de muros altos. Fuente: Paulay & Priestley, 1992.

Por otra parte, los modos de falla a ser prevenidos en muros bajos se deben a la tracción diagonal (Figuras II.2 (a) y II.2 (b)) o compresión diagonal (Figuras II.2(c) y II.2 (d)) ambas causadas por corte, las cuales se pueden evitar al proveer un adecuado refuerzo horizontal. Sin embargo, si el muro es sometido a ciclos de carga repetitivos puede ocurrir en la base del mismo el deslizamiento por corte (Figuras II.2 (e)).

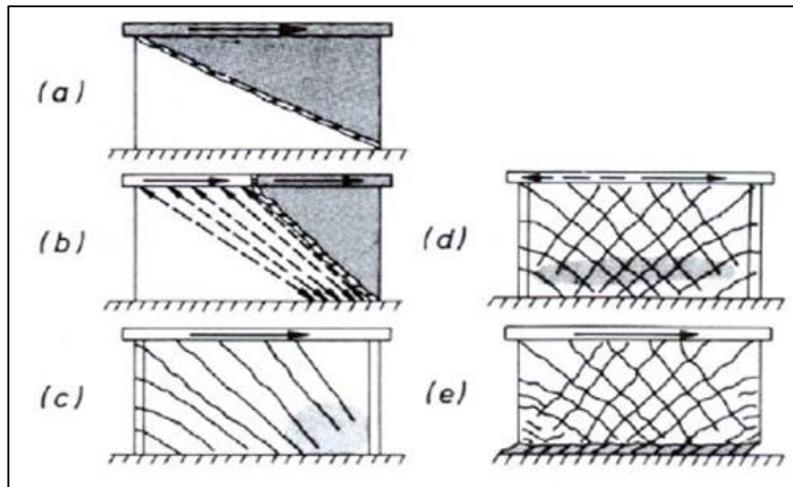


Figura II.2. Modos de falla en muros bajos. Fuente: Fuente: Paulay & Priestley, 1992.

II.2.3 Elementos de borde

Puesto que el área bruta de la sección de un muro estructural es muy grande, las cargas axiales que actúan sobre él están por debajo del punto balanceado. Para lograr una sección eficiente de muro se coloca el grueso del refuerzo a flexión próximo a los extremos del mismo y se confinan estos extremos mediante ligaduras con bajas separaciones. Debido a las inversiones de momentos originadas bajo cargas laterales, normalmente se requieren cantidades iguales de refuerzo en ambos extremos.

Por estar los extremos del muro sujetos a altas fuerzas de compresión, los elementos de borde deben cumplir requisitos similares a los de las columnas, suministrando el acero de confinamiento con ligaduras. En muros con alas los miembros de borde deben incluir la anchura efectiva del ala y extenderse dentro del alma.

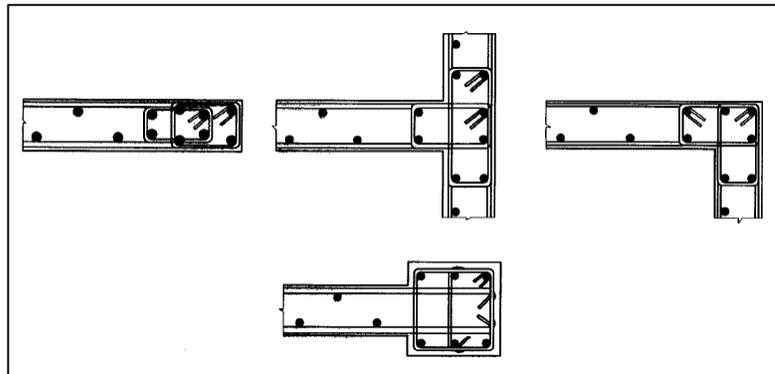


Figura II.3. Ejemplos de miembros de borde en muros de concreto. Fuente: Bazán & Meli (2007).

Los elementos de borde incrementan la resistencia de los muros, dan una ductilidad de curvatura adecuada, aumentan la capacidad de deformación útil del concreto y retrasan el pandeo del acero a flexión. Estos elementos incluyen tanto refuerzo longitudinal como transversal y pueden estar dentro del espesor del muro o requerir una sección transversal mayor como se muestra en la Figura II.3.

La Norma Venezolana Fondonorma 1753:2006 en su Capítulo 14.6 establece las condiciones que deben satisfacer los muros estructurales para obviar en ellos la colocación de elementos de borde e indica asimismo los requisitos que cumplirán los muros que sí tengan miembros de borde.

II.3. SISTEMA TIPO TÚNEL

II.3.1 Descripción General

Se conoce como sistema Tipo Túnel al sistema estructural formado por muros de concreto armado y losas macizas de espesores muy delgados, conocidos también como muros de carga o muros de pared delgada, los cuales son vaciados monolíticamente en sitio y situados creando semitúneles hasta formar completamente la estructura de diseño como se observa en la Figura II.4 (Der.). Estos muros son reforzados con mallas electrosoldadas de alta resistencia y en sus bordes se suele colocar un acero de refuerzo adicional como se aprecia en la Figura II.4 (Izq.). Para mantener la continuidad de los muros a lo largo de todo el edificio, estos se unen mediante las mallas que los conforman, las cuales poseen unas extensiones extras de su acero longitudinal en la parte superior que se solapan con las mallas del muro en el siguiente nivel como se muestra en la Figura II.5.

Los muros de carga son los principales componentes de este sistema; siendo utilizados como elementos estructurales resistentes a cargas laterales y verticales. Estos elementos presentan espesores muy parecidos a los de las losas y son vaciados simultáneamente usando un solo encofrado en la operación.

El sistema constructivo usualmente utilizado en este tipo de estructuras se caracteriza por el empleo de encofrados metálicos prefabricados, la mayoría de los cuales son reutilizables y necesitan el uso de una torre grúa para su movilización. Generalmente los encofrados forman una especie de “U” invertida y en algunos casos una “L”, como los mostrados en la Figura II.6, además se colocan uno junto al otro de manera que al vaciar el concreto se formen monolíticamente las losas y los muros,

permitiendo una sencilla y rápida construcción. El ahorro de tiempo es mayor en estas edificaciones, porque se tiende a trabajar en conjunto la construcción de dos edificios, mientras un edificio se está desencofrando, este encofrado a su vez se va utilizando en la construcción del edificio adyacente. De igual forma, es importante resaltar que el concreto empleado en este sistema debe ser fluido y tener aceleradores de resistencia y fraguado que permitan una rápida rotación del encofrado y mayor velocidad en la construcción (Yáñez, 2006).



Figura II.4. Colocación del acero de refuerzo de un muro a ser vaciado (Izq.). Edificios Tipo Túnel en construcción (Der.). Fuente: FUNVISIS.



Figura II.5. Detalle del acero de refuerzo de un muro. Fuente: FUNVISIS.

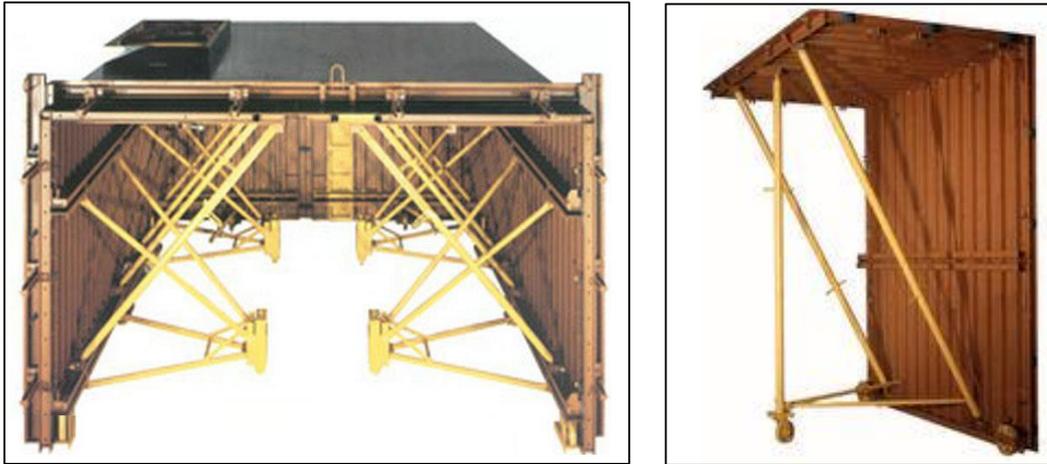


Figura II.6. Encofrado en forma de “U” invertida (Izq.). Encofrado en forma de “L” (Der).
Fuente: Encofrados Túnel. Outinord.

Por otra parte, se debe comentar que existen sistemas industrializados manoportables, que permiten también la construcción de estos sistemas estructurales de muros y losas, entre ellos se encuentra el sistema de encofrados FORSA formado por distintos tipos de paneles livianos y reutilizables como se observa en la Figura II.7.



Figura II.7. Construcción de edificio de muros con encofrados manoportable.
Fuente: Encofrados FORSA.

II.3.2 Sistema Tipo Túnel Tradicional

En el presente trabajo se conocerá como “Sistema Tipo Túnel Tradicional” a aquellas estructuras que presenten la configuración típica en planta con muros dispuestos en la dirección corta del edificio (Ver Figura II.8), y en casos particulares algunos muros en la dirección larga (Ver Figura II.9), además de disponer de un núcleo externo de escaleras y dos unidades de vivienda por nivel. Esta denominación se le ha dado a estos edificios, ya que al revisar los planos obtenidos se encontró un alto nivel de implementación de estructuras con esta configuración en las zonas de estudio.

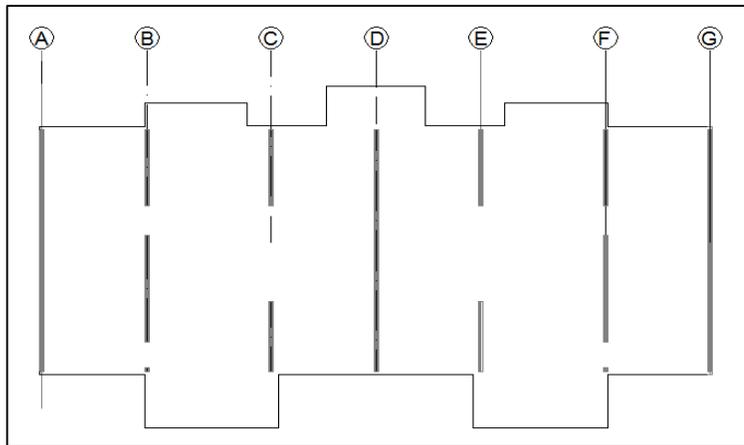


Figura II.8. Planta de edificio Tipo Túnel tradicional con muros en una dirección.
Fuente: Elaboración Propia.

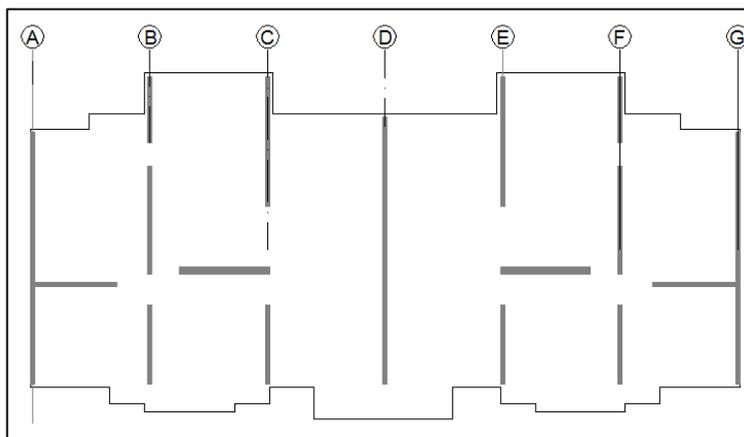


Figura II.9. Planta de edificio Tipo Túnel tradicional con muros en dos direcciones.
Fuente: Elaboración Propia.

II.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

II.4.1 Análisis Dinámico Espacial

Método analítico usado para estimar la magnitud de las solicitaciones sísmicas en una estructura. Considera tres grados de libertad por nivel: dos desplazamientos laterales según las direcciones principales en planta y un giro alrededor de un eje vertical, por lo que permite estimar efectos torsionales y traslacionales. Es aplicable en estructuras que presentan tanto irregularidades verticales como irregularidades en planta.

La respuesta sísmica debe calcularse para sismos según las direcciones ortogonales “X” e “Y” actuando independientemente. El método puede ser aplicado según dos casos posibles: con diafragmas rígidos y con diafragmas flexibles.

Usualmente este método se plantea en forma matricial, con matrices de rigidez, que bajo la hipótesis de comportamiento elástico facilitan el análisis dinámico de modelos tridimensionales con cualquier distribución de masas y rigideces. Las estructuras pueden analizarse como tales mediante el método de elementos finitos que consiste en dividir la estructura en subregiones denominadas elementos finitos, dentro de las cuales se prescribe la forma en que varían los desplazamientos en función de los valores correspondientes a ciertos puntos denominados nodos (Bazán & Meli, 2007).

El número de grados de libertad necesario para representar un edificio completo, particularmente si es de varios pisos, hacen laboriosa la preparación de datos e interpretación de los resultados, por lo que existen varios programas comerciales de computación basados en el método del elemento finito, que cuentan con herramientas gráficas para realizar este trabajo y permiten analizar distintos tipos de estructuras.

Al aplicar este método de superposición modal, los modos acoplados resultantes del análisis pueden tener frecuencias cercanas entre sí, de manera que se

deberán aplicar métodos de combinación que tomen en cuenta su acoplamiento. Es conveniente asumir el mismo amortiguamiento para cada modo de vibración.

Los efectos de la componente rotacional del terreno y de las incertidumbres en la ubicación de los centros de masa y rigidez, se incluyen en el diseño añadiendo a los resultados del análisis dinámico, las solicitaciones más desfavorables que resulten de aplicar estáticamente sobre la edificación los momentos torsores que incorporen los efectos de la fuerza cortante de piso en cada dirección y el 6 % de la mayor dimensión horizontal del edificio.

II.4.2 Análisis Modal Espectral

El análisis espectral es un método utilizado para estimar los desplazamientos y fuerzas en los elementos de un sistema estructural. Este método implica el cálculo de los valores máximos de los desplazamientos y aceleraciones en cada modo usando un espectro de diseño, el mismo que representa el promedio o la envolvente de espectros de respuesta para diversos sismos (Citado en: Análisis modal espectral de estructuras resistentes a los sismos, 2015).

II.5. FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA

Es el factor que divide las ordenadas del espectro de respuesta elástica para obtener el espectro de diseño (Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 1997). El factor de reducción de respuesta “R” resulta una medida de la capacidad de un sistema estructural de absorber energía y soportar ciclos de deformaciones inelásticas, sin colapsar; este valor se incrementa con el aumento de ductilidad de una estructura y con la capacidad de disipación de energía, así como también cuando aumenta el grado de hiperestaticidad (Fratelli, 2001).

II.6. PERÍODO FUNDAMENTAL

El período es una característica dinámica propia de la estructura y se refiere al tiempo que el edificio tarda en completar un ciclo de vibración. El período fundamental de vibración corresponde al período asociado al modo que tiene mayor influencia en la forma de vibrar de la estructura, que en general, en estructuras regulares (que no son altas o esbeltas) es el correspondiente al Modo 1.

La determinación del período de la estructura es el resultado de aplicar un análisis dinámico y/o el método estático equivalente y se calcula a partir de los valores de las masas y rigideces. La Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 “Edificaciones Sismorresistentes” en su Capítulo 9.3.2 establece la siguiente fórmula para calcular el período fundamental (T) en cada dirección de análisis, cuando se desee aplicar el método estático equivalente:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N W_i (\delta_{ei})^2}{g \sum_{i=1}^N Q_i \delta_{ei}}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

Q_i = fuerza lateral aplicada en el centro de masas del nivel i del edificio y dada por:

$$Q_i = W \frac{W_i h_i}{\sum_{j=1}^N W_j h_j} \quad (\text{Ec. 2})$$

W= peso total de la edificación.

W_i = peso del nivel i.

h_i = altura del nivel medida desde la base.

δ_{ei} = desplazamiento elástico lateral del nivel i, bajo la acción de cargas laterales Q_i .

N= número de niveles de la edificación.

g= aceleración de la gravedad.

Por otra parte, en el Capítulo 9.3.2.2 la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 presenta como alternativa para el cálculo del período fundamental otras

fórmulas que toman en cuenta el tipo de sistema estructural y hacen depender el período de la altura del edificio, entre las cuales la correspondiente a edificaciones con sistemas estructurales constituidos por pórticos (estructuras Tipo I) es la indicada en la expresión Ec.3 y la correspondiente a edificaciones formadas por muros estructurales de concreto armado o de sección mixta acero-concreto (estructuras Tipo II, III y IV), es la dada por la expresión Ec. 4.

$$T_a = C_t h_n^{0,75} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

$C_t = 0,07$ para edificios de concreto armado o mixtos de acero-concreto.

$C_t = 0,08$ para edificios de acero.

h_n = altura de la edificación medida desde el último nivel hasta el primer nivel cuyos desplazamientos estén restringidos total o parcialmente.

$$T_a = 0,05 h_n^{0,75} \quad (\text{Ec. 4})$$

Existen formas aproximadas sencillas para estimar el período de vibración. Algunas de ellas lo expresan únicamente como función del número de pisos y deben tomarse solo como medios para estimar el orden de magnitud del período para fines de detectar errores gruesos en cálculos más refinados (Bazán & Meli, 2007). Estas fórmulas están pensadas para estructuras sobre suelo firme. Las más populares estiman el período en segundos como una fracción del número de pisos del edificio.

Según Sozen (2004) algunas de estas fórmulas son:

a) Para estructuras rígidas con muros de concreto o contravientos

$$T = \frac{N}{20} \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

N = número de pisos de la edificación.

b) Para pórticos de concreto armado

$$T = \frac{N}{10} \quad (\text{Ec. 6})$$

II.7. DESPLAZAMIENTOS LATERALES

II.7.1 Desplazamientos Laterales Totales

El desplazamiento lateral total para el nivel i (Δ_i), está definido en el Capítulo 10 de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001, como se expresa en la ecuación Ec. 7. Donde R es el factor de reducción de respuesta dado en el artículo 6.4 de dicha norma, y Δ_{ei} representa el desplazamiento lateral elástico calculado para las fuerzas de diseño, incluyendo los efectos traslacionales, de torsión en planta y P- Δ .

$$\Delta_i = 0,8 R \Delta_{ei} \quad (\text{Ec. 7})$$

II.7.2 Derivas

Según la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 se denomina deriva δ_i a la diferencia de los desplazamientos laterales totales entre dos niveles consecutivos, y se determina de acuerdo con la expresión Ec. 8.

$$\delta_i = \Delta_i - \Delta_{i-1} \quad (\text{Ec. 8})$$

II.7.3 Valores Límites establecidos

La Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 contempla en su Capítulo 10 que la verificación del cumplimiento de los valores límites estarán establecidos cuando la expresión $\delta_i/(h_i - h_{i-1})$ no exceda los valores de la Tabla II.1.

Tabla II.1. Valores límites de $\delta_i/(h_i - h_{i-1})$. Fuente: COVENIN 1756:2001.

TIPO Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	EDIFICACIONES		
	GRUPO A	GRUPO B1	GRUPO B2
Susceptibles de sufrir daños por deformaciones de la estructura	0,012	0,015	0,018
No susceptibles de sufrir daños por deformaciones de la estructura	0,016	0,020	0,024

II.8. RELACIÓN DEMANDA – CAPACIDAD

Las corrientes actuales de diseño estructural se basan en la idea de que un incremento en la resistencia global de una estructura no necesariamente puede garantizar la seguridad de la misma y por consiguiente, no necesariamente reduce el daño cuando son sometidas a movimientos sísmicos de diferente intensidad. Los conceptos a partir de los cuales ha surgido este planteamiento, corresponden a los principios del Diseño por Capacidad, un diseño basado en el desempeño, que propone una nueva filosofía en la cual la distribución de la resistencia a lo largo de toda la estructura es más importante que el valor global del cortante basal de diseño, y por medio del cual es posible controlar y predecir tanto el comportamiento de la estructura como el potencial de daño.

La capacidad de una estructura depende de la resistencia y deformación máxima de sus componentes individuales.

La demanda está definida por el escenario sísmico y se caracteriza por el espectro de respuesta elástico, el cual se define para un amortiguamiento dado, y presenta la respuesta máxima de sistemas de un grado de libertad como función de sus frecuencias.

II.8.1 Relación Demanda/Capacidad en muros con el programa de Análisis Estructural ETABS®.

En la Figura II.10 se muestra un diagrama de interacción bidimensional típico de muros. Las fuerzas obtenidas para una combinación de carga dada son P_u y M_{3u} . El punto L, definido por $(P_u; M_{3u})$ está situado en el diagrama de interacción como se muestra en la Figura II.10. Si el punto se encuentra dentro de la curva de interacción la capacidad del muro es adecuada y si se encuentra fuera de esta no lo es.

Como una medida de la condición de esfuerzo en el muro, el programa ETABS® calcula un factor de esfuerzo. El factor se consigue graficando el punto L y determinando la ubicación del punto C. El punto C está definido como el punto donde la línea OL (al ser extendida si es necesario) intersecta a la curva de interacción. La relación Demanda/Capacidad (D/C), está dada por $D/C = OL/OC$ donde OL es la “distancia” desde el punto O (el origen) hasta el punto L, y OC es la “distancia” del punto O al punto C.

- Si $OL = OC$ (o $D/C = 1$), el punto (P_u, M_{3u}) está sobre la curva de interacción y el muro está en su capacidad.
- Si $OL < OC$ (o $D/C < 1$), el punto (P_u, M_{3u}) se encuentra dentro de la curva de interacción y la capacidad del muro es adecuada.
- Si $OL > OC$ (o $D/C > 1$), el punto (P_u, M_{3u}) se encuentra fuera del diagrama de interacción y la resistencia del muro es menor a su capacidad a flexión.

La relación Demanda/Capacidad es un factor que da una indicación de la condición de esfuerzo del muro con respecto a la capacidad del mismo.

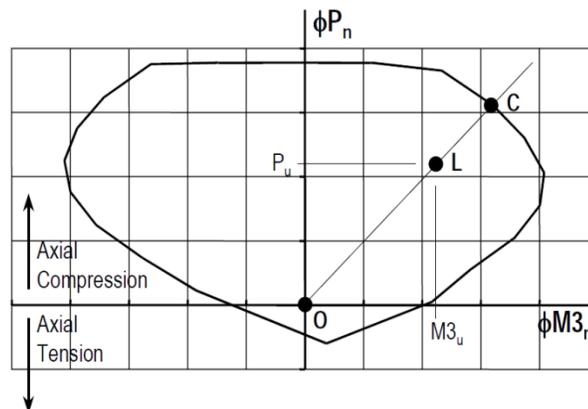


Figura II.10. Relación Demanda/Capacidad bidimensional en muros.
Fuente: *Computers and Structures* (2005).

II.9. ETABS® (*EXTENDED THREE DIMENSIONAL ANALYSIS OF BUILDING SYSTEMS*)

ETABS® o Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones por sus siglas del inglés, es un programa de análisis y diseño de sistemas de edificaciones que posee una interfaz gráfica con procedimientos de modelaje, análisis y diseño integrados usando una base de datos común.

Algunas de las técnicas de análisis disponible en el ETABS® son análisis estático lineal, análisis modal, análisis espectral, análisis tiempo-historia, análisis de los efectos P-Delta y análisis no-lineal. El programa trabaja con cuatro unidades básicas: fuerza, longitud, y temperatura, para los cuales ofrece diferentes sets de unidades compatibles, y tiempo que siempre se mide en segundos.

Los resultados de los diversos casos de carga estática pueden ser combinados entre sí o con los resultados del análisis dinámico espectral o tiempo-historia. Los tipos de salida incluyen reacciones y fuerzas en los miembros, formas modales, factores de participación, desplazamiento estático y dinámico de pisos, cortes de piso, derivas de piso, desplazamiento de juntas, gráficos tiempo-historia, entre otros.

II.10. CONCEPTOS BÁSICOS

II.10.1 Amenaza Sísmica

Es un término que define la condición latente derivada de la posible ocurrencia de un sismo de cierta magnitud, distancia y profundidad que puede causar daño a la población y sus bienes, modificando la estructura, el ambiente y la economía del país. Para conocer la posible intensidad de la amenaza es necesario estudiar a nivel regional las fuentes sísmicas para determinar el potencial de ocurrencia de sismos fuertes, y a nivel local la respuesta sísmica de los suelos y rocas ante las ondas sísmicas (Hernández, 2002).

II.10.2 Densidad de Muros

La densidad o índice de muros es la relación entre el área de las secciones de muros en planta en una dirección dada y el área de la losa. Generalmente se expresa en porcentaje y se calcula de acuerdo a la expresión:

$$Densidad\ de\ muros = \frac{\text{Área de muros}}{\text{Área de la losa}} \times 100 \quad (\text{Ec. 9})$$

II.10.3 Diagrama de interacción

En un elemento de concreto armado, sometido a la acción de flexión y carga axial, el diagrama de interacción es la representación gráfica del lugar geométrico de las combinaciones de carga axial y momento flexionante con las que este elemento puede alcanzar su resistencia. Estas combinaciones varían desde una carga axial máxima P_0 , de tensión o compresión, y un momento nulo, hasta un momento M , aunado a una carga axial nula (Rojas, 2010).

II.10.4 Ductilidad

Es la capacidad que poseen los componentes de un sistema estructural de hacer incursiones alternantes en el dominio plástico, sin pérdida apreciable en su capacidad resistente (Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 1997).

II.10.5 Espectro de Diseño

Es aquel espectro asociado a sismos de diseño en el cual se ha incorporado el amortiguamiento y el factor de reducción de respuesta correspondiente al sistema resistente a sismo (Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 1997).

II.10.6 Espectro de Respuesta

Un espectro de respuesta representa la respuesta máxima de un grupo de osciladores de un grado de libertad y de un mismo coeficiente de amortiguamiento,

sometidos a una historia de aceleraciones dada, expresadas en función del período (Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 1997).

II.10.7 Nivel de Diseño

Conjunto de requisitos normativos asociados a un determinado factor de reducción de respuesta, que se aplica en el diseño de miembros del sistema resistente a sismos.

II.10.8 Rigidez

Es la capacidad de un elemento estructural de soportar esfuerzos sin alcanzar deformaciones.

II.10.9 Sismo

Un sismo es un movimiento súbito e impredecible de una parte de la corteza terrestre, ocasionado por fuerzas que tienen origen en el interior de la Tierra.

Pueden ser de origen tectónico, producidos por el desplazamiento de bloques de la litosfera, o volcánico, producido por la extrusión de magma hacia la superficie. En ambos casos hay una liberación de energía acumulada que se transmite en forma de ondas elásticas, causando vibraciones y oscilaciones a su paso a través de las rocas sólidas del manto y la litosfera hasta arribar a la superficie terrestre.

II.10.10 Vulnerabilidad Sísmica

Se puede definir como el nivel de predisposición que tiene una estructura a sufrir daños ante un evento sísmico, es decir, el límite en el que sobrepasa el grado de reserva o el nivel de capacidad de respuesta disponible ante una amenaza sísmica conocida (Rojas, 2010).

CAPÍTULO III. MÉTODO

III.1. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

III.1.1 Recopilación de información

En esta etapa se realizó la búsqueda de planos estructurales y arquitectónicos de edificios construidos con el sistema Tipo Túnel desarrollados a partir de la década de los años 1990 en el Distrito Capital, el Estado Aragua y el Estado Miranda; de los cuales se obtuvieron las características principales de 23 edificios pertenecientes a diferentes conjuntos residenciales construidos en esas zonas.

De igual forma se realizó la búsqueda de fuentes bibliográficas como normas venezolanas, normas extranjeras y publicaciones relacionadas con investigaciones sobre el sistema Tipo Túnel, con la finalidad de identificar los parámetros sismorresistentes requeridos en su diseño sismorresistente.

III.1.2 Revisión de planos y selección de edificios

Una vez culminada la recopilación de información se revisaron los planos de las edificaciones obtenidas conociendo de este modo si pertenecían al diseño arquitectónico o estructural, cómo estaban dispuestas las líneas resistentes en los edificios, así como la colocación del acero en los muros y losas, entre otros aspectos. También se identificó la ubicación de la mayoría de los edificios y las características generales de su geometría estructural.

Luego de la revisión del material recopilado se procedió a la selección del tipo de edificios a evaluar, en base a las siguientes características:

- Altura de los edificios, preferiblemente comprendida entre 3 y 8 pisos.
- Configuración del sistema constructivo Tipo Túnel Tradicional.

- Repetitividad de sus elementos estructurales.

Los edificios seleccionados se clasificaron en cuatro Grupos de estudio, teniendo en cuenta como característica de clasificación la similitud arquitectónica y estructural presente entre los mismos.

III.1.3 Revisión de Normas e Investigaciones sobre Diseño Sismorresistente

En esta etapa se revisaron las Normas Venezolanas Fondonorma 1753:2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural” y COVENIN 1756:2001 “Edificaciones Sismorresistentes”, la Norma Peruana E.030.2006 “Diseño sismorresistente” y la Norma Neozelandesa 1170:2003 “*Structural Design Actions*” (Acciones de diseño estructural), con el objeto identificar los parámetros estructurales de diseño sismorresistentes establecidos en ellas, los cuales pueden ser aplicados en las edificaciones construidas bajo el sistema Tipo Túnel.

Por otra parte, se consultaron investigaciones basadas en el estudio del comportamiento sísmico de estructuras Tipo Túnel para conocer los avances que se han desarrollado en esta línea de estudio.

III.1.4 Elaboración de modelos matemáticos

Para el análisis sísmico de las estructuras construidas bajo el sistema Tipo Túnel, se seleccionaron tres de los grupos y se realizó un modelo matemático representativo de los edificios incluidos en cada Grupo. Los distintos modelos consideraron aspectos como los espesores y disposición de los muros en planta. Adicionalmente, se hicieron modificaciones a estos modelos para observar la variación del comportamiento de estas estructuras, cambiando el número de niveles, la sección de los muros presentes en la dirección corta y reemplazando las mallas colocadas como acero de refuerzo por barras estriadas.

Para la elaboración de los modelos matemáticos se empleó el programa de diseño estructural ETABS ® (*Extended Three Dimensional Analysis of Building*

Systems por sus siglas en inglés, o Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones) versión 9.7.4.

III.1.5 Análisis Estructural

El análisis de cada modelo se realizó mediante un Análisis Dinámico Espacial, en el cual se tomó en cuenta la configuración en planta de cada edificio a modelar considerando diafragmas rígidos en cada modelo.

Una vez realizados los modelos se determinaron los desplazamientos totales, las derivas y se compararon con los valores límites de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001. Seguidamente se obtuvo la relación Demanda/Capacidad a flexión de los muros en base a la configuración del acero detallada en los planos estructurales de los edificios representativos de los Grupos seleccionados inicialmente.

III.1.6 Propuesta de Refuerzo

De acuerdo a los resultados obtenidos, se tuvo la necesidad de realizar una propuesta conceptual de reforzamiento general para los edificios, la cual debe ser factible de construir y reduzca su vulnerabilidad ante los movimientos sísmicos.

CAPÍTULO IV.

REVISIÓN DE NORMAS Y ARTICULOS EXISTENTES

En este capítulo se expone la información revisada en las siguientes normas: COVENIN 1756:2001 “Edificaciones Sismorresistentes”, Fondonorma 1753:2006 “Proyecto y construcción de obras en concreto estructural”, la Norma Peruana E.030 “Diseño sismorresistente” y la Norma Neozelandesa NZS 1170:2003 “*Structural Design Actions*” (Acciones de diseño estructural), en las cuales se identifican los parámetros referentes a la determinación del período fundamental, la selección del factor de reducción de respuesta y los valores límites de las derivas para edificios con sistemas de muros estructurales. Simultáneamente se verifica si en la selección de los parámetros mencionados anteriormente dichas normas presentan apartados específicos para estructuras Tipo Túnel o si deben ser aplicados en estos casos los parámetros de diseño de muros estructurales.

De igual forma se presentan algunas publicaciones de investigaciones realizadas anteriormente sobre este tipo de estructuras por diferentes autores, con la finalidad de consultar el nivel de conocimiento que se tiene acerca del comportamiento de edificios Tipo Túnel alrededor del mundo y cuáles son los parámetros más importantes analizados experimentalmente acerca de su diseño.

Es importante aclarar que las normas venezolanas no describen de forma específica una sección para el diseño estructural y sísmico de los edificios Tipo Túnel. Sin embargo, en el siguiente apartado se describen los parámetros utilizados en el diseño de muros convencionales.

IV.1. REVISIÓN DE LA NORMA FONDONORMA 1756: 2006 “PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS EN CONCRETO ESTRUCTURAL”

Es relevante comentar que el diseño de muros no se contempla en el alcance del presente trabajo. Sin embargo, se decidió revisar en el Capítulo 14 de esta norma aspectos como: los espesores mínimos que deben tener los muros estructurales y el empleo de mallas electrosoldadas como acero de refuerzo en los mismos.

La norma expone que el espesor mínimo de un muro estructural no será menor que la mayor de las siguientes dimensiones:

- 10 cm.
- 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.

La norma establece independientemente del nivel de diseño usado, que los muros estructurales deben tener acero de refuerzo en las dos direcciones ortogonales en el plano del muro y que el mismo se colocará en por lo menos dos mallas paralelas a las caras del muro cuando el corte último supere al corte del concreto. Es importante destacar que la norma no restringe el uso de mallas de alambres electrosoldados como acero de refuerzo en los muros.

Adicionalmente para Nivel de Diseño 1 la separación horizontal (S_h) de los aceros de refuerzo horizontal por corte no excederán ninguno de los siguientes valores: $0,2L_w$; $3b_w$; ni 35 cm. La separación vertical (S_v) de los acero de refuerzo vertical por corte, no excederá: $0,33L_w$; $3b_w$, ni 35 cm.

Para Nivel de Diseño 2 la separación de los aceros de refuerzo por corte vertical (S_v) y horizontal (S_h) respectivamente no excederán ninguno de los siguientes valores: $0,2L_w$; $3b_w$, ni 25 cm.

IV.2. REVISIÓN DE LA NORMA COVENIN 1756: 2001 “EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES”

IV.2.1 Fundamentos Básicos (Capítulo 3.5)

En este apartado la Norma presenta los Fundamentos Básicos bajo los cuales está regida la clasificación, acción sísmica, criterios, métodos de análisis y verificación de la seguridad de las estructuras. En ellos se expone como característica principal que el sistema resistente a sismo deberá estar en la capacidad de absorber y disipar energía bajo acciones de tipo alternante, en el rango inelástico, sin ocasionar pérdidas considerables en su resistencia, ni comprometer la estabilidad de la edificación.

Expuesto lo anterior, es necesario que en el diseño de estructuras Tipo Túnel se disponga de varias líneas resistentes en al menos dos direcciones ortogonales, que permitan absorber y disipar energía sin que se comprometa la estabilidad de la estructura ante la ocurrencia de un sismo.

IV.2.2 Nivel de Diseño (Capítulo 6.2.1)

En este apartado la Norma especifica los siguientes tres niveles de diseño:

- Nivel de Diseño 1:

El diseño en zonas sísmicas no requiere la aplicación de requisitos adicionales a los establecidos para acciones gravitacionales.

- Nivel de Diseño 2:

Requiere la aplicación de los requisitos adicionales para este Nivel de Diseño, establecidos en las Normas COVENIN-MINDUR.

- Nivel de diseño 3:

Requiere la aplicación de todos los requisitos adicionales para el diseño en zonas sísmicas establecidas en las Normas COVENIN-MINDUR.

Los requisitos adicionales que se mencionan en los niveles de diseño, se refieren básicamente a la aplicación del Diseño por Capacidad, en donde se revisan aspectos como el dimensionamiento, detallado de los miembros, conexiones de los elementos portantes en zonas sísmicas, entre otros.

Los niveles de diseño requeridos buscan mantener la ductilidad de las estructuras y permitir disipar cierta cantidad de energía independientemente de la zona sísmica. La norma considera que el cumplimiento de las especificaciones de detallado confiere cierta ductilidad a las estructuras, por eso para los niveles de diseño menos exigentes se asignan factores de reducción de respuesta menores y se incrementan las fuerzas de diseño.

IV.2.3 Clasificación según el Tipo de Estructura (Capítulo 6.3)

En este capítulo la norma expone la clasificación de los sistemas estructurales resistentes a sismos, entre los cuales se encuentra el sistema Tipo III que se describe como:

Estructuras capaces de resistir la totalidad de las acciones sísmicas mediante pórticos diagonalizados o muros estructurales de concreto armado o de sección mixta acero-concreto, que soportan la totalidad de las cargas permanentes y variables. Los últimos son los sistemas comúnmente llamados de muros. Se considerarán igualmente dentro de este Grupo las combinaciones de los Tipo I y Tipo III, cuyos pórticos no sean capaces de resistir por sí solos por lo menos el veinticinco por ciento (25%) de las fuerzas sísmicas totales, respetando en su diseño, el Nivel de Diseño adoptado para toda la estructura. Se distinguen como Tipo IIIa los sistemas conformados por muros de concreto armado acoplados con dinteles o vigas dúctiles, así como los pórticos de acero con diagonales excéntricas acopladas con eslabones dúctiles.

De acuerdo a la descripción anterior se pueden incluir los edificios Tipo Túnel dentro de la clasificación Tipo III, porque en la misma no se especifica cómo debe ser la disposición, el espesor o las dimensiones de los muros, solo se dice que la totalidad de las acciones sísmicas la resisten los muros estructurales.

Para considerar los edificios Tipo Túnel como estructuras Tipo III, solo se pueden incluir en este tipo de sistema estructural a los edificios con muros en dos direcciones, ya que para resistir la totalidad de las acciones sísmicas es necesario tener líneas resistentes en las dos direcciones ortogonales en planta.

IV.2.4 Factor de Reducción de Respuesta (Capítulo 6.4)

En este apartado la Norma expone la Tabla IV.1, donde se especifica el valor del factor de reducción de respuesta en función del Nivel de Diseño correspondiente a la estructura.

Tabla IV.1. Factor de Reducción R. Fuente: COVENIN 1756:2001.

Nivel de Diseño	Estructuras de Concreto Armado				
	Tipos de Estructura (Sección 6.3.1)				
	I	II	III	IIIa	IV
ND3	6,0	5,0	4,5	5,0	2,0
ND2	4,0	3,5	3,0	3,5	1,5
ND1	2,0	1,75	1,5	2,0	1,25

IV.2.5 Período Fundamental (Capítulo 9.3.2.2)

En esta sección se describe que el período fundamental correspondiente al primer modo de vibración, podrá obtenerse a partir del tipo de estructuras. En el caso de las estructuras Tipo III el período viene dado por la expresión alternativa Ec.10.

$$T_a = 0,05hn^{0,75} \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

hn= altura del edificio medida desde el último nivel, hasta el primer nivel cuyos desplazamientos estén restringidos total o parcialmente.

IV.2.6 Desplazamientos Laterales (Capítulo 10)

La Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 contempla en su Capítulo 10 la verificación del cumplimiento de los valores límites, del cociente dado por expresión $\delta_i/(h_i - h_{i-1})$, expuestos en la Tabla II.1.

El valor límite establecido para edificaciones pertenecientes al Grupo B2 (edificaciones de uso público o privado de baja ocupación) susceptibles a sufrir daños por deformaciones de la estructura es de 0,018.

Cabe destacar que mientras la norma no distinga los edificios Tipo Túnel de las estructuras de muros convencionales, los parámetros señalados en el presente capítulo se seguirán tomando como referencia para su aplicación en el diseño sismorresistente de esas estructuras.

IV.3. REVISIÓN DE LA NORMA PERUANA E.030:2006 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”

La Norma E.030:2006 “Diseño Sismorresistente”, hace un apartado específico para muros llamado “Especificaciones Normativas para el Diseño Sismorresistente en el caso de Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL)”, en el cual estas edificaciones están caracterizadas por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad en las dos direcciones está dada por muros de concreto armado, que no pueden desarrollar desplazamientos inelásticos importantes. En este sistema los muros son de espesores reducidos, se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola hilera. Los sistemas de piso son losas macizas y el máximo número de pisos con los que se puede construir este sistema es de siete. Sin embargo cuando se emplea este sistema en edificios de mayor altura, los pisos inferiores por debajo de los seis últimos niveles deberán tener muros con espesores mayores o iguales a 15 cm, que permitan confinar sus extremos.

Es importante mencionar que posteriormente a la incorporación de los muros de ductilidad limitada en la Norma de Diseño Sismorresistente E.030, y con la iniciativa tomada por el Colegio de Ingenieros del Perú se lograron conformar las Normas sobre Edificios de Muros de Ductilidad Limitada, que son comentadas en la investigación del Ingeniero Blanco A. “Los Edificios de Muros Delgados de Concreto y las Nuevas Normas para su Diseño”, y mencionan, entre otros aspectos, la limitación del uso de mallas electrosoldadas hechas de acero que no cumplen con los requisitos de ductilidad equivalentes al acero convencional ($f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$) a un máximo de tres pisos, y en el caso de edificios con mayor número de pisos se podrá utilizar mallas electrosoldadas solo en los pisos superiores.

IV.3.1 Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica

La Tabla IV.2 presenta los valores de coeficiente de reducción (R) para los distintos sistemas estructurales mostrados en la presente Norma, los cuales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección.

Tabla IV.2. Coeficiente de reducción R. Fuente: Norma E.30-2006.

Sistema Estructural	Coeficiente de Reducción, R para estructuras regulares
Acero: Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos.	9,50
Otras estructuras de acero : Arriostres Excéntricos Arriostres en Cruz	6,50 6,00
Concreto Armado: Pórticos Dual De muros estructurales De muros de ductilidad limitada	8 7 6 4
Albañilería armada o confinada	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

IV.3.2 Período Fundamental

El Período Fundamental en cada dirección se estimará de acuerdo a la relación dada por la expresión Ec. 11.

$$T = \frac{hn}{cT} \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

hn= altura total de la edificación en metros.

CT= 60 Para estructuras de mampostería y para todos los edificios de concreto armado cuyos elementos sismorresistente sean fundamentalmente muros de corte.

IV.3.3 Desplazamientos Laterales Permisibles.

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, dividido entre la altura de entrepiso, no deberá exceder de 0,005.

IV.4. REVISIÓN DE LA NORMA NEOZELANDESA NZS 1170:2003 “*STRUCTURAL DESIGN ACTIONS*” (ACCIONES DE DISEÑO ESTRUCTURAL)

La revisión de esta norma se limitó al Capítulo 04, en el cual se establecen las acciones para el diseño sismorresistente. La norma hace distinción, al momento de seleccionar el factor de ductilidad estructural, entre estructuras dúctiles y estructuras con ductilidad limitada, pero los demás parámetros como el período fundamental y desplazamientos totales se presentan de manera general.

IV.4.1 Factor de Ductilidad Estructural (μ)

En la Tabla IV.3 se muestran los distintos factores de ductilidad para los diferentes tipos de estructuras y materiales considerados en esta norma.

Tabla IV.3. Factor estructural de ductilidad μ . Fuente: NZS 1170:2003.



	Structural steel	Reinforced concrete	Prestressed concrete	Reinforced masonry	Timber	Unreinforced masonry
1. Elastic structures with brittle failure modes. (See Clause 4.3.4)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2. Nominally ductile structures	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
3. Structures of limited ductility					3	
(a) Braced frames:						
(i) Tension & compression yielding	3					
(ii) Tension yielding only (two storey only)	2					
(b) Moment resisting frames	3	3	2	2	3	
(c) Walls		3		2		
(d) Cantilevered face loaded walls (single storey only)		2		2		
4. Ductile structures (see Clauses 4.3.35 and 4.3.6)						
(a) Braced frames:(tension & compression yielding)	4				4	
(b) Moment resisting frames	6	6	5	$4 \leq 20(1 - T_1) \leq 6$	4	
(c) Walls	3			$4 \leq 20(1 - T_1) \leq 6$	4	
(i) Two or more cantilevered		$\frac{5}{k_x}$				
(ii) Two or more coupled		$\frac{5}{k_x} \leq \frac{3A+4}{k_x} \leq \frac{4}{k_x}$				
(iii) Single cantilever		$\frac{4}{k_x}$				

IV.4.2 Período Fundamental (T_1)

La fórmula empírica descrita en la norma para estimar el período “ T_1 ” corresponde a la expresión Ec. 12.

$$T_1 = 1,25kt * hn^{0,75} \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde:

- kt = factor para determinar el período.
0,075 para pórticos de concreto.
0,11 para pórticos de acero.
0,06 para pórticos diagonalizados con estructuras metálicas.
0,05 otras estructuras.

- h_n = altura total de la edificación, en metros.

IV.4.3 Desplazamientos Laterales Permisibles.

En el estado límite, el diseño de los desplazamientos de piso no excederá 0,025 de la correspondiente altura de piso.

Adicionalmente se revisó el Capítulo 11 sobre diseño de muros estructurales de la Norma Neozelandesa NZS 3101:2006 “*The Design of Concrete Structures*” (Diseño de estructuras de concreto), para conocer los parámetros de diseño que la misma considera en cuanto a espesores mínimos y tipo de refuerzo.

En su sección 11.3.3 establece que los muros estructurales tendrán un espesor mayor o igual a 100 mm.

En cuanto al acero de refuerzo, en la sección 11.3.11 establece que todos los muros de concreto deberán tener refuerzo ubicado en dos direcciones en un ángulo de 90° y que para muros de más de 200 mm de espesor este estará ubicado en dos capas paralelas a las caras del muro. Así mismo indica que el diámetro de las barras de refuerzo será igual o mayor a 10 mm y no excederá un séptimo del espesor del muro.

IV.5. DIFERENCIA ENTRE PARÁMETROS REVISADOS EN LAS NORMATIVAS

Como se observa en la Tabla IV.4, las normas de diseño sismorresistente peruana y neozelandesa, a diferencia de la norma venezolana, hacen una distinción específica a las estructuras Tipo Túnel, también conocidas como muros de pared delgada y denominada en los apartados de las mismas como estructuras con ductilidad limitada.

Tabla IV.4. Diferencias entre parámetros sísmicos. Fuente: Elaboración Propia.

Normativas	Tipificación en la Norma	Período Fundamental (s)	Factor de Reducción de Respuesta (R)	Desplazamientos laterales máximos permisibles
Norma Venezolana COVENIN 1756:2006	Estructura Tipo III: pórticos diagonalizados o muros estructurales de concreto armado o de sección mixta acero-concreto	$T_a=0,05hn^{0,75}$	4,5	0,018
Norma Peruana E.030-2006	Muros de ductilidad limitada	$T=0,02hn$	4	0,005
Norma Neozelandesa NZS 1170:2003	Estructuras de ductilidad limitada	$T_1=0,06hn^{0,75}$	3	0,025

Se puede apreciar en la Tabla IV.4 que los valores del factor o coeficiente R, llamado también factor de ductilidad, en las normas peruana y neozelandesa son menores al utilizado en la norma venezolana, debido a que en esas normas contemplan que el valor de R aplicado a sistemas de muros de ductilidad limitada debe ser menor al elegido en el diseño de las edificaciones de muros estructurales dúctiles. Las estructuras con muros de espesores reducidos, donde resulta complicado confinar los bordes con ligaduras y se usan mallas de refuerzo con poca ductilidad, poseen escasa capacidad de deformación inelástica y por esta razón la selección del factor R se hace de forma distinta para este tipo de estructuras.

Las fórmulas utilizadas para la determinación del período fundamental en todos los casos mostrados en la Tabla IV.4 se aplican de forma general en el diseño de las estructuras, dependiendo del sistema estructural utilizado y de la altura total de la edificación.

En cuanto a los desplazamientos laterales, la norma peruana es la única que los limita de manera específica para el diseño de las estructuras con muros de ductilidad limitada, adoptando un valor límite menor al usado en las normas neozelandesa y venezolana.

El anclaje fue suficiente para el desarrollo de los alambres de 5 mm y 6,5 mm. Fue inadecuado para el desarrollo de los alambres de 9 mm y fue apenas adecuado para el desarrollo del esfuerzo de cedencia de los alambres 7,5 mm.

- La fórmula chilena para diseño resistente a sismo de estructuras de mediana altura de concreto reforzado

Esta investigación fue realizada en 1990 por Mete A. Sozen, profesor de Ingeniería Civil de la Universidad de Illinois en Estados Unidos. El estudio describe y racionaliza el comportamiento de un inventario de 322 edificios de concreto reforzado en Viña del Mar, Chile, que sobrevivieron el terremoto del 3 de marzo de 1985 con poco daño relativamente, con la intención de ayudar a responder preguntas generales de diseño acerca de la cantidad necesaria de muros estructurales y detallado. El inventario incluye edificios con alturas entre los 5 y 23 pisos.

El comportamiento de los edificios durante el terremoto atrajo la atención de la “fórmula chilena” seguida en el diseño sismorresistente de estructuras de mediana altura. En esencia la fórmula chilena produce una estructura de concreto reforzado con una cantidad generosa de muros pero con moderada resistencia lateral.

La mayoría de los edificios eran residenciales. Los muros fueron requeridos para tener una mínima cuantía de refuerzo de 0,002 en ambas direcciones. La resistencia típica de diseño usada para la construcción de edificios excedió 200 kg/cm². Las barras de refuerzo típicamente tenían una resistencia nominal de 4200 kg/cm².

El índice de muros (relación del área de las secciones de muros en una dirección dada respecto al área tributaria de la losa) provee el vehículo más simple para describir las características estructurales del inventario de edificios de Viña del Mar. Se infiere que el registro general positivo de estos se debió al índice de muros que tenían, típicamente de 3%.

Los resultados indican que la simple expresión $T=N/20$ puede proveer una buena estimación de los períodos iniciales de los edificios considerados (donde T es el más bajo período traslacional en una dirección dada y N es el número de pisos).

El uso de muros robustos conduce a una estructura rígida al igual que mantener la compresión axial y los esfuerzos de corte en límites tolerables. Estos edificios son propensos a desarrollar derivas tolerables y por lo tanto sufrir daño limitado. La estructura de la formula chilena ha demostrado en la práctica que si un edificio está proporcionado para el control de la deriva es probable que no requiera detalles de refuerzo muy elaborados.

- **Comportamiento sísmico de estructuras Tipo Túnel: un estudio experimental**

Esta investigación fue realizada por Tavafoghi A. & Eshghi S. y presentada en el año 2012 en el 15vo Congreso de Ingeniería Sísmica (WCEE) en Lisboa. Se realizó un estudio experimental que incluyó el ensayo de dos edificios Tipo Túnel de tres niveles a 1/5 de escala. Ambos tenían idénticas dimensiones, detallado del refuerzo y propiedades de los materiales. Las propiedades de los materiales de acero y concreto no fueron escaladas, pero el tamaño del agregado, diámetro y espaciamiento de los refuerzos sí fueron reducidos.

Primero se ensayó el edificio No. 1 y los mismos grupos de ensayos fueron hechos en el espécimen No. 2. Fueron montados dos excitadores en el tercer piso del edificio en una posición para proporcionar fuerza horizontal a la estructura; tres acelerómetros en cada piso para capturar la respuesta horizontal y rotacional del edificio, y tres acelerómetros en el tope de la fundación para registrar la respuesta del piso fuerte.

Una serie de pruebas fueron realizadas para estimar el período fundamental de las formas modales. Las pruebas de vibración forzada fueron realizadas con y sin masa adicional. Después de esto, el ejemplar fue sujeto a cargas laterales cíclicas. Luego de que algunas grietas aparecieron en las conexiones muro-losa y en los muros

cercanos a la fundación, se realizaron ensayos de vibración forzada para obtener las características dinámicas de estructuras agrietadas.

Los modelos tuvieron mecanismos de falla frágiles que ocurrieron en los muros de corte por encima de las conexiones a la fundación. El recubrimiento de los muros se rompió de repente y no se observó trituración del concreto. Para ambos ejemplares ensayados, el acero longitudinal fue incapaz de soportar la fuerza de tracción, por tanto el concreto se agrietó, los refuerzos longitudinales cedieron y ocurrió ruptura repentina. El daño se concentró en el fondo de los muros cerca de la fundación, todas las conexiones muro-losa y la losa del primer piso. La frecuencia natural de los ejemplares capturada en la dirección X, tuvo un buen ajuste con los resultados numéricos, pero en la otra dirección y frecuencia torsional, los resultados tienen diferencias que pueden ser causadas por la tolerancia de construcción. Las respuestas presentadas en los modelos de elementos finitos fueron un tanto más resistentes y fuertes que los resultados experimentales.

- **Comportamiento sísmico de estructuras de concreto armado tipo túnel**

Esta investigación fue realizada por Tavafoghi A. & Eshghi S. y presentada en el año 2008 en el 14vo Congreso de Ingeniería Sísmica (WCEE) en Beijing (China). Buscaba estudiar el período fundamental y modos de vibración de edificios Tipo Túnel, parámetros básicos del comportamiento sísmico en respuesta lineal, comparándolos entre sí y con fórmulas sugeridas por estudios anteriores. Algunos análisis de elementos finitos se llevaron a cabo para mostrar la influencia de cada parámetro en el período fundamental.

Estudios recientes muestran que los códigos y directrices sísmicas actuales no proporcionan suficientes requerimientos para el diseño sísmico de estas estructuras. Los diseñadores deben adoptar la fuerza basada en la metodología de diseño tradicional de estructuras. En esta metodología, el período fundamental y el factor de comportamiento propuesto (R), se utilizan para calcular el cortante en la base de una estructura. La mayoría de los códigos sísmicos especifican fórmulas empíricas para

estimar el período fundamental de vibración del edificio, las cuales según estudios previos han demostrado que pueden producir resultados inexactos.

Los resultados mostraron que la fórmula IBC (2006) para estimar el período de este tipo de estructuras ($T = C_t H^{3/4}$), es todavía más fiable que otras fórmulas que derivan de estudios recientes hechos por diferentes autores.

Este estudio mostró que la altura del edificio puede ser considerada como el principal parámetro en la estimación de fórmulas para el período fundamental de edificios Tipo Túnel. El orden de los primeros tres modos de estructuras permanece invariable para edificios con diferentes alturas.

De acuerdo a la base de datos desarrollada, no existe una estrecha correlación entre la dimensiones en planta y/o área de muros de corte, con el período y tipos de formas modales (rotacionales y traslacionales). Las fórmulas basadas en la altura del edificio (UBC, IBC) son más simples que las fórmulas sugeridas basadas en los otros parámetros. También algunas de las fórmulas sugeridas son complicadas de usar y se debe hacer un intento de desarrollar fórmulas racionales para el período de este tipo de edificios y otros parámetros que afectan el comportamiento sísmico como el factor R.

IV.6.1 Aspectos resaltantes de los artículos revisados

Los aspectos más resaltantes sobre los edificios Tipo Túnel, evaluados en las investigaciones citadas anteriormente y que deben tenerse en consideración, son los siguientes:

Según Sozen, M. A. & Abrams, D. P. (1979), en la unión losa-muro de una losa de 13 cm de espesor con un muro de 16 cm de espesor, los anclajes rectos de 115 mm de longitud fueron suficientes para desarrollar hasta el límite los alambres de refuerzo de 5 mm y 6,5 mm; mientras que los anclajes rectos de 110 mm fueron inadecuados para desarrollar la resistencia límite del refuerzo de 9 mm.

Los edificios Tipo Túnel presentan mecanismos de falla frágiles, esto de acuerdo a la investigación realizada por Kalkan & Yüksel (2007) donde concluyeron

que un muro de corte reforzado con un pequeño porcentaje de acero presenta dicho modo de falla, y sugirieron que un refuerzo de borde adicional para cada extremo del muro puede mejorar esa condición. Esta idea fue reafirmada por los resultados obtenidos por Eshghi & Tavafoghi (2012), donde edificios a escala ensayados con pruebas de vibración forzada y cargas laterales cíclicas sufrieron agrietamiento del concreto y los refuerzos longitudinales cedieron, concentrándose el daño en el fondo de los muros de corte cerca de la fundación, en todas las conexiones muro-losa y en la losa del primer piso.

Dos parámetros de diseño muy discutidos son la estimación del período fundamental de la estructura y el factor de reducción de respuesta. Respecto al período fundamental Sozen (1990) establece que la expresión $T=N/20$ (donde T es el más bajo período traslacional en una dirección dada y N es el número de pisos) puede proveer una buena estimación del mismo, y el estudio realizado por Eshghi & Tavafoghi (2008) confirma que la altura del edificio puede ser considerada como el principal parámetro en la estimación de fórmulas para el período fundamental de edificios Tipo Túnel.

La mayoría de los edificios que sobrevivieron el terremoto de Chile en 1985, con relativamente poco daño, estaban formados por muros robustos y no tenían una configuración Tipo Túnel, pero su comportamiento permite asegurar que si un edificio está proporcionado para el control de la deriva es probable que no requiera detalles de refuerzo muy elaborados. Así mismo Sozen (1990) sugiere que el buen comportamiento de esas estructuras está relacionado al índice de muros, el cual provee el vehículo más simple para describir las características estructurales de los edificios y para edificios de mediana altura, un valor aceptable de este es 3%.

Los códigos sísmicos usualmente no tratan el factor de reducción de respuesta R para edificios Tipo Túnel claramente, a pesar del hecho de que este parámetro es directamente usado para determinar el diseño del cortante en la base (Eshghi & Tavafoghi, 2012), por lo que la determinación de valores de R confiables sigue siendo un punto de discusión en las investigaciones.

CAPÍTULO V. INFORMACIÓN OBTENIDA DE LOS EDIFICIOS

En este capítulo se presenta la descripción y clasificación de los edificios de los cuales se tuvo acceso a planos de arquitectura y/o estructura.

V.1. DESCRIPCIÓN DE LOS EDIFICIOS

V.1.1 El Fortín. Urbanización Nueva Casarapa

Se encuentran ubicados en la parroquia San Nicolás de Bari, sector El Fortín, urbanización Nueva Casarapa, Municipio Ambrosio Plaza, Estado Miranda.

La edificación está formada por ocho niveles. En la dirección corta del edificio están ubicados los muros principales que tienen un espesor de 15 cm. En la dirección larga del edificio se encuentran cuatro muros perpendiculares a los principales de espesores 20 cm y 25 cm, y la losa de entrepiso tiene 12 cm de espesor.



Figura V.1. Vista de Fachada Edificio El Fortín. Fuente: Elaboración Propia.

De esta edificación solo se tuvo acceso al plano de arquitectura, es por ello que se desconoce la calidad de los materiales y los detalles del armado de los muros y losas.

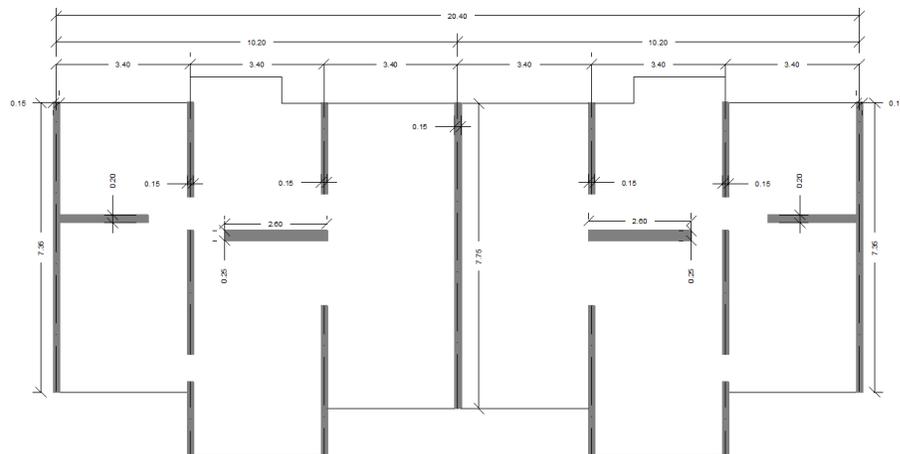


Figura V.2. Plano de Planta de Edificio El Fortín. Fuente: Elaboración Propia.

V.1.2 La Ribera. Urbanización Nueva Casarapa

Se encuentran ubicados en la parroquia San Nicolás de Bari, sector La Ribera, urbanización Nueva Casarapa, Municipio Ambrosio Plaza, Estado Miranda.

El edificio se encuentra conectado a otro de igual configuración estructural y arquitectónica, a través de un núcleo externo de escaleras. Está formado por seis niveles, cada nivel cuenta con dos unidades de vivienda con un área de 74 m² cada una.



Figura V.3. Vista de Edificio La Ribera. Fuente: Elaboración Propia.

En la dirección corta del edificio están ubicados los muros, los cuales tienen un espesor de 12 cm al igual que la losa de entepiso.

De esta edificación solo fue posible conseguir el plano de arquitectura, es por ello que se desconoce la calidad de los materiales y los detalles del armado de los muros y losas.

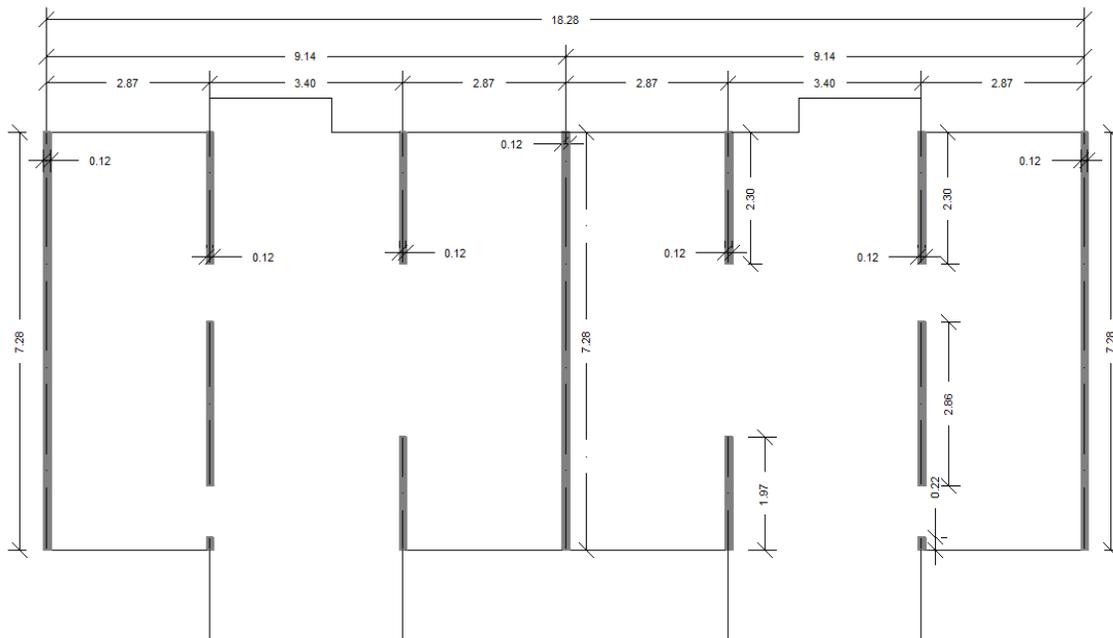


Figura V.4. Plano de Planta de Edificio La Ribera. Fuente: Elaboración Propia.

V.1.3 Urbanización Camino Real

Estos edificios se encuentran ubicados en el Conjunto Residencial La Moncloa y la Colonia en la Urbanización Camino Real, Municipio Ambrosio Plaza, Estado Miranda.

El edificio se encuentra conectado a otro de igual configuración estructural y arquitectónica a través de un núcleo externo de escaleras de concreto que se apoyan en vigas metálicas, ubicadas en el medio de los edificios. La edificación está formada por cinco niveles. Cada nivel cuenta con dos unidades de vivienda.



Figura V.5. Vista de Edificios Camino Real. Fuente: FUNVISIS.

En la dirección corta del edificio están ubicados los muros, los cuales presentan un espesor de 12 cm de acuerdo con los planos suministrados, sin embargo en una visita técnica realizada al Conjunto Residencial La Moncloa y La Colonia se pudo observar que la información en el plano no coincidía con lo construido en este aspecto, ya que los muros tenían un espesor de 14 cm y además los muros de los ejes B, C, E y F se prolongaban hasta el borde del volado, como se muestra en la Figura V.11. En el Anexo A.3 se observa la imagen del plano obtenido inicialmente.

La losa de entrepiso es de 12 cm de espesor y al igual que los muros, es de concreto armado con mallas electrosoldadas de resistencia nominal (f_y) de 5000 Kg/cm².

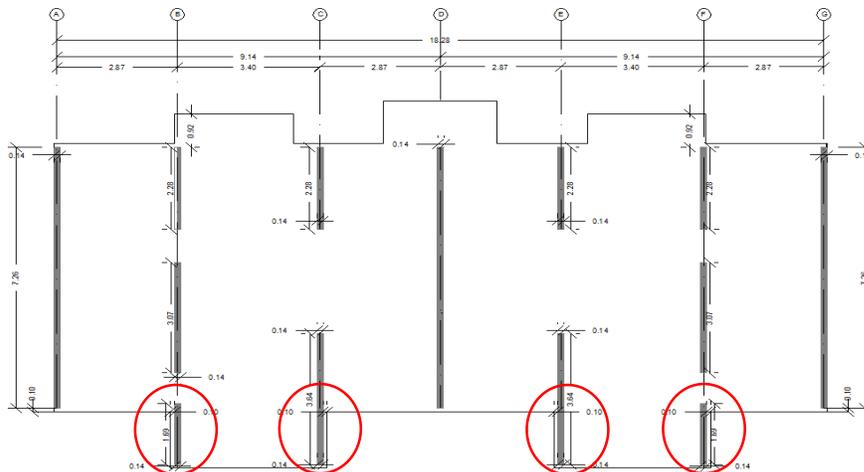


Figura V.6. Plano de Planta de Edificio Camino Real. Fuente: Elaboración Propia.

V.1.4 El Tablón. Urbanización Nueva Casarapa

Se encuentran ubicados en la parroquia San Nicolás de Bari, sector El Tablón, urbanización Nueva Casarapa, Municipio Ambrosio Plaza, Estado Miranda.

El edificio se encuentra conectado a otro de igual configuración estructural y arquitectónica, a través de un núcleo externo de escaleras de concreto que se apoyan en vigas metálicas ubicadas en el medio de los edificios.



Figura V.7. Vista Edificio El Tablón. Fuente: Elaboración Propia.

Está formado por cuatro niveles. En la dirección corta del edificio están ubicados los muros, los cuales tienen un espesor de 12 cm. También presenta dos machones en la dirección de los ejes B y F.

La losa de entrepiso y techo es de 12 cm de espesor y al igual que los muros, es de concreto armado con mallas electrosoldadas.

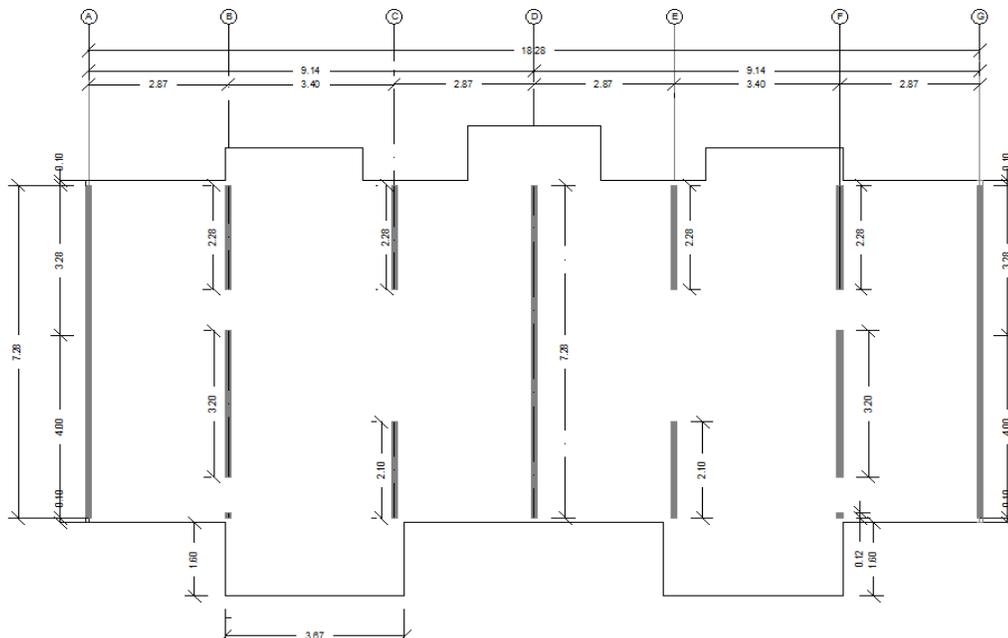


Figura V.8. Plano de Planta de Edificio El Tablón. Fuente: Elaboración Propia.

V.1.5 Conjunto Residencial Antares del Ávila

Se encuentran ubicados en la parroquia Guatire, Conjunto Residencial Antares del Ávila, Hacienda el Ingenio, Municipio Zamora, Estado Miranda.

El edificio se encuentra conectado a otro de igual configuración estructural y arquitectónica a través de un núcleo externo de escaleras ubicado en el medio de los edificios. La edificación está formada por cinco niveles, cada nivel cuenta con dos unidades de vivienda.



Figura V.9. Vista de Fachada de Edificios Antares del Ávila.
Fuente: Ing. José Rengel.

En la dirección larga del edificio están centrados los muros, los cuales tienen un espesor de 10 cm. La losa de entrepiso y de techo es de 10 cm de espesor y al igual que los muros, es de concreto armado con mallas electrosoldadas de resistencia nominal (f_y) de 5000 Kg/cm^2 y la resistencia del concreto a los 28 días ($f'c$) es de 210 Kg/cm^2 .

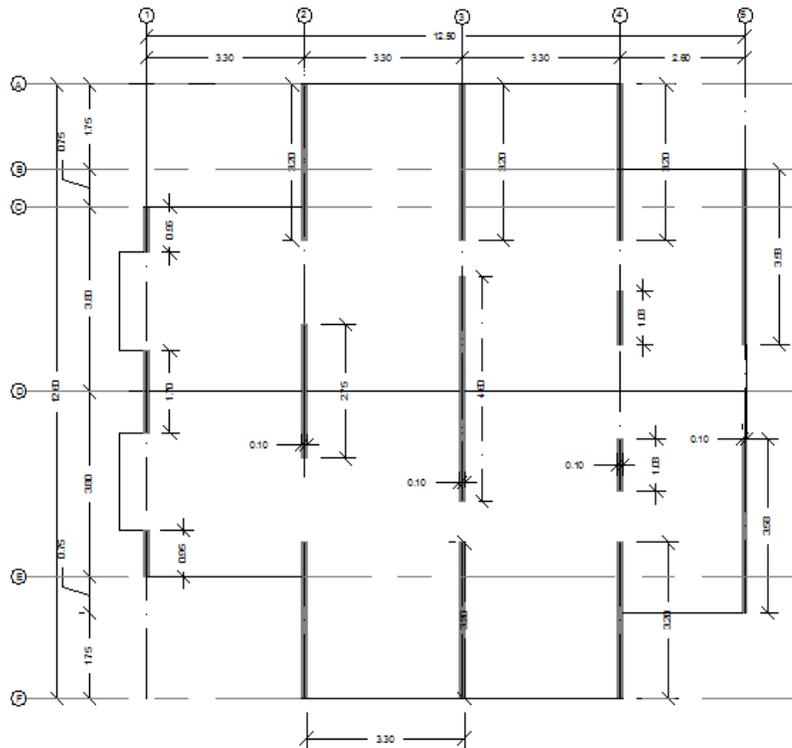


Figura V.10. Plano de Planta de Edificio Antares del Ávila. Fuente: Elaboración Propia.

V.1.6 Conjunto Residencial La Meseta

Se encuentran ubicados en la parroquia Guatire, urbanización La Meseta, Municipio Zamora, Estado Miranda.

La edificación está formada por cuatro niveles, cada nivel cuenta con dos unidades de viviendas.

En la dirección corta del edificio están centrados los muros principales, los cuales tienen un espesor de 12 cm y en la dirección larga del edificio están alineados unos muros perpendiculares a los principales con un espesor de 12 cm.

La losa de entrepiso y de techo es de 12 cm de espesor y al igual que los muros, es de concreto armado con mallas electrosoldadas de resistencia nominal (f_y) de 5000 Kg/cm^2 , acero de refuerzo de 4200 Kg/cm^2 , y la resistencia del concreto (f'_c) es de 210 Kg/cm^2 .

El edificio se encuentra conectado a otro de igual configuración estructural y arquitectónica a través de dos núcleos de escaleras externos, un núcleo Tipo 1, ubicado entre los ejes 6 y 7 y un núcleo Tipo 2 ubicado entre los ejes 3 y 4.



Figura V.11. Vista Edificio La Meseta. Fuente: Web Mitula.

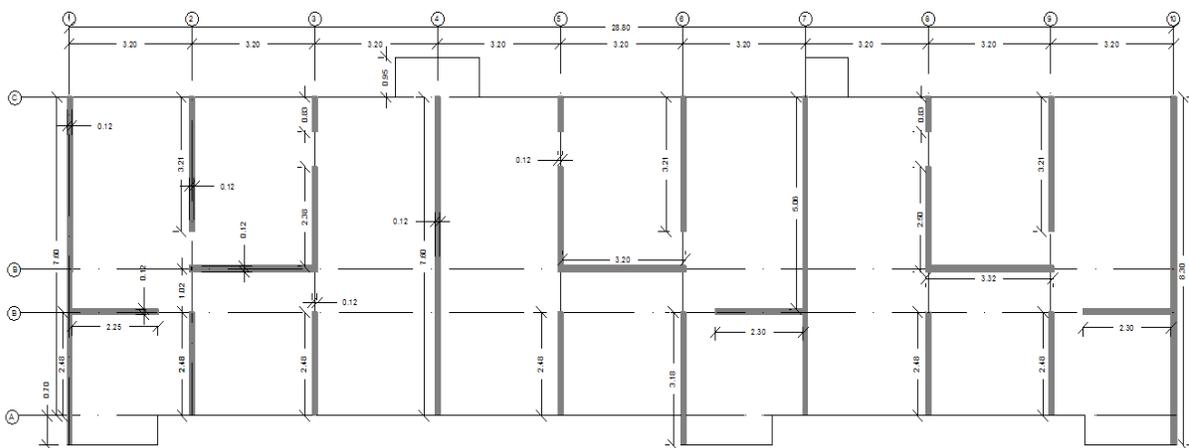


Figura V.12. Plano de Planta de Edificio La Meseta. Fuente: Elaboración Propia.

V.1.7 Ciudad Residencial La Rosa

Estos edificios se encuentran ubicados en la urbanización Ciudad Residencial La Rosa, Guatire, Municipio Zamora, Estado Miranda.

Cada edificio está formado por cuatro niveles, cada nivel cuenta con dos unidades de vivienda y los muros son 12 cm de espesor.

La losa de entrepiso, al igual que los muros y la losa de techo, es de concreto armado de resistencia nominal a la compresión a los 28 días ($f'c$) de 250 Kg/cm^2 , reforzado con mallas electrosoldadas de resistencia nominal (f_y) de 5000 Kg/cm^2 y de 12 cm de espesor.



Figura V.13. Fachada Edificio La Rosa. Fuente: Ing. José Rengel.

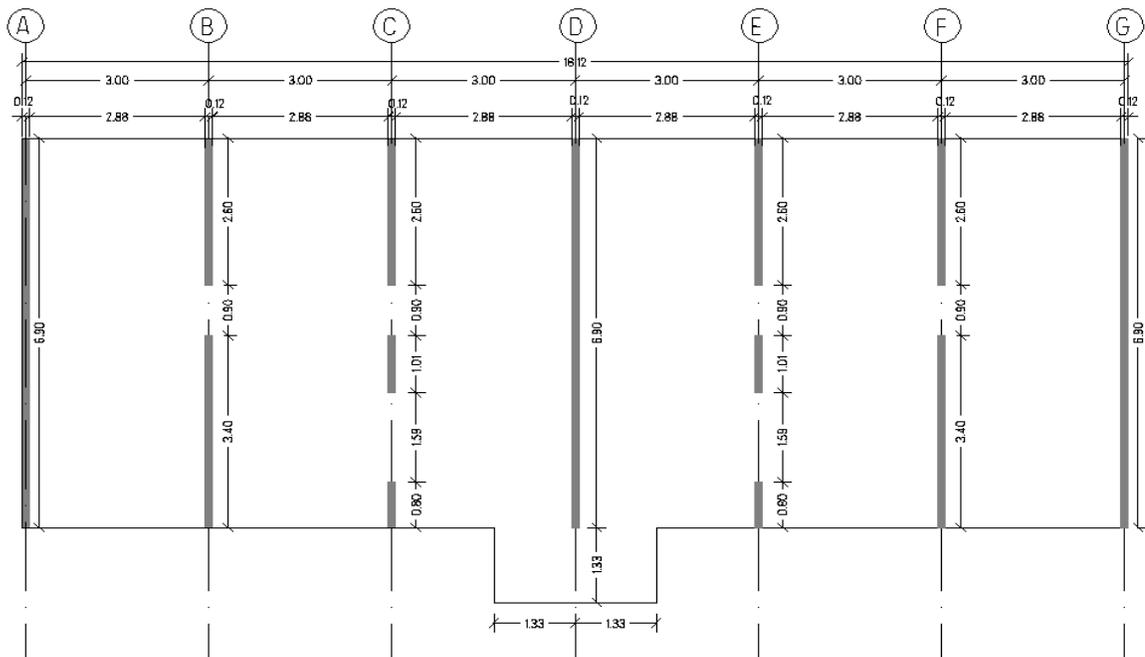


Figura V.14. Plano de Planta de Edificio La Rosa. Fuente: Elaboración Propia.

V.1.9 Conjunto Habitacional Castillejo

Estos edificios se encuentran ubicados en la urbanización Castillejo, Guatire, Municipio Zamora, Estado Miranda.

Cada edificio está formado por cuatro niveles, cada nivel cuenta con dos unidades de vivienda. La altura de entrepiso es de 2,52 m en todos los niveles. Cuenta con muros de espesor 12 cm. En la dirección larga del edificio no se identifican muros, pero se encuentran cuatro machones de 60x17 cm, alineados entre sí.



Figura V.17. Vista de Edificio Castillejo. Fuente: Elaboración Propia.

La losa de entrepiso, al igual que los muros y la losa de techo, es de concreto armado reforzado con mallas electrosoldadas de 12 cm de espesor, en los planos no se especifica la calidad de los materiales.

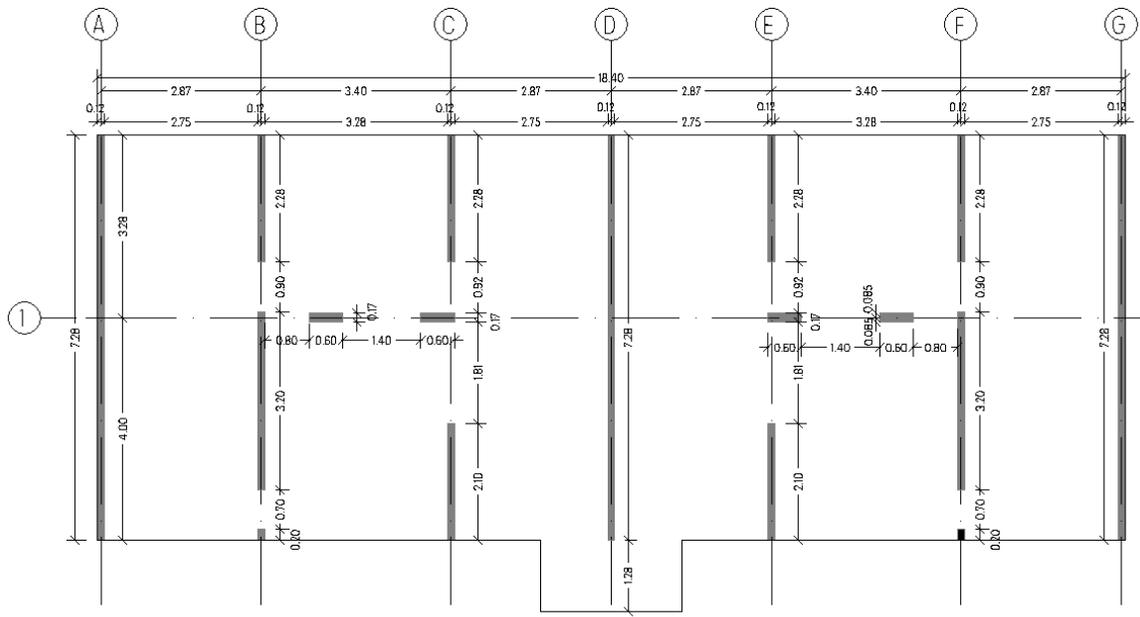


Figura V.18. Plano de Planta Edificio Castillejo. Fuente: Elaboración Propia.

V.1.10 Urbanización Palo Alto

Estos edificios se encuentran ubicados en la urbanización Palo Alto, Guatire, Municipio Zamora, Estado Miranda.

Cada edificio está formado por cinco niveles, cada nivel cuenta con dos unidades de vivienda. La altura de entrepiso es de 2,52 m. Los muros son de espesor 12 cm.

La losa de entrepiso, al igual que los muros y la losa de techo, es de concreto armado de resistencia nominal a la compresión a los 28 días ($f'c$) de 250 Kg/cm^2 , reforzado con mallas electrosoldadas de resistencia nominal (f_y) de 5000 Kg/cm^2 y de 12 cm de espesor.



Figura V.19 Plano de Planta de Edificio Palo Alto. Fuente: Elaboración Propia.

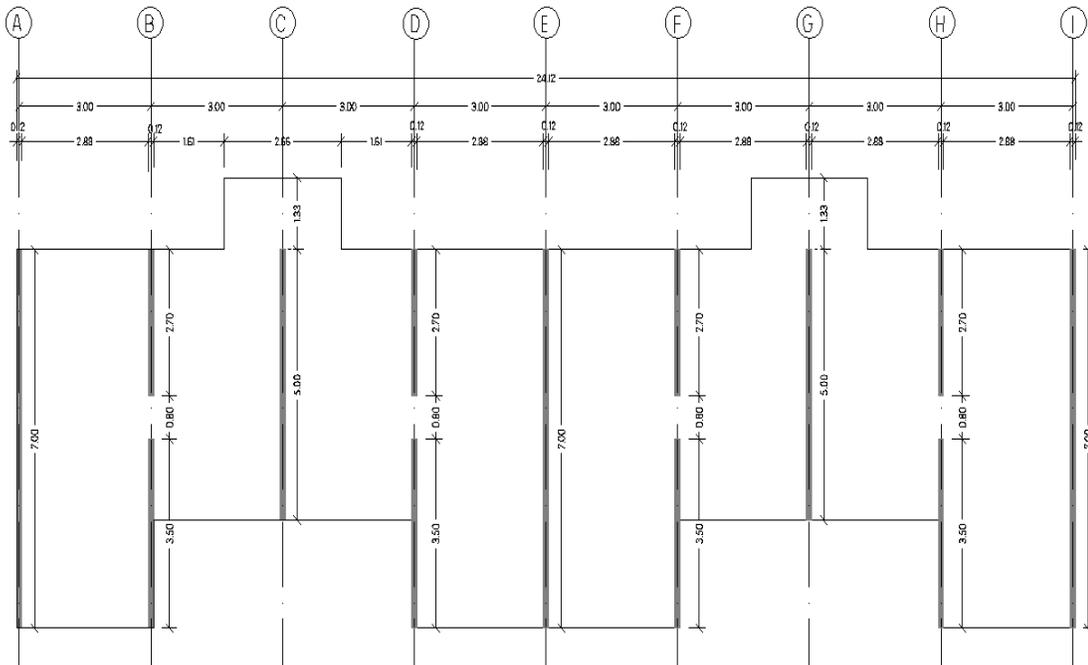


Figura V.20. Plano de Planta de Edificio Palo Alto. Fuente: Elaboración Propia.

V.1.12 Urbanización Valle Grande

Estos edificios se encuentran ubicados en la urbanización Valle Grande, Guatire, Municipio Zamora, Estado Miranda.

Cada Edificio está formado por tres niveles, cada nivel cuenta con dos unidades de vivienda. La altura de entrepiso es de 2,52 m y los muros principales son de 12 cm espesor y cuenta con dos muros transversales de espesor 12 cm.



Figura V.23. Vista de Edificios Valle Grande. Fuente: Web Mitula.

La losa de entrepiso, al igual que los muros son de concreto armado de resistencia nominal a la compresión a los 28 días ($f'c$) de 210 Kgf/cm^2 con mallas electrosoldadas de resistencia nominal (f_y) de 5000 Kgf/cm^2 y de 12 cm de espesor.

El techo está formado por un machihembrado de madera con impermeabilización asfáltica cubierta por tejas criollas.

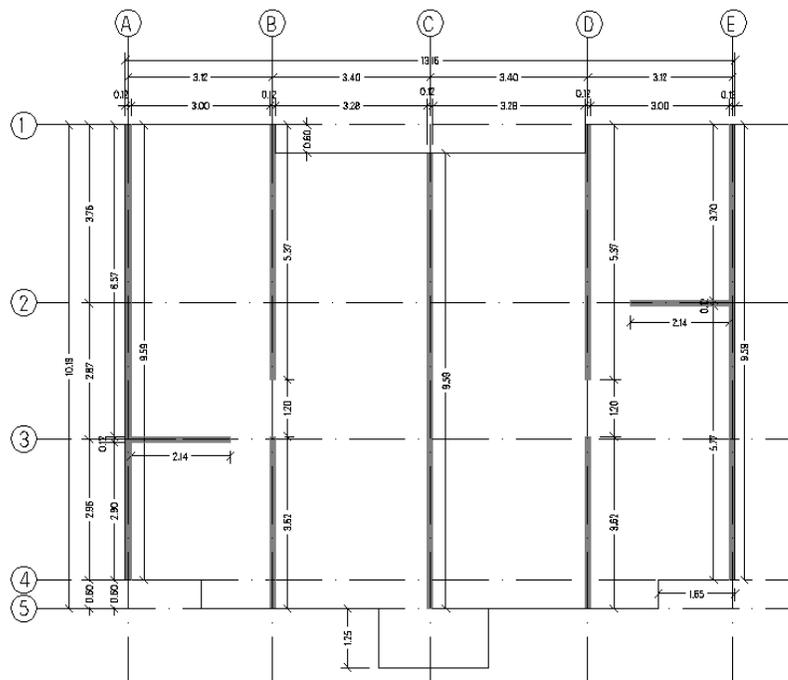


Figura V.24. Plano de Planta de Edificio Valle Grande. Fuente: Elaboración Propia.

V.1.13 Desarrollo Habitacional Maca Socialista

Se encuentra ubicado en el sector Maca, Municipio Sucre, Estado Miranda.

Está formado por cinco niveles, cada nivel cuenta con cuatro unidades de vivienda. La altura de entrepiso es de 2,53 m en todos los niveles. Todos los muros tienen espesor de 12 cm.

La losa de entrepiso, al igual que los muros y la losa de techo, son de concreto armado de resistencia nominal a la compresión a los 28 días ($f'c$) de 250 Kg/cm^2 con mallas electrosoldadas de resistencia nominal (f_y) de 5000 Kg/cm^2 y de 12 cm de espesor.



Figura V.25. Vista de Edificios Maca Socialista. Fuente: Web Venezolana de Televisión.

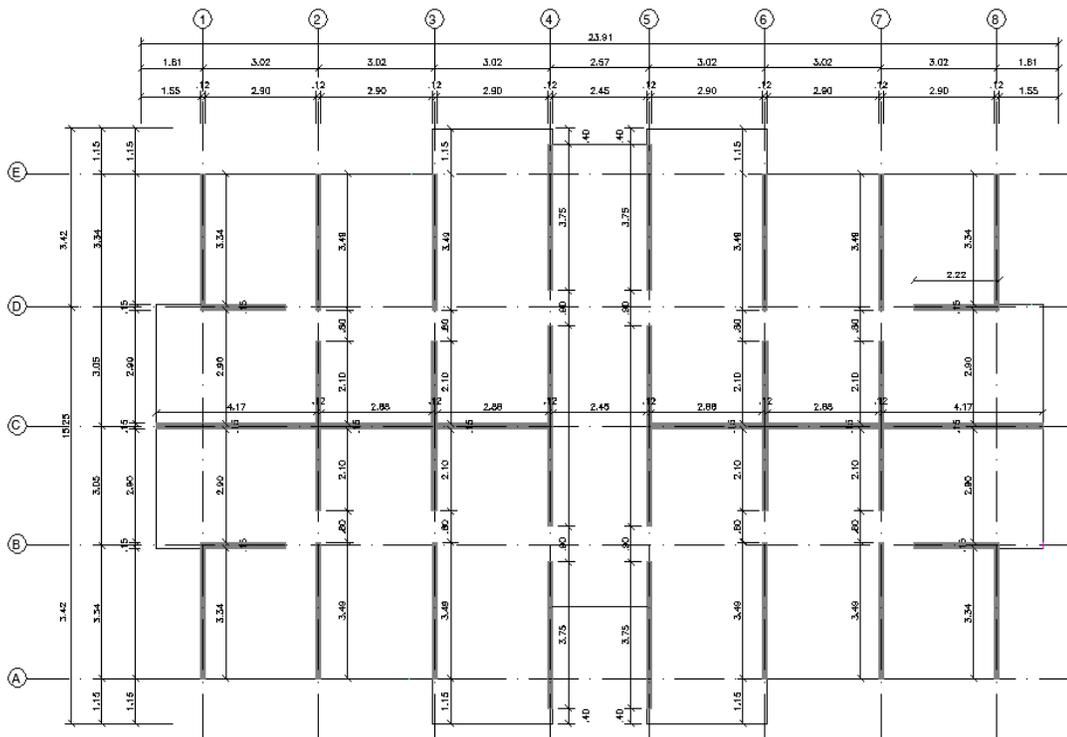


Figura V.26. Plano de Planta de Edificio Maca Socialista. Fuente: Elaboración Propia.

V.1.14 Residencias Las Ceibas. Urbanizadora Terrazas de Guaicoco

Estos edificios se encuentran ubicados en la parroquia La Dolorita, sector Los Mariches, urbanización Terrazas de Guaicoco, Municipio Sucre, Estado Miranda.

Cada edificio está formado por cinco niveles, cada nivel cuenta con dos unidades de vivienda. La altura de entrepiso es de 2,52 m. Los muros tienen 12 cm de espesor.

La losa de entrepiso, al igual que los muros, es de concreto armado de resistencia nominal a la compresión a los 28 días ($f'c$) de 200 Kg/cm^2 , reforzado con mallas electrosoldadas de resistencia nominal (f_y) de 5000 Kg/cm^2 y de 12 cm de espesor. El techo está formado por un machihembrado de madera.



Figura V.27. Vista de Edificios Las Ceibas. Fuente: FUNVISIS.

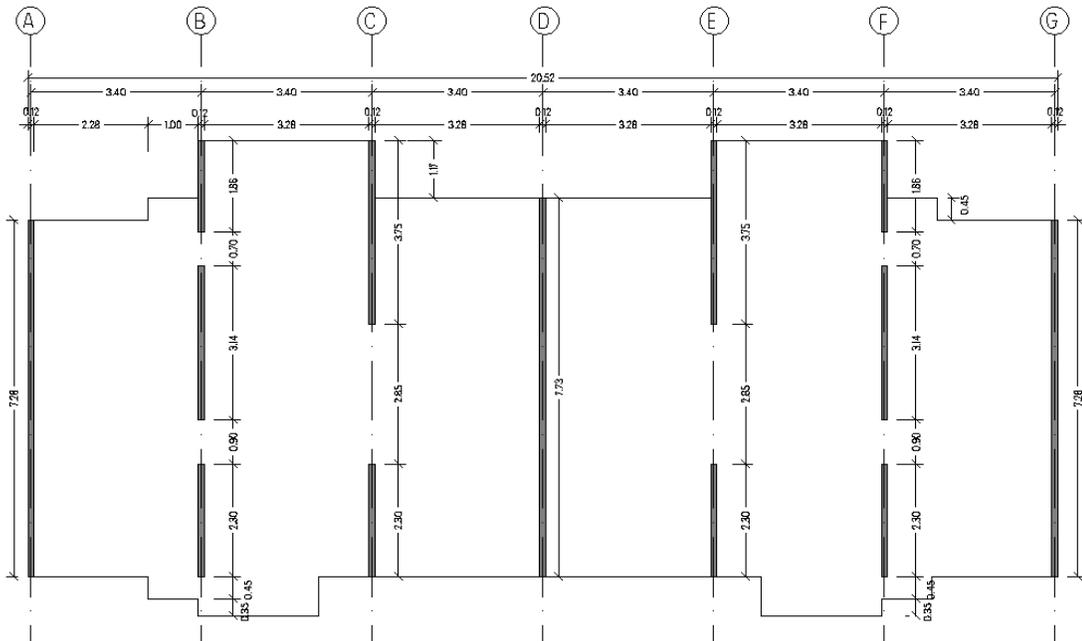


Figura V.28. Plano de Planta de Edificio Las Ceibas. Fuente: Elaboración Propia.

V.1.16 Edificio Urbanización Los Aviadores

Se encuentra ubicado en la urbanización “Los Aviadores”, sector Palo Negro, Maracay, Estado Aragua. La edificación está formada por cinco niveles, cada nivel cuenta con cuatro unidades de viviendas.



Figura V.31. Vista de Edificio Los Aviadores. Fuente: Web Venezolana de Televisión.

En la dirección corta del edificio se encuentran centrados los muros principales, los cuales tienen un espesor de 15 cm y largo variable de acuerdo a la arquitectura, y en la dirección larga del edificio se encuentran alineados cinco muros perpendiculares a los muros principales de 15 cm de espesor igualmente.

La losa de entrepiso es de 15 cm de espesor y al igual que los muros, es de concreto armado con mallas electrosoldadas de resistencia nominal (f_y) de 5000 Kg/cm^2 , acero de refuerzo de resistencia 4200 Kg/cm^2 , planchas de acero de resistencia 2500 Kg/cm^2 , y la resistencia del concreto a los 28 días (f'_c) es de 250 Kg/cm^2 .

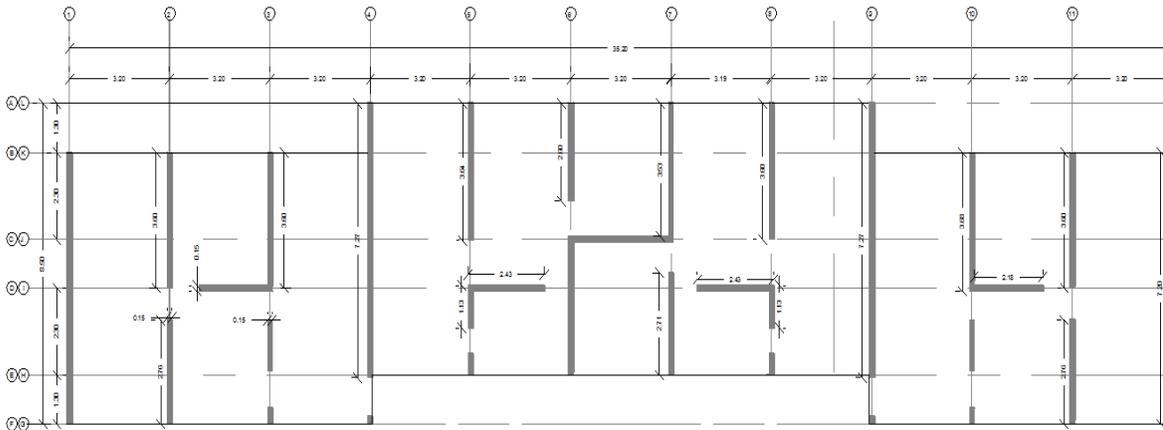


Figura V.32. Plano de Planta del Edificio Los Aviadores. Fuente: Elaboración Propia.

V.1.17 Edificio Modelo

La edificación está formada por cinco niveles, cada nivel cuenta con ocho unidades de viviendas.

En la dirección corta del edificio se encuentran centrados los muros principales, los cuales tienen un espesor de 12 cm y largo variable de acuerdo a la arquitectura, y en la dirección larga del edificio se encuentran alineados cinco muros perpendiculares a los muros principales de 12 cm de espesor igualmente.

La losa de entrepiso es de 12 cm de espesor y al igual que los muros, es de concreto armado con mallas electrosoldadas de resistencia nominal (f_y) de 5000 Kg/cm², acero de refuerzo de resistencia 4200 Kg/cm², y la resistencia del concreto a los 28 días (f'_c) es de 250 Kg/cm².

De esta edificación se desconoce su ubicación, ya que no se menciona en los planos.

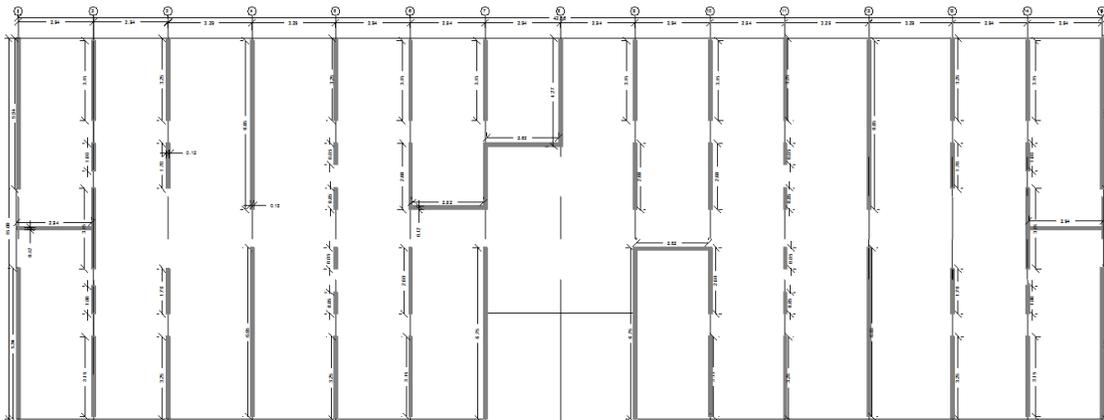


Figura V.33. Plano de Planta de Edificio Modelo.
Fuente: Elaboración Propia.

V.1.19 Guásimal

Se encuentra ubicado en el Urbanismo del Parque Metropolitano Guásimal en Maracay, Estado Aragua.

La edificación está formada por cinco niveles, cada nivel cuenta con tres unidades de viviendas.

En la dirección corta del edificio se encuentran centrados los muros principales, los cuales tienen un espesor de 12 cm y largo variable de acuerdo a la arquitectura, y en la dirección larga del edificio se encuentran alineados varios muros perpendiculares a los muros principales de 12 cm de espesor igualmente.

La losa de entrepiso es de 12 cm de espesor y al igual que los muros, es de concreto armado con acero de refuerzo de resistencia 4200 Kg/cm^2 , y la resistencia del concreto a los 28 días ($f'c$) es de 250 Kg/cm^2 .



Figura V.35. Vista de Edificio Guásimal. Fuente: Asm en línea.

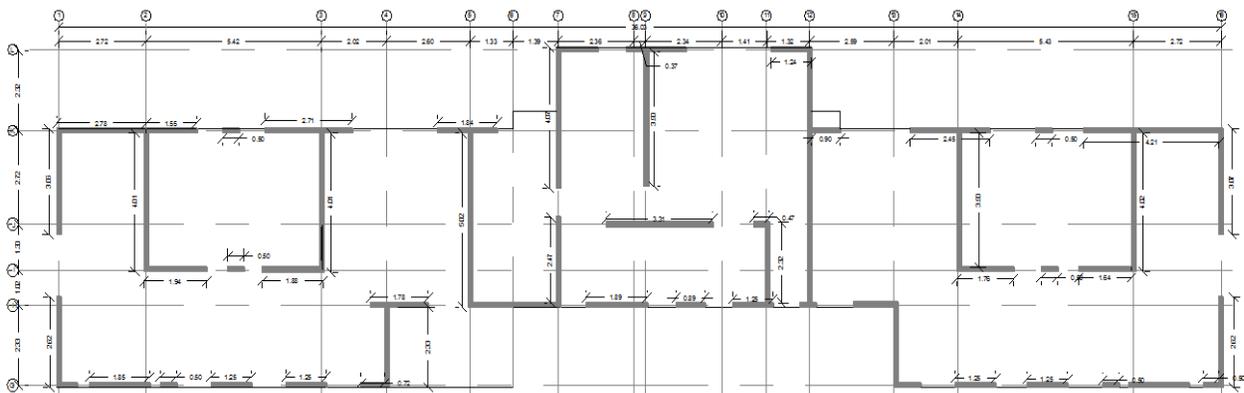


Figura V.36. Plano de Planta de Edificio Guásimal.
Fuente: Elaboración Propia.

V.1.20 Desarrollo Urbanístico y Habitacional Catia La Mar

Estos edificios se encuentran ubicados en el desarrollo urbanístico Catia La Mar, parroquia Catia La Mar, Municipio Vargas, Estado Vargas.

Cada Edificio está formado por ocho niveles, cada nivel cuenta con tres unidades de vivienda. La altura de entrepiso es de 2,75 m. Todos los muros son de espesor 20 cm.

La losa de entrepiso, al igual que los muros y la losa de techo, es de concreto armado de resistencia nominal a la compresión a los 28 días ($f'c$) de 250 Kg/cm², reforzado con mallas electrosoldadas de resistencia nominal (f_y) de 5000 Kg/cm² y tienen 20 cm de espesor.

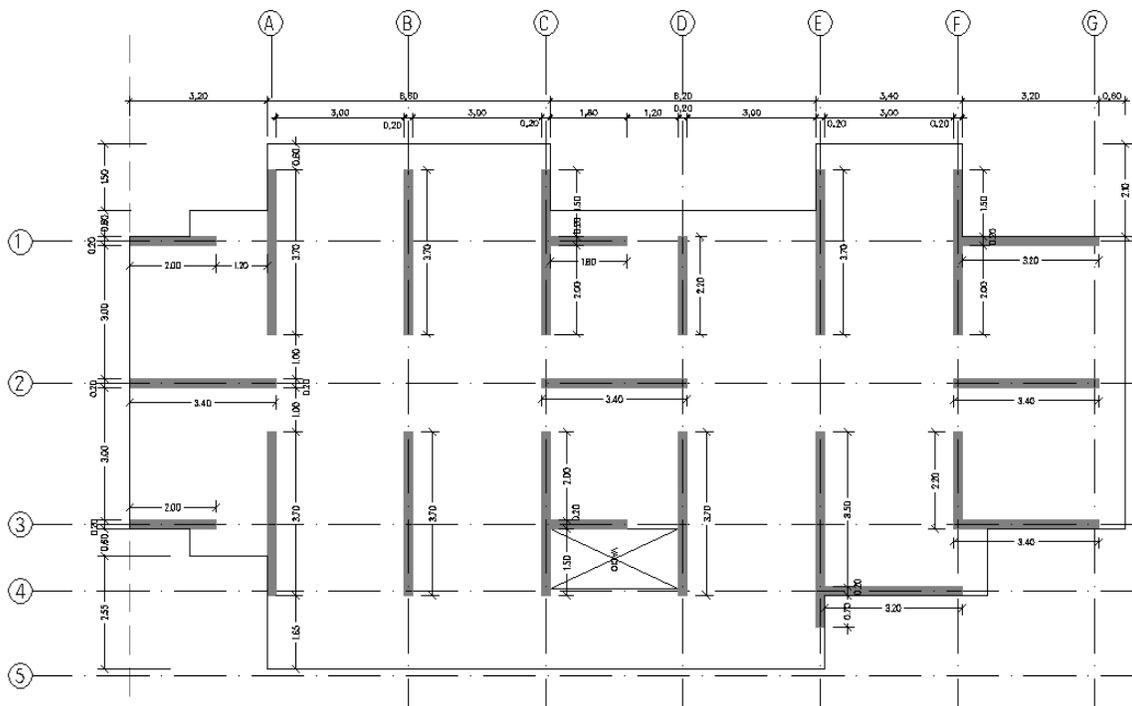


Figura V.37. Plano de Planta de Edificio Catia La Mar.
Fuente: Elaboración Propia.

V.2. INFORMACIÓN EXTRAÍDA DE LOS PLANOS RECOPIRADOS

En esta sección se presenta de forma resumida, a través de tablas, la información indicada en los planos referente a la ubicación, geometría de los edificios, calidad de los materiales y el acero de refuerzo, de las edificaciones descritas en el apartado V.1, a partir de la cual se seleccionaron los edificios a evaluar. La información obtenida no fue la misma para todos los edificios y en varios casos parte de esta estaba incompleta, por lo que algunos fueron descartados al momento de resumir dicha información o se señalaron con el símbolo “-” los datos que se desconocían. Es importante señalar que no se dispuso de memoria descriptiva estructural ni cálculos.

En la Tabla V.1 se identifican cada uno de los 23 edificios de uso residencial que se encuentran ubicados en distintas urbanizaciones, de los cuales se obtuvo información mediante diferentes fuentes de origen. Estas estructuras representan a varios conjuntos de edificios con igual configuración arquitectónica y estructural que forman parte de estas urbanizaciones, y entre todos se pudieron contabilizar más de 1000 edificios. Para obtener la cantidad total de los edificios se utilizó la herramienta de búsqueda y ubicación geográfica *Google Maps*®.

Tabla V.1. Fuente de la que se obtuvieron los planos, ubicación y cantidad de edificios.
Fuente: Elaboración Propia.

#	Edificio	Ubicación	Municipio	Estado	Fuente	Cantidad de edificios
1	El Fortín	Nueva Casarapa -Guarenas	Plaza	Miranda	Propietario	40
2	La Ribera	Nueva Casarapa -Guarenas	Plaza	Miranda	Propietario	66
3	Camino Real	Hacienda El Carmen - Guarenas	Plaza	Miranda	FUNVISIS	66
4	El Tablón	Nueva Casarapa -Guarenas	Plaza	Miranda	Ing. Municipal	122
5	Antares del Ávila	Hacienda El Ingenio - Guatire	Zamora	Miranda	FUNVISIS	24
6	La Meseta	Av Intercomunal Guarenas-Guatire	Zamora	Miranda	FUNVISIS	93
7	Ciudad Residencial La Rosa	Ciudad Residencial La Rosa - Guatire	Zamora	Miranda	FUNVISIS	170
8	Conjunto Residencial Teatros II	Teatros al lado de la Estación del Metro	Libertador	Dtto Capital	FUNVISIS	8
9	Conjunto Residencial Agua Salud	Parroquia Sucre, sector Agua Salud	Libertador	Dtto Capital	FUNVISIS	4
10	Conjunto Habitacional Castillejo	Parcela A-7 Guatire	Zamora	Miranda	FUNVISIS	278
11	Palo Alto	Parque Alto - Guatire	Zamora	Miranda	FUNVISIS	154
12	Urbanización El Ingenio	Urb. El Ingenio - Guatire	Zamora	Miranda	FUNVISIS	10
13	Valle Grande	Urb. Valle Grande - Guatire	Zamora	Miranda	FUNVISIS	82
14	Desarrollo habitacional Maca	Desarrollo habitacional Maca	Sucre	Miranda	Propietario	-
15	Residencias Las Ceibas	Terrazas de Guaicoco - Los Mariches	Sucre	Miranda	FUNVISIS	94
16	Residencias Los Samanes	Terrazas de Guaicoco - Los Mariches	Sucre	Miranda	Ing. Municipal	
17	Residencias Los Apamates	Terrazas de Guaicoco - Los Mariches	Sucre	Miranda	Ing. Municipal	
18	Residencias Los Sauces	Terrazas de Guaicoco - Los Mariches	Sucre	Miranda	Ing. Municipal	
19	Los Aviadores	Urb. Los Aviadores - BAEL, Palo Negro	Libertador	Aragua	BZS Venezuela, S.A	224
20	Edificio Modelo	-	-	-	Ing. Velasquez	-
21	Edificios INAVI	-	-	-	FUNVISIS	-
22	Guásimal	Parque Metropolitano Guásimal- Maracay	Libertador	Aragua	BZS Venezuela, S.A	144
23	Desarrollo habitacional Catia La Mar	Desarrollo habitacional Catia La Mar	Vargas	Vargas	Arq. Domingo Acosta	-

En la Tabla V.2 se identifica el tipo de plano del cual se conoció la información para el edificio correspondiente.

Tabla V.2. Tipos de planos obtenidos. Fuente: Elaboración Propia.

#	Edificio	Planos de Arquitectura	Planos de Estructura	Fecha en el Plano
1	El Fortín	Sí	No	-
2	La Ribera	Sí	No	-
3	Camino Real	No	Sí	2013
4	El Tablón	Sí	Sí	1994
5	Antares del Ávila	No	Sí	1997
6	La Meseta	No	Sí	1995
7	Ciudad Residencial La Rosa	No	Sí	1989
8	Conjunto Residencial Teatros II	Sí	Sí	2011
9	Conjunto Residencial Sector Agua Salud	Sí	Sí	2011
10	Conjunto Habitacional Castillejo	No	Sí	1990
11	Palo Alto	No	Sí	1992
12	Urbanización El Ingenio	No	Sí	2002
13	Valle Grande	No	Sí	2004
14	Residencias Las Ceibas	Sí	Sí	1999
15	Desarrollo habitacional Maca	No	Sí	2013
16	Residencias Los Samanes	No	Sí	2005
17	Residencias Los Apamates	No	No	1999
18	Residencias Los Sauces	No	No	2003
19	Los Aviadores	Sí	Sí	2012
20	Edificio Modelo	Sí	Sí	2007
21	Edificios INAVI	Sí	Sí	1978
22	Guásimal	No	Sí	2012
23	Desarrollo habitacional Catia La Mar	Sí	Sí	2012

En la Tabla V.3 se muestran los distintos niveles de cada edificación, la dirección en la que los edificios presentan muros, la distribución de apartamentos por nivel y si la configuración arquitectónica que presentan es o no una configuración tradicional ya definida en la sección II.3.2.

Tabla V.3. Número de niveles, dirección de muros y distribución de apartamentos por piso.
Fuente: Elaboración Propia.

#	Edificio	Número de Niveles	Dirección de Muros (*)	Apartamentos por piso	Configuración Tradicional
1	El Fortín	8	2	2	No
2	La Ribera	6	-	2	Sí
3	Camino Real	5	1	2	Sí
4	El Tablón	4	1	2	Sí
5	Antares del Ávila	5	1	2	No
6	La Meseta	4	2	2	No
7	Ciudad Residencial La Rosa	4	1	2	Sí
8	Conjunto Residencial Teatros II	12	2	8	No
9	Conjunto Residencial Agua Salud	11	2	8	No
10	Conjunto Habitacional Castillejo	4	1	2	Sí
11	Palo Alto	5	1	4	No
12	Urbanización El Ingenio	5	2	2	Sí
13	Valle Grande	3	2	2	Sí
14	Residencias Las Ceibas	5	1	2	Sí
15	Desarrollo habitacional Maca	5	2	4	No
16	Residencias Los Samanes	8	2	2	Sí
17	Residencias Los Apamates	8	2	2	Sí
18	Residencias Los Sauces	8	2	2	Sí
19	Los Aviadores	5	2	4	No
20	Edificio Modelo	5	2	8	No
21	Edificios INAVI	10	2	4	No
22	Guásimal	5	2	3	No
23	Desarrollo habitacional Catia La Mar	7	2	3	No

(*) 2 = muros en dos (2) direcciones

1 = muros en una (1) dirección

La información de los edificios antes mencionados se diferencia entre la correspondiente a edificios con muros en una dirección y la de edificios con muros en dos direcciones. En las Tablas V.4 y V.5 se observan las características geométricas para cada edificación, en la cual se identifica como largo a la mayor longitud de la edificación y como ancho a la menor. La dirección de los muros indicada corresponde a la dirección en planta en la cual el edificio presenta mayor número de muros, siendo la dirección corta aquella que coincide con el ancho del edificio y la dirección larga con el lado largo del edificio.

Tabla V.4. Características geométricas de las edificaciones que presentan muros en una dirección.
Fuente: Elaboración Propia.

Edificio	Altura de entrepiso (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor de muros (cm)	Espesor de losa de entrepiso (cm)	Dirección de muros
La Ribera	2,52	18,40	7,28	14	12	Corta
Camino Real	2,52	18,28	7,28	14	14	Corta
El Tablón	2,52	18,40	7,28	12	12	Corta
Antares del Ávila	2,40	12,60	12,50	10	10	Larga
Ciudad Residencial La Rosa	-	18,12	8,90	12	12	Corta
Conjunto Habitacional Castillejo	2,52	18,4	7,28	12	12	Corta
Palo Alto	2,52	24,00	7,00	12	12	Corta
Residencias Las Ceibas	2,52	20,40	7,28	12	12	Corta

Tabla V.5. Características geométricas de las edificaciones que presentan muros en las dos direcciones.
Fuente: Elaboración propia.

Edificio	Altura de entrepiso (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor de muros principales (cm)	Espesor de muros secundarios (cm)	Espesor de losa de entrepiso (cm)	Dirección de los muros principales
El Fortín	2,52	20,40	7,35	15	20 - 25	12	Corta
La Meseta	2,52	28,92	8,60	12	12	12	Corta
Conjunto Residencial Teatros II	2,60	55,59	9,71	15	20	12	Corta
Conjunto Residencial Agua Salud	2,60	55,59	9,71	15	20	12	Corta
Urbanización El Ingenio	2,52	12,92	9,70	12	15	12	Corta
Valle Grande	2,52	13,17	10,19	12	12	12	Corta
Desarrollo habitacional Maca	2,53	23,91	15,25	12	15	12	Corta
Residencias Los Samanes	2,52	20,52	9,78	12	12 - 20	12	Corta
Residencias Los Apamates	2,52	20,52	9,78	12	12 - 20	12	Corta
Residencias Los Sauces	2,52	20,52	9,78	12	12 - 20	12	Corta
Los Aviadores	2,75	35,20	8,50	15	15	15	Corta
Edificio Modelo	2,69	42,56	15,00	12	12	12	Corta
Edificios INAVI	2,58	46,56	7,60	16	16	14	Corta
Guasimal	2,60	36,15	9,84	12	12	15	Corta
Desarrollo habitacional Catia La Mar	2,75	24,10	11,40	20	20	20	Corta

En las Tablas V.6 y V.7 se presenta la calidad de los materiales indicada en los planos revisados, tales como la resistencia nominal a la compresión a los 28 días del concreto ($f'c$), resistencia nominal de las mallas electrosoldadas (fy) y resistencia nominal de las barras estriadas (cabillas) (fy).

Tabla V.6. Calidad de los materiales de los edificios con muros en una dirección.

Fuente: Elaboración Propia.

Edificio	Mallas fy (Kgf/cm ²)	Barras fy (Kgf/cm ²)	Resistencia del Concreto $f'c$ (Kgf/cm ²)
Camino Real	5000	4200	250
El Tablón	-	-	-
Antares del Ávila	-	4200	210
Conjunto Habitacional Castillejo	-	-	-
Palo Alto	5000	4200	250
Residencias Las Ceibas	5000	4200	200

Tabla V.7. Calidad de los materiales de los edificios con muros en dos direcciones.

Fuente: Elaboración Propia.

Edificio	Mallas fy (Kgf/cm ²)	Barras fy (Kgf/cm ²)	Resistencia del Concreto $f'c$ (Kgf/cm ²)
La Meseta	5000	4200	210
Conjunto Residencial Teatros II	5000	4200	250
Conjunto Residencial Sector Agua Salud	5000	4200	250
Urbanización El Ingenio	5000	4200	210
Valle Grande	5000	4200	210
Desarrollo habitacional Maca	5000	4200	250
Residencias Los Samanes	5000	4200	250
Los Aviadores	5000	4200	250
Edificio Modelo	5000	4200	250
Edificios INAVI	5000	4200	250
Guásimal	-	4200	250
Desarrollo habitacional Catia La Mar	5000	4200	280

En las Tablas V.8 y V.9 se observa el acero de refuerzo obtenido de los planos para cada edificación, en las cuales el acero transversal corresponde al acero colocado horizontalmente y el acero longitudinal corresponde al colocado verticalmente. La separación indicada se refiere a la distancia entre dos alambres electrosoldados o barras consecutivas.

En el caso particular del edificio Guásimal se conoció a través de los planos, que en el armado de los muros no se utilizaron mallas electrosoldadas, sino barras con resaltes en todos los niveles. Por otra parte, los edificios del Desarrollo Habitacional Catia La Mar presentaron armados de los muros con barras en el primer nivel únicamente, y con mallas electrosoldadas en el resto de los niveles.

Tabla V.8. Acero de refuerzo en edificios con muros en una dirección.
Fuente: Elaboración Propia.

Edificio	Acero en muros			
	ϕ Transversal (mm)	Separación (cm)	ϕ Longitudinal (mm)	Separación (cm)
Camino Real	4,50	10	6,00	10
El Tablón	5,00	10	6,50	10
Antares del Ávila	4,50	-	7,00	-
Conjunto Habitacional Castillejo	5,00	10	6,50	10
Residencias Las Ceibas	4,50	10	6,00	10

Tabla V.9. Acero de refuerzo en edificios con muros en dos direcciones.
Fuente: Elaboración Propia.

Edificio	Acero en muros principales				Acero en muros secundarios			
	φ Transversal (mm)	Separación (cm)	φ Longitudinal (mm)	Separación (cm)	φ Transversal (m)	Separación (cm)	φ Longitudinal (mm)	Separación (cm)
La Meseta	4,50	10	4,50	10	4,50	10	4,50	10
Conjunto Residencial Teatros II	4,50	15	5,00	15	4,50	15	5,00	15
Conjunto Residencial Sector Agua Salud	4,50	15	5,00	15	4,50	15	5,00	15
Urbanización El Ingenio	4,50	10	4,50	10	5,00	10	5,00	10
Valle Grande	4,50	10	4,50	10	4,50	10	4,50	10
Residencias Los Samanes	4,50	10	6,00	10	4,50	10	6,00	10
Los Aviadores	7,00	-	7,00	-	7,00	-	7,00	-
Edificio Modelo	5,00	15	7,00	10	5,00	15	7,00	10
Edificios INAVI	6,00 - 8,00	10	8,00 - 10,00	10	6,00 - 8,00	10	8,00 - 10,00	10
Desarrollo habitacional Catia La Mar	7,00	10	7,00	10	7,00	10	7,00	10
Guasimal	1/2"	20	1/2"	20	1/2"	20	1/2"	20

(*) El acero de refuerzo indicado en los planos para estos muros esta expresado en pulgadas.

En la Tabla V.10 y Tabla V.11 se indica el acero de refuerzo transversal colocado en los extremos de los muros, el cual se ha identificado para algunos edificios como Tipo Abierto, que se disponen generalmente como se indica en la Figura V.1 y para otros edificios como Tipo Cerrado que se dispone como se presenta en la Figura V.2. Estas figuras representan un ejemplo de los detalles observados en la mayoría de los planos, pero el número de barras longitudinales varía para cada edificio como se indica en la Tablas V.10 y V.11.

Tabla V. 10. Acero de refuerzo en los extremos de los muros de los edificios con muros en una dirección. Fuente: Elaboración Propia.

Edificio	Acero transversal			Barras		Nombre en el plano	
	Tipo	φ (pulg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Cantidad		φ (pulg)
Camino Real	Abierto	3/8"	33,5	8	2	1/2"	Confinamiento en los extremos de las pantallas
El Tablón	Abierto	3/8"	33,5	8	2	1/2"	No especifican
Antares del Ávila	-	-	-	-	-	-	-
Conjunto Habitacional Castillejo	Abierto	3/8"	33,5	8	2	1/2"	Confinamiento en los extremos de las pantallas
Palo Alto	Abierto	3/8"	26,0	8	4	1/2"	No especifican
Residencias Las Ceibas	Abierto	3/8"	33,5	8	2	1/2"	Confinamiento en los extremos de las pantallas

Tabla V.11. Acero de refuerzo en los extremos de los muros de los edificios con muros en las dos direcciones. Fuente: Elaboración Propia.

Edificio	Acero Transversal				Barras		Nombre en el plano
	Tipo	φ (pulg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Cantidad	φ (pulg)	
La Meseta	Abierto	3/8"	22,0	7	2	1/2"	Núcleos
Conjunto Residencial Teatros II	Cerrado	3/8"	24,0	9	6	3/4", 5/8" y 1/2"	Detalle de nodos
Conjunto Residencial Sector Agua Salud	Cerrado	3/8"	24,0	9	6	5/8"	Detalle de nodos
Urbanización El Ingenio	Cerrado	3/8"	40,0	7	4	5/8"	Núcleos
Valle Grande	Cerrado	3/8"	10,0	7	4	5/8"	Núcleos
Desarrollo habitacional Maca	Cerrado	3/8"	30,0	6	6	1/2"	Núcleos de borde
Residencias Los Samanes	Abierto	3/8"	33,5	8	2	1/2"	Confinamiento en los extremos de las pantallas
Los Aviadores	Abierto	3/8"	45,0	10	4	1/2"	Núcleos
Edificio Modelo	Abierto	3/8"	33,5	8	4	3/4"	Refuerzo en bordes
Edificios INAVI	Abierto	3/8"	44,0	12	4	1"	Confinamiento de barras de borde
Guásimal	-	-	-	-	1	5/8"	No especifican
Desarrollo Habitacional Catia La Mar	Cerrado	3/8"	72,0	12	14	5/8"	Elementos de borde

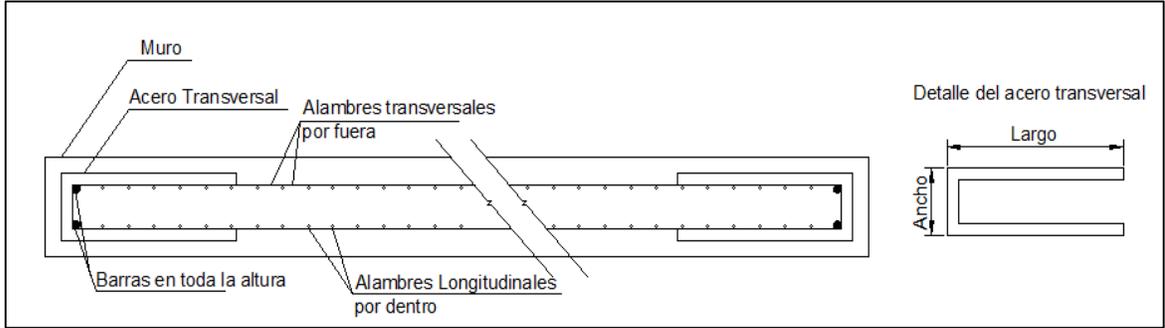


Figura V.38. Detalle del acero de refuerzo transversal Tipo Abierto.
 Fuente: Elaboración Propia.

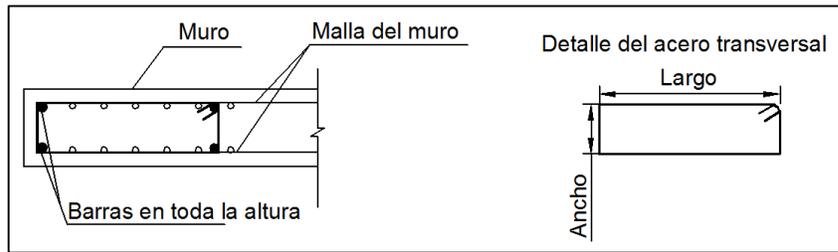


Figura V.39 Detalle del acero de refuerzo transversal Tipo Cerrado.
 Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla V.12 se indica el acero de refuerzo colocado en la intersección de los muros, las cuales se han identificado como Tipo “T”, “L” y “Cruz”, de acuerdo a la sección de esta conexión, que se disponen generalmente como se indica en las Figuras V.3, V.4 y V.5. Estas figuras representan un ejemplo de los detalles observados en la mayoría de los planos, pero el número de barras longitudinales y la disposición del acero transversal varía para cada edificio como se indica en la Tabla V.12.

Tabla V.12. Acero de refuerzo en la intersección de los muros de los edificios con muros en las dos direcciones. Fuente: Elaboración Propia

Edificio	Tipo de conexión	Acero Transversal							Barras Longitudinales	
		Tipo Abierto			Ganch o	Tipo cerrado			Cantidad	φ (pulg)
		Largo (cm)	Ancho (cm)	φ (pulg)	φ (pulg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	φ (pulg)		
La Meseta	T y L	47	7	3/8"	3/8"	-	-	-	6	1/2"
Conjunto Residencial Teatros II	T y Cruz	-	-	-	-	54	10	3/8"	12	3/4"
Conjunto Residencial Sector Agua Salud	T y Cruz	-	-	-	-	54	10	3/8"	12	3/4"
Urbanización El Ingenio	T	-	-	-	-	30	10	3/8"	12	5/8" y 1/2"
Valle Grande	T	45	10	3/8"	3/8"	-	-	-	6	5/8" y 1/2"
Desarrollo habitacional Maca	T y L	45	8	3/8"	-	15	9	3/8"	6	5/8"
Residencias Los Samanes	T	46	8	3/8"	-	-	-	-	8	1/2"
Los Aviadores	L	45	10	3/8"	3/8"	-	-	-	4	1/2"
Edificio Modelo	L y T	46	8	3/8"	-	-	-	-	4	1/2"
Edificios INAVI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guásimal	T	50	5	3/8"	-	-	-	-	15	5/8" y 1/2"
Desarrollo Habitacional Catia La Mar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

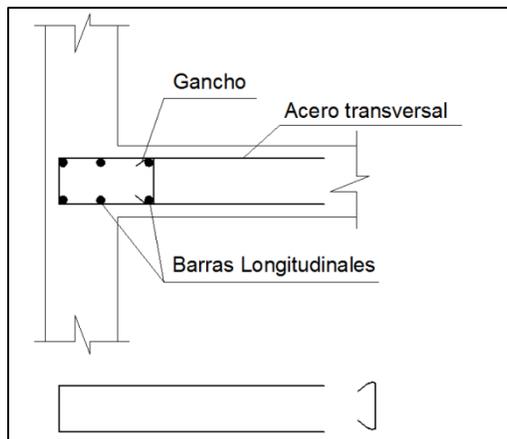


Figura V.40 Detalle del acero de refuerzo en sección de muro "T".
Fuente: Elaboración Propia.

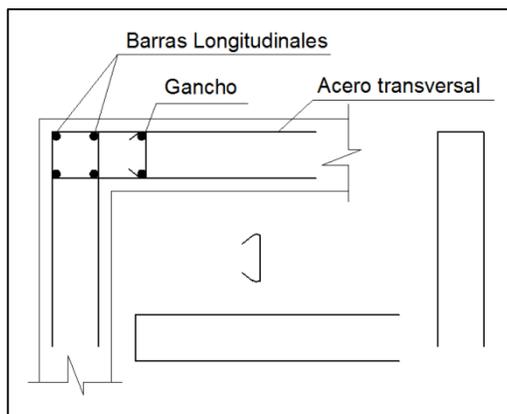


Figura V.41. Detalle del acero de refuerzo en sección de muro "L".
Fuente: Elaboración Propia.

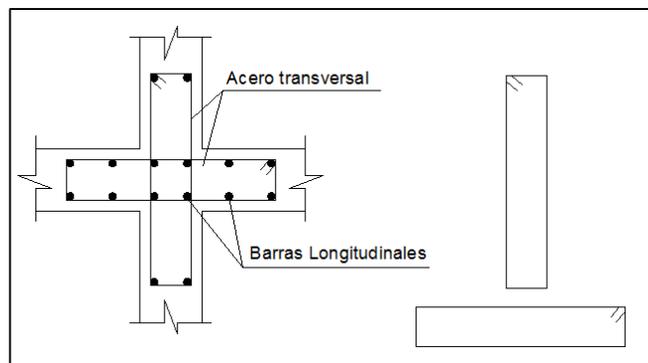


Figura V.42. Detalle del acero de refuerzo en sección de muro en "Cruz".
Fuente: Elaboración Propia.

V.3. CLASIFICACIÓN DE EDIFICIOS

La información obtenida de los planos de los edificios permitió clasificarlos en cuatro grupos (Ver Tabla V.13), de acuerdo a la dirección y espesor de los muros repetitividad de sus elementos estructurales, configuración del sistema Tipo Túnel tradicional y similitud arquitectónica y estructural presente entre los mismos, cada uno de estos grupos se describe a continuación.

V.3.1 Grupo I

En este grupo se incluyen los edificios Camino Real y La Ribera de cinco y seis niveles respectivamente, los cuales tienen configuración Tipo Túnel tradicional con muros en una sola dirección, de 14 cm de espesor y ubicados en la dirección corta del edificio.

V.3.2 Grupo II

En este grupo se incluyen los edificios Las Ceibas, Palo Alto, Ciudad Residencial La Rosa, El Tablón y Conjunto Habitacional Castillejo. Estos edificios tienen entre cuatro y cinco niveles, presentan configuración Tipo Túnel tradicional con muros en una sola dirección, de 12 cm de espesor y ubicados en la dirección corta del edificio.

V.3.3 Grupo III

En este grupo se incluyen los edificios Los Samanes, Los Sauces, Los Apamates, La Meseta, Edificios del INAVI, Valle Grande, Urbanización el Ingenio, Conjunto Residencial Teatros, Conjunto Residencial Agua Salud y El Fortín. Estos edificios tienen entre tres y doce niveles, presentan configuración Tipo Túnel tradicional con muros en las dos direcciones ortogonales, con espesores variables y las pantallas principales se encuentran ubicadas en la dirección corta del edificio.

V.3.4 Grupo IV

En este grupo se incluyen los edificios Desarrollo Habitacional Maca, Guásimal, Los Aviadores, Edificio Modelo, Desarrollo Habitacional Catia La Mar y Antares de Ávila. Estos edificios tienen entre cinco y doce niveles, presentan una arquitectura distinta a la tradicional, algunos con mayor número de muros en las dos direcciones ortogonales, con espesores variables y los muros principales se encuentran ubicados en la dirección corta del edificio.

El edificio Antares de Ávila se incluyó en este grupo a pesar de tener muros en una sola dirección, ya que tiene una configuración distinta a la tradicional, porque presenta los muros en la dirección larga, aunque la diferencia de longitud entre una dirección y la otra es poca (su dirección larga cuenta con 12,60 m y la corta con 12,50 m), y la división entre una unidad de vivienda y otra la hacen las paredes de mampostería y no los muros como en la mayoría de los edificios descritos anteriormente.

Tabla V.13. Clasificación de Edificios. Fuente: Elaboración Propia.

Grupos	Dirección de los muros (*)	Edificios similares
I	1	Camino Real, La Ribera.
II	1	Las Ceibas, Palo Alto, La Rosa, El Tablón, Castillejo.
III	2	Los Samanes, Los Sauces, Los Apamates, La Meseta, Edificios INAVI, Valle Grande, El Ingenio, El Fortín, Conjunto Residencial Teatros y Agua Salud.
IV	2	Catia La Mar, Los Aviadores, Guásimal, Maca, Edif. Modelo, Antares del Ávila.

(*) 2 = muros en dos (2) direcciones

1 = muros en una (1) dirección.

CAPÍTULO VI.

DESCRIPCIÓN Y ELABORACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS A EVALUAR

El análisis utilizado en la elaboración de los modelos matemáticos se hizo considerando un comportamiento lineal elástico de la estructura y se aplicó el método de análisis dinámico espacial de superposición modal con tres grados de libertad por nivel, empleando para ello el programa de análisis de estructuras ETABS® versión 9.7.4.

En los modelos se representaron las losas, los muros y dinteles que conforman las estructuras, los cuales fueron apropiadamente discretizados con elementos *mesh* y estos últimos diseñados con elementos *pier* (en muros) y *spandrel* (en dinteles). Posteriormente se asignaron las secciones y características de los *piers* donde se especificó la disposición del acero de refuerzo para lograr la estructura a ser chequeada. Por razones prácticas de modelado se dividieron los muros de mayor longitud en tres secciones de *piers* para facilitar el análisis de la fuerza en la base de los muros.

Por otra parte, las acciones sísmicas fueron consideradas para un único espectro de diseño, y en la evaluación de las propiedades dinámicas del edificio se consideraron las cargas permanentes formadas por los pesos propios de la losa de entrepiso, mampostería (distribuida uniformemente sobre la losa), acabados y los muros, más el 25 % de la carga viva asignada a los niveles intermedios.

Es importante resaltar que en los modelos la dirección "X" corresponderá a la dirección larga del edificio y la "Y" a la dirección corta.

VI.1. DEFINICIÓN DE LOS MODELOS PRINCIPALES

VI.1.1 Modelo 1

Este modelo es representativo de los edificios pertenecientes al Grupo I (Ver Capítulo V.3.1). La geometría y distribución del acero de refuerzo en los muros se tomó en base a la información obtenida de los planos que resultaba común a los edificios correspondientes a este grupo.

El edificio está formado por 5 niveles, con altura de entrepiso de 2,52 m; presenta muros de 14 cm de espesor ubicados en la dirección corta del mismo, tanto las losas de entrepiso como la de techo son macizas de 14 cm de espesor.

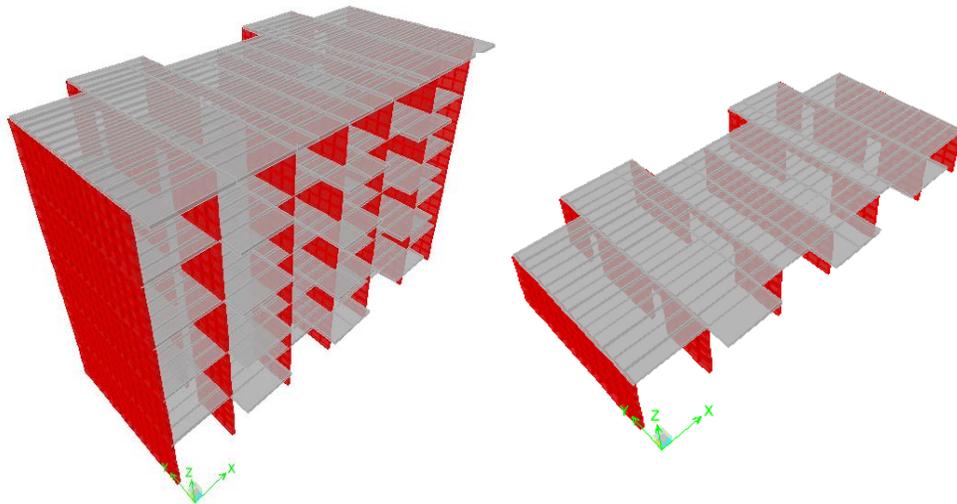


Figura VI.1. Vista 3D del edificio (Izq.). Vista 3D de Planta Tipo (Der.). Modelo 1.
Fuente: Elaboración Propia.

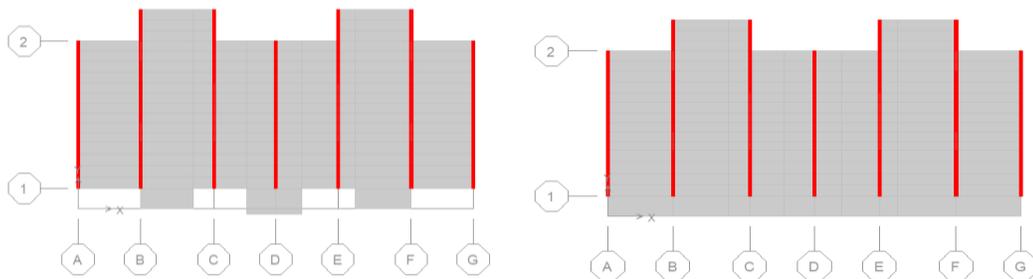


Figura VI.2. Planta Tipo (Izq.). Planta Techo (Der.). Modelo 1.
Fuente: Elaboración Propia.

VI.1.1.1. Peso de la edificación

El peso total de la edificación (W) se determinó por medio de la ecuación Ec. 13, partiendo de la masa estimada por el programa de análisis de estructuras ETABS® para este modelo, la cual se presenta en la Tabla VI.1.

Tabla VI.1. Masa acumulada por nivel. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

Nivel	Masa X	Masa Y	XCM	YCM	Masa acumulada X	Masa acumulada Y
	(kgf-s ² /m)	(kgf-s ² /m)	(m)	(m)	(kgf-s ² /m)	(kgf-s ² /m)
NT	7801,34	7801,34	9,14	4,65	7801,34	7801,34
N4	13970,68	13970,68	9,14	4,85	21772,03	21772,03
N3	13970,68	13970,68	9,14	4,85	35742,71	35742,71
N2	13970,68	13970,68	9,14	4,85	49713,39	49713,39
N1	13978,03	13978,03	9,14	4,85	63691,42	63691,42

$$W = \text{Masa del edificio} * g \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

Masa del edificio= 63691,42 Kgf-s²/m (Tabla VI.1)

g= aceleración de gravedad igual a 9,81 m/s²

$$\text{Peso de la edificación (W)}= 624812,85 \text{ Kgf}$$

VI.1.1.2. Cortante basal

El cortante basal se determinó por medio del programa de análisis de estructuras ETABS®. Resultando los valores de cortante basal máximos en cada dirección para el Modelo 1 los presentados en la Tabla VI.2.

Tabla VI.2. Valores del Corte Basal. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

Máximos	
Vox (Kgf)	385167
Voy (Kgf)	242254

Igualmente se verificó lo establecido en el capítulo 9.4.6 de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001, donde se indica que el corte basal V_o deberá compararse con el calculado según la ecuación Ec. 14 con un período $T=1,6T_a$, el cual se denota como \bar{V} . Cuando V_o sea menor que \bar{V} los valores de diseño deberá multiplicarse por \bar{V}/V_o .

$$\bar{V} = \mu A_d W \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde:

A_d = ordenada del espectro de diseño para el periodo $T=1,6T_a$.

W = peso total de la edificación por encima del nivel de base (Ec. 13)

μ = mayor de los valores dados por:

$$\mu = 1,4 \left[\frac{N+9}{2N+12} \right] \quad (\text{Ec. 15})$$

$$\mu = 0,80 + \frac{1}{20} \left[\frac{T}{T^*} - 1 \right] \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde:

N = número de niveles

T = período fundamental

T^* = máximo período en el intervalo donde los espectros normalizados tienen un valor constante (Sección VI.4.2).

Como se observa en la Tabla VI.3 fue necesario hacer la corrección del cortante basal, ya que el valor obtenido del corte dinámico “ V_o ” fue menor al obtenido para el corte estático “ \bar{V} ”.

Tabla VI.3. Verificación del Cortante Basal. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	V_o	μ	\bar{V}	Factor de ajuste	Verificación
	(Kgf)		(Kgf)	\bar{V}/V_o	$V_o > \bar{V}$
X	385167	0,89	390769	1,01	NO CUMPLE
Y	242254			1,61	NO CUMPLE

Tabla VI.4. Valores máximos corregidos del Corte Basal. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

Máximos	
Vox (Kgf)	390770
Voy (Kgf)	390780

Tabla VI.5. Corrección del Cortante Basal. Modelo 1. Elaboración Propia.

Dirección	V _o	μ	\bar{V}	Factor de ajuste	Verificación
	(Kgf)		(Kgf)	\bar{V}/V_o	$V_o > \bar{V}$
X	390770	0,89	390770	1,00	CUMPLE
Y	390780			1,00	CUMPLE

VI.1.1.3. Verificación del coeficiente sísmico

Para este modelo matemático se verificó el cumplimiento de lo establecido en el capítulo 7.1 de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001, donde se indica que el coeficiente sísmico viene definido como $C = V_o/W$ y no será menor que $(\alpha A_o)/R$ (Ver Tabla VI.6).

Donde:

V_o = fuerza cortante a nivel de base.

W = peso total de la edificación por encima del nivel de base (Ec. 13).

α = factor de importancia. (Sección VI.4.2).

A_o = coeficiente de la aceleración horizontal para cada zona. (Sección VI.4.2).

R = factor de reducción de Respuesta. (Sección VI.4.2).

Tabla VI.6. Verificación del Coeficiente Sísmico. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	V _o	V _o /W	$\alpha A_o/R$	Verificación
	(Kgf)			$V_o/W \geq \alpha A_o/R$
X	390770	0,625	0,30	CUMPLE
Y	390780	0,625		CUMPLE

VI.1.1.4. Períodos y Masas Participativas

En la Tabla VI.7 se presentan los períodos para los distintos modos de vibración y las masas participativas traslacionales obtenidos del modelo matemático. También se observa que la suma de las masas participativas de los modos de vibración en cada una de las dos direcciones horizontales excede el 90 % de la masa total del edificio, tal como lo indica la norma venezolana COVENIN 1756:2001 en su capítulo 9.6.

Tabla VI.7. Períodos y Masas Participativas por Modo. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

Modo	Período (s)	Masa participativa en X (%)	Masa participativa en Y (%)	Sumatoria de la masa en X (%)	Sumatoria de la masa en Y (%)
1	0,57	87,49	0,00	87,49	0,00
2	0,19	9,06	0,00	96,55	0,00
3	0,12	2,56	0,00	99,11	0,00
4	0,10	0,00	74,89	99,11	74,89
5	0,10	0,75	0,00	99,86	74,89
6	0,09	0,02	0,00	99,87	74,89
7	0,08	0,13	0,00	100,00	74,89
8	0,03	0,00	19,13	100,00	94,01
9	0,02	0,00	0,00	100,00	94,01
10	0,01	0,00	4,37	100,00	98,38
11	0,01	0,00	0,00	100,00	98,38
12	0,01	0,00	1,35	100,00	99,73
13	0,01	0,00	0,00	100,00	99,73
14	0,01	0,00	0,27	100,00	100,00
15	0,01	0,00	0,00	100,00	100,00

VI.1.2 Modelo 2

Este modelo es representativo de los edificios pertenecientes al Grupo II (Ver Capítulo V.3.2). La geometría y distribución del acero de refuerzo en los muros se tomó en base a la información obtenida de los planos que resultaba común a la mayoría de los edificios correspondientes a este grupo.

El edificio está formado por 5 niveles, con altura de entrepiso de 2,52 m; presenta muros de 12 cm de espesor ubicados en la dirección corta del mismo. Las losas de entrepiso son macizas de 12 cm de espesor. El techo es inclinado del tipo aligerado con machihembrado de madera, representado en el modelo matemático como un techo plano por razones prácticas.

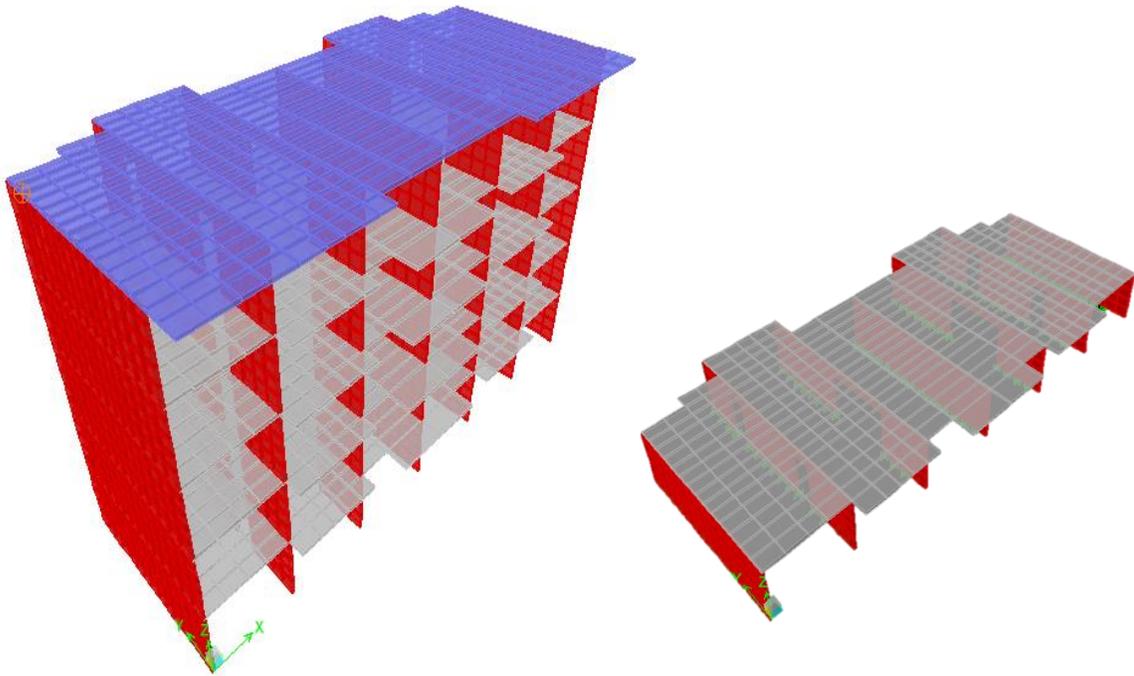


Figura VI.3. Vista 3D del edificio (Izq.). Vista 3D Planta Tipo (Der.). Modelo 2.
Fuente: Elaboración Propia.

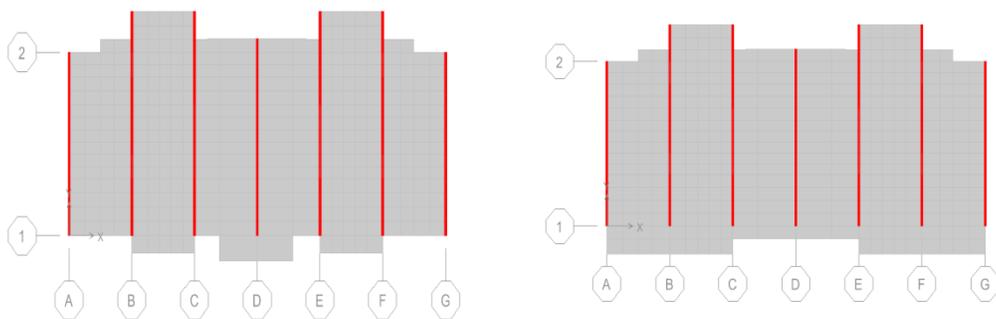


Figura VI.4. Planta Tipo (Izq.). Planta Techo (Der.). Modelo 2.
Fuente: Elaboración Propia.

VI.1.2.1. Peso de la edificación

El peso total de la edificación (W) se determinó por medio de la ecuación Ec.13, partiendo de la masa estimada por el programa de análisis de estructuras ETABS® para este modelo, la cual se presenta en la Tabla VI.8.

Tabla VI.8. Masa acumulada por nivel. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.

Nivel	Masa X	Masa Y	XCM	YCM	Masa acumulada X	Masa acumulada Y
	(kgf-s ² /m)	(kgf-s ² /m)	(m)	(m)	(kgf-s ² /m)	(kgf-s ² /m)
NT	3306,78	3306,78	10,21	3,90	3306,78	3306,78
N4	13966,18	13966,18	10,21	3,92	17272,96	17272,96
N3	13966,18	13966,18	10,21	3,92	31239,14	31239,14
N2	13966,18	13966,18	10,21	3,92	45205,32	45205,32
N1	13972,48	13972,48	10,21	3,92	59177,80	59177,80

Peso de la edificación (W)= 580534,20 Kgf

VI.1.2.2. Cortante basal

El cortante basal se determinó por medio del programa de análisis de estructuras ETABS®. Resultando los valores de cortante basal máximos en cada dirección para el Modelo 2 los presentados en la Tabla VI.9.

Tabla VI.9. Valores del Corte Basal. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.

Máximos	
Vox (kgf)	359931
Voy (kgf)	223757

Igualmente se verificó lo establecido en el capítulo 9.4.6 de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001, siguiendo el procedimiento realizado en el apartado VI.1.1.2.

Como se observa en la Tabla VI.10 fue necesario hacer la corrección del cortante basal, ya que el valor obtenido del corte dinámico “Vo” fue menor al obtenido por el corte estático “ \bar{V} ”.

Tabla VI.10. Verificación del Cortante Basal. Modelo 2. Elaboración Propia.

Dirección	V _o	μ	\bar{V}	Factor de ajuste	Verificación
	Kg		Kg	\bar{V}/V_o	$V_o > \bar{V}$
X	359931	0,89	363077	1,01	NO CUMPLE
Y	223757			1,62	NO CUMPLE

Tabla VI.11. Valores máximos corregidos del Corte Basal. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.

Máximos	
V _{ox} (kgf)	363063
V _{oy} (kgf)	363068

Tabla VI.12. Corrección del Cortante Basal. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	V _o	μ	\bar{V}	Factor de ajuste	Verificación
	Kg		Kg	\bar{V}/V_o	$V_o > \bar{V}$
X	363063	0,89	363077	1,00	CUMPLE
Y	363068			1,00	CUMPLE

VI.1.2.3. Verificación del coeficiente sísmico

Para este modelo matemático se verificó el cumplimiento de lo establecido en el capítulo 7.1 de la norma venezolana COVENIN 1756:2001 (Ver Tabla VI.13), siguiendo el procedimiento realizado en el apartado VI.1.1.3.

Tabla VI.13. Verificación del Coeficiente Sísmico. Modelo 2. Fuente: Elaboración propia.

Dirección	V _o	V _o /W	$\alpha A_o / R$	Verificación
	Kg			$V_o/W \geq \alpha A_o/R$
X	363063	0,625	0,30	CUMPLE
Y	363068	0,625		CUMPLE

VI.1.2.4. Períodos y Masas Participativas

En la Tabla VI.14 se presentan los períodos para los distintos modos de vibración y las masas participativas traslacionales obtenidos del modelo matemático. También se observa que la suma de las masas participativas de los modos de vibración en cada una de las dos direcciones horizontales, exceden el 90 % de la masa total del edificio, tal como lo indica la norma venezolana COVENIN 1756-2001 en su capítulo 9.6.

Tabla VI.14. Períodos y Masas Participativas por Modo. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.

Modo	Período (s)	Masa participativa en X (%)	Masa participativa en Y (%)	Sumatoria de la masa en X (%)	Sumatoria de la masa en Y (%)
1	0,67	88,01	0,00	88,01	0,00
2	0,23	8,96	0,00	96,97	0,00
3	0,14	2,45	0,00	99,42	0,00
4	0,11	0,58	0,00	100,00	0,00
5	0,09	0,00	75,98	100,00	75,98
6	0,09	0,00	0,00	100,00	75,98
7	0,09	0,00	0,00	100,00	75,98
8	0,03	0,00	18,81	100,00	94,79
9	0,02	0,00	0,00	100,00	94,79
10	0,01	0,00	4,09	100,00	98,87
11	0,01	0,00	0,00	100,00	98,87
12	0,01	0,00	1,07	100,00	99,94
13	0,01	0,00	0,00	100,00	99,94
14	0,01	0,00	0,06	100,00	100,00
15	0,01	0,00	0,00	100,00	100,00

VI.1.3 Modelo 3

Este modelo es representativo de los edificios pertenecientes al Grupo III (Ver Capítulo V.3.3). La geometría y distribución del acero de refuerzo en los muros se tomó en base a la información obtenida de los planos que resultaba común a la mayoría de los edificios correspondientes a este grupo.

El edificio está formado por 8 niveles, con altura de entrepiso de 2,52 m; presenta muros principales de 12 cm de espesor ubicados en la dirección corta del mismo, y muros de 12 cm en la dirección larga de 2,38 m de longitud entre los ejes A-B y los ejes F-G, mientras que entre los ejes B-C y E-F presenta muros de 20 cm de espesor y 2,6 m de longitud.

Los muros ubicados entre los ejes A-B y F-G se tomaron para la elaboración del modelo como muros de secciones “T” debido a que se conectan ortogonalmente con muros ubicados en la dirección corta del edificio, y no se distingue en los planos la presencia de alguna junta que aclare si el diseño de los mismos se realizó como muros rectangulares independientes. El ala de los muros se consideró con un ancho efectivo de acuerdo a lo que establece la norma Fondonorma 1753:2006 en el capítulo 14.5.3.

Las losas de entrepiso son macizas de 12 cm de espesor y el techo es El techo es inclinado del tipo aligerado con machihembrado de madera, representado en el modelo matemático como un techo plano por razones prácticas.

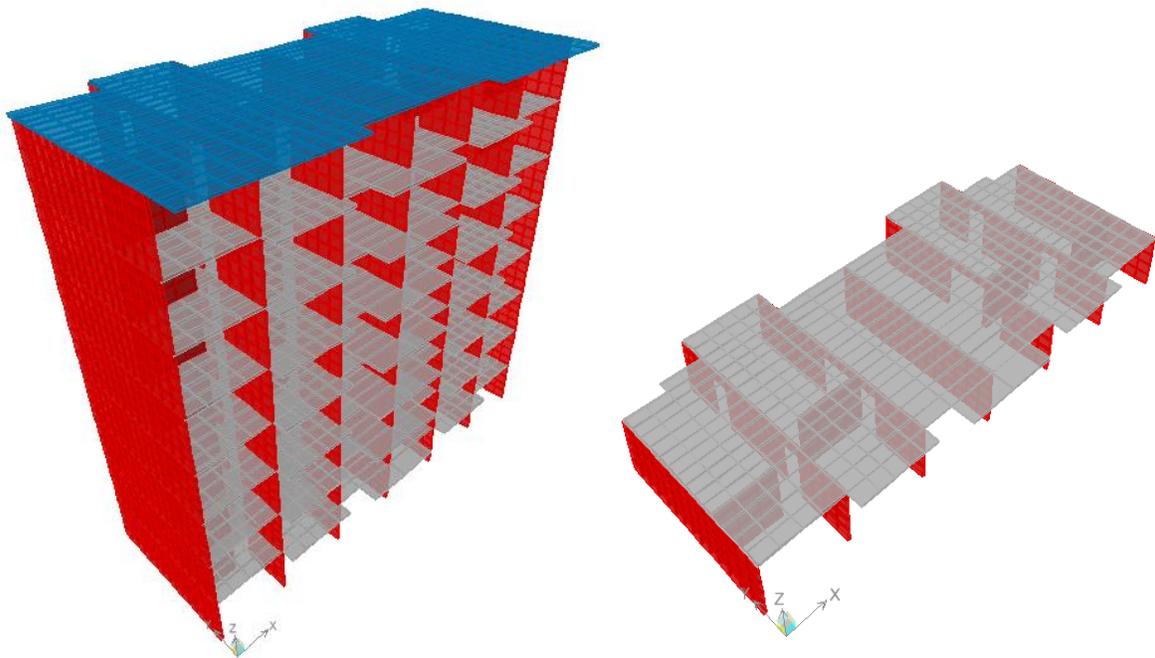


Figura VI.5. Vista 3D del edificio (Izq.). Vista 3D Planta Tipo (Der.). Modelo 3.
Fuente: Elaboración Propia

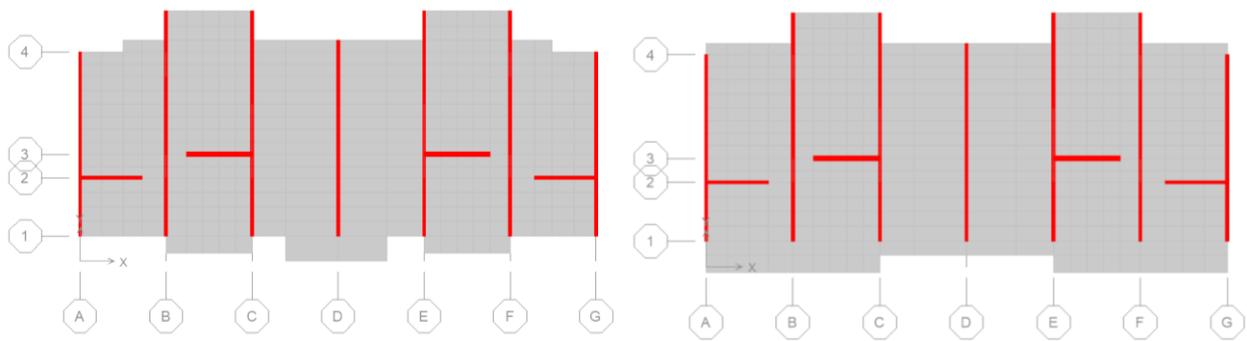


Figura VI.6. Planta Tipo (Izq.). Planta Techo (Der.). Modelo 3.
Fuente: Elaboración Propia.

VI.1.3.1. Peso de la edificación

El peso total de la edificación (W) se determinó por medio de la ecuación Ec. 13, partiendo de la masa estimada por el programa de análisis de estructuras ETABS® para este modelo, la cual se presenta en la Tabla VI.15.

Tabla VI.15. Masa acumulada por nivel. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

Nivel	Masa X	Masa Y	XCM	YCM	Masa acumulada X	Masa acumulada Y
	(kgf-s ² /m)	(kgf-s ² /m)	(m)	(m)	(kgf-s ² /m)	(kgf-s ² /m)
NT	3485,42	3485,42	10,20	4,80	3485,42	3485,42
N7	12817,09	12817,09	10,20	4,79	16302,51	16302,51
N6	12819,66	12819,66	10,20	4,79	29122,17	29122,17
N5	12817,04	12817,04	10,20	4,79	41939,20	41939,20
N4	12817,04	12817,04	10,20	4,79	54756,24	54756,24
N3	12817,04	12817,04	10,20	4,79	67573,27	67573,27
N2	12817,04	12817,04	10,20	4,79	80390,31	80390,31
N1	12822,44	12822,44	10,20	4,79	93212,75	93212,75

Peso de la edificación (W)= 914417 Kgf

VI.1.3.2. Cortante basal

El cortante basal se determinó por medio del programa de análisis de estructuras ETABS®. Resultando los valores de cortante basal en cada dirección para el Modelo 3 los presentados en la Tabla VI.16.

Tabla VI.16. Valores de Corte Basal. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

Máximos	
Vox (kgf)	566998
Voy (kgf)	532275

Igualmente se verificó en la Tabla VI.17 lo establecido en el capítulo 9.4.6 de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001, siguiendo el procedimiento realizado en el apartado VI.1.1.2. Para este caso puede observarse que no fue necesario hacer la corrección por cortante.

Tabla VI.17. Verificación del Cortante Basal. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	V _o	μ	\bar{V}	Factor de ajuste	Verificación
	(Kgf)		(Kgf)	\bar{V}/V_o	$V_o > \bar{V}$
X	566998	0,85	501811	0,89	CUMPLE
Y	532275			0,94	CUMPLE

VI.1.3.3. Verificación del coeficiente sísmico

Para este modelo matemático se verificó el cumplimiento de lo establecido en el capítulo 7.1 de la norma venezolana COVENIN 1756:2001 (Ver Tabla VI.18), siguiendo el procedimiento realizado en el apartado VI.1.1.3.

Tabla VI.18. Verificación del Coeficiente Sísmico. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	V _o	V _o /W	$\alpha A_o/R$	Verificación
	(Kgf)			$V_o/W \geq \alpha A_o/R$
X	566998	0,620	0,30	CUMPLE
Y	532275	0,582		CUMPLE

VI.1.3.4. Períodos y Masas Participativas

En la Tabla VI.18 se presentan los períodos para los distintos modos de vibración y las masas participativas traslacionales obtenidos del modelo matemático. También se observa que la suma de las masas participativas de los modos de vibración en cada una de las dos direcciones horizontales, exceden el 90 % de la masa total del edificio, tal como lo indica la norma venezolana COVENIN 1756-2001 en su capítulo 9.6.

Tabla VI.19. Períodos y Masas Participativas por Modo. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

Modo	Período (s)	Masa participativa en X (%)	Masa participativa en Y (%)	Sumatoria de la masa en X (%)	Sumatoria de la masa en Y (%)
1	0,36	75,33	0,00	75,33	0,00
2	0,21	0,00	70,53	75,33	70,53
3	0,20	1,53	0,00	76,86	70,53
4	0,10	13,39	0,00	90,26	70,53
5	0,05	5,21	0,00	95,47	70,53
6	0,05	0,00	20,09	95,47	90,61
7	0,05	0,00	0,00	95,47	90,61
8	0,03	2,51	0,00	97,99	90,61
9	0,03	1,22	0,00	99,21	90,61
10	0,02	0,00	5,47	99,21	96,08
11	0,02	0,03	0,00	99,24	96,08
12	0,02	0,55	0,00	99,78	96,08
13	0,02	0,19	0,00	99,97	96,08
14	0,02	0,02	0,00	99,99	96,08
15	0,02	0,00	2,30	99,99	98,38
16	0,01	0,00	0,00	100,00	98,38
17	0,01	0,00	1,03	100,00	99,41
18	0,01	0,00	0,00	100,00	99,41
19	0,01	0,00	0,44	100,00	99,85
20	0,01	0,00	0,00	100,00	99,85
21	0,01	0,00	0,14	100,00	99,99
22	0,01	0,00	0,01	100,00	100,00
23	0,01	0,00	0,00	100,00	100,00
24	0,01	0,00	0,00	100,00	100,00

VI.2. MODELOS CON VARIACIÓN EN EL NÚMERO DE NIVELES

Los modelos presentados a continuación fueron elaborados realizando modificaciones en el número de niveles de los modelos presentados en la sección VI.1, con el objetivo de estudiar solo el comportamiento del período fundamental de vibración de la estructuras para estos casos.

VI.2.1 Modelo 1.1

Este modelo constituye una modificación del Modelo 1, donde se varió el número de niveles de 5 a 8. La geometría y distribución del acero de refuerzo en los muros se tomó igual a la de este modelo (muros de 14 cm de espesor) debido a que en la recopilación de información se encontraron edificios con acero de refuerzo similares, como se muestra en las Tablas V.8 y V.9.

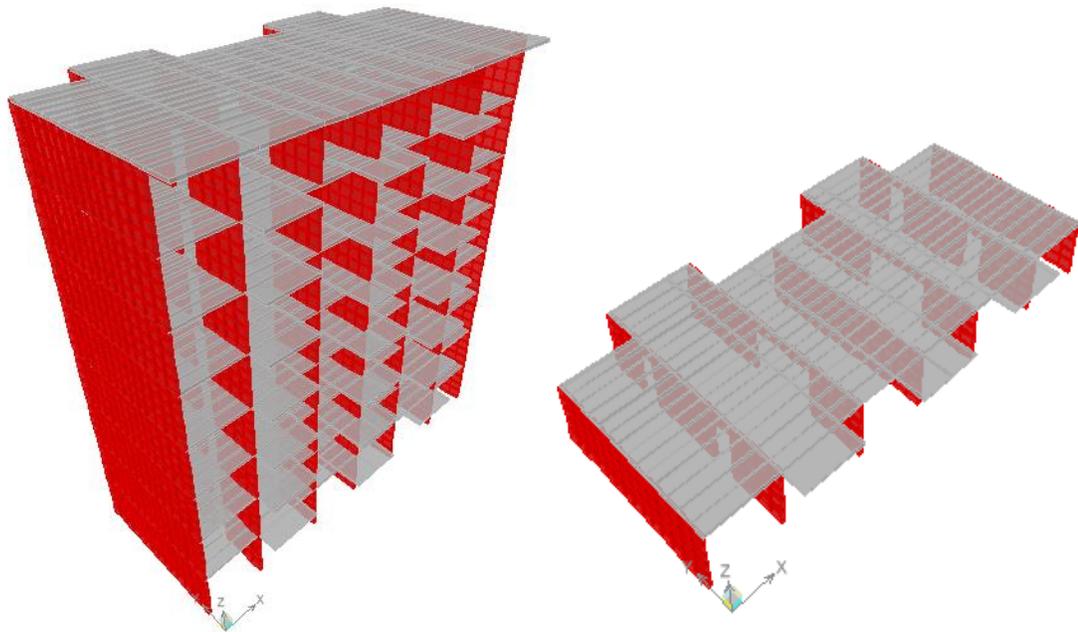


Figura VI.7. Vista 3D del edificio (Izq.). Vista 3D Planta Tipo (Der.). Modelo 1.1.
Fuente: Elaboración Propia.

VI.2.1.1. Peso de la edificación

El peso total de la edificación (W) se determinó por medio de la ecuación Ec. 13, partiendo de la masa estimada por el programa de análisis de estructuras ETABS® para este modelo, la cual se presenta en la Tabla VI.20.

Tabla VI.20. Masa acumulada por nivel. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.

Nivel	Masa X	Masa Y	XCM	YCM	Masa acumulada X	Masa acumulada Y
	(Kgf-s ² /m)	(Kgf-s ² /m)	(m)	(m)	(Kgf-s ² /m)	(Kgf-s ² /m)
NT	7801,34	7801,34	9,14	4,65	7801,34	7801,34
N7	13970,68	13970,68	9,14	4,85	21772,03	21772,03
N6	13970,68	13970,68	9,14	4,85	35742,71	35742,71
N5	13970,68	13970,68	9,14	4,85	49713,39	49713,39
N4	13970,68	13970,68	9,14	4,85	63684,08	63684,08
N3	13970,68	13970,68	9,14	4,85	77654,76	77654,76
N2	13970,68	13970,68	9,14	4,85	91625,44	91625,44
N1	13978,03	13978,03	9,14	4,85	105603,47	105603,47

Peso de la edificación (W)= 1035970,07 Kgf

VI.2.1.2. Cortante basal

El cortante basal se determinó por medio del programa de análisis de estructuras ETABS®. Resultando los valores de cortante basal máximos en cada dirección para el Modelo 1.1 los presentados en la Tabla VI.21.

Tabla VI.21. Valores del Corte Basal. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.

Máximos	
V0x (Kgf)	473088
V0y (Kgf)	514026

Igualmente se verificó lo establecido en el capítulo 9.4.6 de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001, siguiendo el procedimiento realizado en el apartado VI.1.1.2.

Como se observa en la Tabla VI.22 fue necesario hacer la corrección del cortante basal, ya que el valor obtenido del corte dinámico “Vo” fue menor al obtenido por el corte estático “ \bar{V} ”.

Tabla VI.22. Verificación del Cortante Basal. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	Vo	μ	\bar{V}	Factor de ajuste	Verificación
	(Kgf)		(Kgf)	\bar{V}/Vo	$Vo > \bar{V}$
X	473088	0,85	568517	1,20	NO CUMPLE
Y	514026			1,11	NO CUMPLE

Tabla VI.23. Valores máximos corregidos del Cortante Basal. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.

Máximos	
V0x (Kgf)	568518
V0y (Kgf)	568519

Tabla VI.24. Corrección del Cortante Basal. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	Vo	μ	\bar{V}	Factor de ajuste	Verificación
	(Kgf)		(Kgf)	\bar{V}/Vo	$Vo > \bar{V}$
X	568518	0,850	568517	1,00	CUMPLE
Y	568519			1,00	CUMPLE

VI.2.1.3. Verificación del coeficiente sísmico

Para cada modelo matemático se verificó el cumplimiento de lo establecido en el capítulo 7.1 de la norma venezolana COVENIN 1756:2006, siguiendo el procedimiento realizado en el apartado VI.1.1.3.

Tabla VI.25. Verificación del Coeficiente Sísmico. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	V _o	V _o /W	αA _o /R	Verificación
	(Kgf)			V _o /W ≥ α A _o /R
X	568518	0,549	0,30	CUMPLE
Y	568519	0,549		CUMPLE

VI.2.1.4. Períodos y Masas Participativas

En la Tabla VI.26 se presentan los períodos para los distintos modos de vibración y las masas participativas traslacionales obtenidos del modelo matemático. También se observa que la suma de las masas participativas de los modos de vibración en cada una de las dos direcciones horizontales, exceden el 90 % de la masa total del edificio, tal como lo indica la norma venezolana COVENIN 1756-2001 en su capítulo 9.6.

Tabla VI.26. Períodos y Masas Participativas por Modo. Modelo 1.1. Fuente: Elaboración Propia.

Modo	Período (s)	Masa participativa en X (%)	Masa participativa en Y (%)	Sumatoria de la masa en X (%)	Sumatoria de la masa en Y (%)
1	0,92	84,93	0,00	84,93	0,00
2	0,31	9,44	0,00	94,37	0,00
3	0,21	0,00	69,87	94,37	69,87
4	0,20	0,03	0,00	94,40	69,87
5	0,19	3,08	0,00	97,48	69,87
6	0,14	1,39	0,00	98,88	69,87
7	0,11	0,68	0,00	99,55	69,87
8	0,10	0,31	0,00	99,86	69,87
9	0,09	0,11	0,00	99,98	69,87
10	0,08	0,02	0,00	100,00	69,87
11	0,05	0,00	20,28	100,00	90,15
12	0,05	0,00	0,00	100,00	90,15
13	0,02	0,00	5,62	100,00	95,76
14	0,02	0,00	0,00	100,00	95,76
15	0,02	0,00	2,39	100,00	98,15
16	0,01	0,00	0,00	100,00	98,15
17	0,01	0,00	1,10	100,00	99,25
18	0,01	0,00	0,00	100,00	99,25
19	0,01	0,00	0,51	100,00	99,76

Modo	Período (s)	Masa participativa en X (%)	Masa participativa en Y (%)	Sumatoria de la masa en X (%)	Sumatoria de la masa en Y (%)
20	0,01	0,00	0,00	100,00	99,76
21	0,01	0,00	0,20	100,00	99,95
22	0,01	0,00	0,00	100,00	99,95
23	0,01	0,00	0,05	100,00	100,00
24	0,01	0,00	0,00	100,00	100,00

VI.2.2 Modelo 2.1

Este modelo constituye una modificación del Modelo 2, donde se varió el número de niveles de 5 a 8. La geometría y distribución del acero de refuerzo en los muros se tomó igual a la de este modelo (muros de 12 cm de espesor) debido a que en la recopilación de información se encontraron edificios con acero de refuerzo muy parecidos, como se muestra en las Tablas V.8 y V.9.

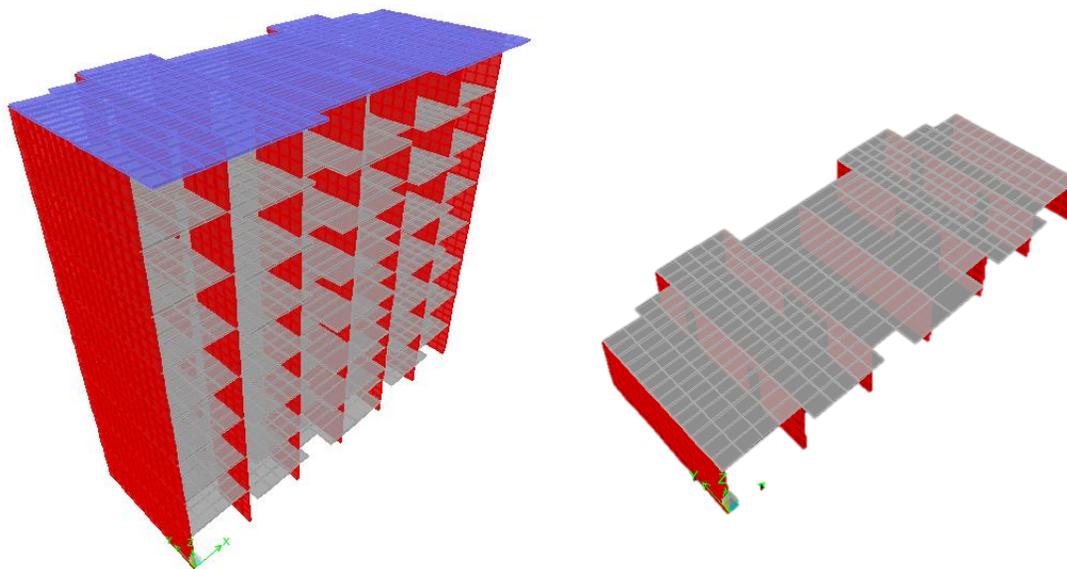


Figura VI.8. Vista 3D (Izq.). Vista 3D Planta Tipo (Der.). Modelo 2.1.
Fuente: Elaboración Propia.

VI.2.2.1. Peso de la edificación

El peso total de la edificación (W) se determinó por medio de la ecuación Ec. 13, partiendo de la masa estimada por el programa de análisis de estructuras ETABS® para este modelo, la cual se presenta en la Tabla VI.27.

Tabla VI.27. Masa acumulada por nivel. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.

Nivel	Masa X	Masa Y	XCM	YCM	Masa Acumulada X	Masa Acumulada Y
	Kgf-s ² /m	Kgf-s ² /m	m	m	Kgf-s ² /m	Kgf-s ² /m
NT	3306,78	3306,78	10,21	3,90	3306,78	3306,78
N7	13966,18	13966,18	10,21	3,92	17272,96	17272,96
N6	13966,18	13966,18	10,21	3,92	31239,14	31239,14
N5	13966,18	13966,18	10,21	3,92	45205,32	45205,32
N4	13966,18	13966,18	10,21	3,92	59171,49	59171,49
N3	13966,18	13966,18	10,21	3,92	73137,67	73137,67
N2	13966,18	13966,18	10,21	3,92	87103,85	87103,85
N1	13972,48	13972,48	10,21	3,92	101076,33	101076,33

Peso de la edificación (W)= 991558,82 Kgf

VI.2.2.2. Cortante basal

El cortante basal se determinó por medio del programa de análisis de estructuras ETABS®. Resultando los valores de cortante basal en cada dirección para el Modelo 2.1 los presentados en la Tabla VI.28.

Tabla VI.28. Valores del Corte Basal. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.

Máximos	
V0x (Kgf)	385792
V0y (Kgf)	495246

Igualmente se verificó lo establecido en el capítulo 9.4.6 de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001, siguiendo el procedimiento realizado en el apartado VI.1.1.2.

Como se observa en la Tabla VI.29 fue necesario hacer la corrección del cortante basal, ya que el valor obtenido del corte dinámico “Vo” fue menor al obtenido por el corte estático “ \bar{V} ”.

Tabla VI.29. Verificación del Cortante Basal. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	V _o	μ	\bar{V}	Factor de ajuste	Verificación
	Kg		Kg	\bar{V}/V_o	$V_o > \bar{V}$
X	385792	0,85	544145	1,41	NO CUMPLE
Y	495246			1,10	NO CUMPLE

Tabla VI.30. Valores máximos corregidos del Corte Dinámico. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.

Máximos	
V _{ox} (Kgf)	543967
V _{oy} (Kgf)	544275

Tabla VI.31. Corrección del Cortante Basal. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	V _o	μ	\bar{V}	Factor de ajuste	Verificación
	Kg		Kg	\bar{V}/V_o	$V_o > \bar{V}$
X	543967	0,85	544145	1,00	CUMPLE
Y	544275			1,00	CUMPLE

VI.2.2.3. Verificación del coeficiente sísmico

Para este modelo se verificó el cumplimiento de lo establecido en el capítulo 7.1 de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 (Ver Tabla VII.32), siguiendo el procedimiento de la sección VI.1.1.3.

Tabla VI.32. Verificación del Coeficiente Sísmico. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	V _o	V _o /W	α A _o / R	Verificación
	Kg			V _o /W ≥ α A _o /R
X	543967	0,549	0,30	CUMPLE
Y	544275	0,549		CUMPLE

VI.2.2.4. Períodos y Masas Participativas

En la Tabla VI.33 se presentan los períodos para los distintos modos de vibración y las masas participativas traslacionales obtenidos del modelo matemático. También se observa que la suma de las masas participativas de los modos de vibración en cada una de las dos direcciones horizontales, exceden el 90 % de la masa total del edificio, tal como lo indica la norma venezolana COVENIN 1756-2001 en su capítulo 9.6.

Tabla VI.33. Períodos y Masas Participativas. Modelo 2.1. Fuente: Elaboración Propia.

Modo	Período (s)	Masa participativa en X (%)	Masa participativa en Y (%)	Sum masa en X (%)	Sum masa en Y (%)
1	1,10	85,23	0,00	85,23	0,00
2	0,37	9,32	0,00	94,55	0,00
3	0,22	3,09	0,00	97,64	0,00
4	0,21	0,00	70,35	97,64	70,35
5	0,20	0,00	0,00	97,64	70,35
6	0,16	1,37	0,00	99,01	70,35
7	0,13	0,65	0,00	99,66	70,35
8	0,12	0,27	0,00	99,93	70,35
9	0,11	0,07	0,00	100,00	70,35
10	0,09	0,00	0,00	100,00	70,35
11	0,05	0,00	20,17	100,00	90,52
12	0,05	0,00	0,00	100,00	90,52
13	0,02	0,00	5,54	100,00	96,06
14	0,02	0,00	0,00	100,00	96,06
15	0,02	0,00	2,32	100,00	98,38
16	0,01	0,00	0,00	100,00	98,38
17	0,01	0,00	1,04	100,00	99,42
18	0,01	0,00	0,00	100,00	99,42

Modo	Período (s)	Masa participativa en X (%)	Masa participativa en Y (%)	Sum masa en X (%)	Sum masa en Y (%)
19	0,01	0,00	0,44	100,00	99,86
20	0,01	0,00	0,00	100,00	99,86
21	0,01	0,00	0,13	100,00	99,99
22	0,01	0,00	0,01	100,00	100,00
23	0,01	0,00	0,00	100,00	100,00
24	0,01	0,00	0,00	100,00	100,00

VI.2.3 Modelo 3.1

Este modelo constituye una modificación del Modelo 3, donde se varió el número de niveles de 8 a 5. La geometría y distribución del acero de refuerzo en los muros se tomó igual a la de este modelo (muros en las dos direcciones de 12 y 20 cm de espesor) debido a que en la recopilación de información se encontraron edificios con acero de refuerzo similares, como se muestra en las Tablas V.8 y V.9.

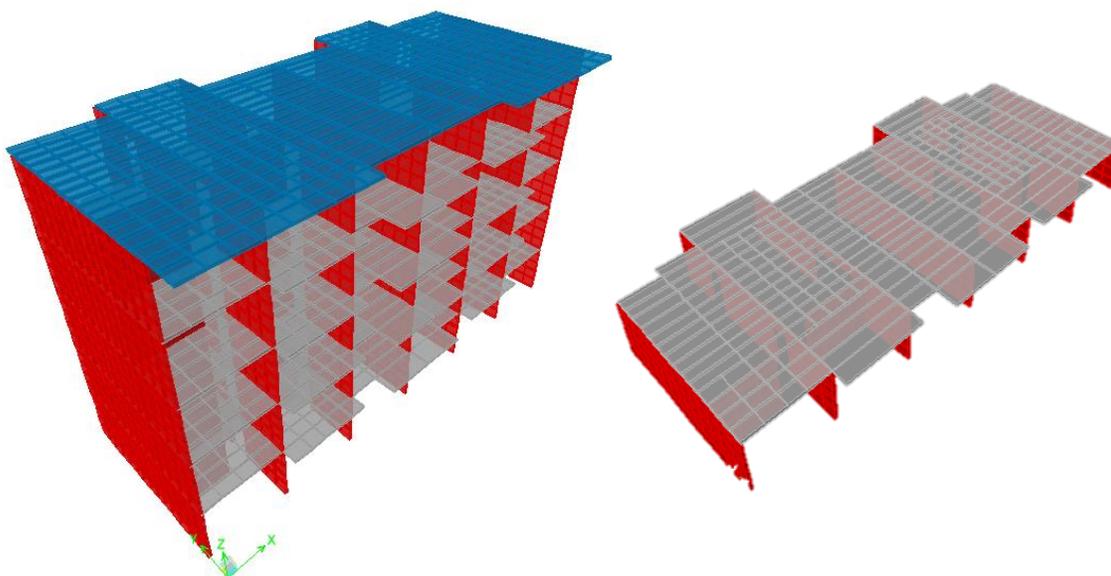


Figura VI.9. Vista 3D (Izq.). Vista 3D Planta Tipo (Der.). Modelo 3.1.
Fuente: Elaboración Propia.

VI.2.3.1. Peso de la edificación

El peso total de la edificación (W) se determinó por medio de la ecuación Ec. 13, partiendo de la masa estimada por el programa de diseño de estructuras ETABS® para este modelo, la cual se presenta en la Tabla VI.34.

Tabla VI.34. Masa acumulada por Nivel. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.

Nivel	Masa X	Masa Y	XCM	YCM	Masa Acumulada X	Masa Acumulada Y
	Kgf-s ² /m	Kgf-s ² /m	m	m	Kgf-s ² /m	Kgf-s ² /m
NT	3485,80	3485,80	10,20	4,80	3485,80	3485,80
N4	12819,33	12819,33	10,20	4,79	16305,13	16305,13
N3	12817,04	12817,04	10,20	4,79	29122,16	29122,16
N2	12817,04	12817,04	10,20	4,79	41939,20	41939,20
N1	12822,44	12822,44	10,20	4,79	54761,64	54761,64

Peso de la edificación (W)= 537211,65 Kgf

VI.2.3.2. Cortante basal

El cortante basal se determinó por medio del programa de análisis de estructuras ETABS®. Resultando los valores de cortante basal máximos en cada dirección para el Modelo 3.1 los presentados en la Tabla VI.35.

Tabla VI.35. Valores del Corte Basal. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.

Máximos	
Vox (Kgf)	344202
Voy (Kgf)	243237

Igualmente se verificó lo establecido en el capítulo 9.4.6 de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001, siguiendo el procedimiento realizado en el apartado VI.1.1.2.

Como se observa en la Tabla VI.36 fue necesario hacer la corrección del cortante basal, ya que el valor obtenido del corte dinámico “Voy” fue menor al obtenido por el corte estático “ \bar{V} ” en la dirección Y.

Tabla VI.36. Verificación del Cortante Basal. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	V _o	μ	\bar{V}	Factor de ajuste	Verificación
	Kg		Kg	\bar{V}/V_o	$V_o > \bar{V}$
X	344202	0,89	335982	0,98	CUMPLE
Y	243237			1,38	NO CUMPLE

Tabla VI.37. Valores máximos corregidos del Corte Dinámico. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.

Máximos	
V _{ox} (Kgf)	344202
V _{oy} (Kgf)	335910

Tabla VI.38. Corrección del Cortante Basal. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	V _o	μ	\bar{V}	Factor de ajuste	Verificación
	Kg		Kg	\bar{V}/V_o	$V_o > \bar{V}$
X	344202	0,89	335982	0,98	CUMPLE
Y	335910			1,00	CUMPLE

VI.2.3.3. Verificación del coeficiente sísmico

Para este modelo se verificó el cumplimiento de lo establecido en el capítulo 7.1 de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 (Ver Tabla VI.39), siguiendo el procedimiento de la sección VI.1.1.3.

Tabla VI.39. Verificación del Coeficiente Sísmico. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.

Dirección	V _o	V _o /W	$\alpha A_o / R$	Verificación
	Kg			$V_o/W \geq \alpha A_o/R$
X	344202	0,641	0,30	CUMPLE
Y	335910	0,625		CUMPLE

VI.2.3.4. Períodos y Masas Participativas

En la Tabla VI.40 se presentan los períodos para los distintos modos de vibración y las masas participativas traslacionales obtenidos del modelo matemático. También se observa que la suma de las masas participativas de los modos de vibración en cada una de las dos direcciones horizontales, exceden el 90 % de la masa total del edificio, tal como lo indica la Norma COVENIN 1756-2001 en su capítulo 9.6.

Tabla VI.40. Períodos y Masas Participativas. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.

Modo	Período(s)	Masa Participativa en X (%)	Masa Participativa en Y (%)	Sum Masa en X (%)	Sum masa en Y (%)
1	0,19	78,32	0,00	78,32	0,00
2	0,09	0,00	76,19	78,32	76,19
3	0,09	0,95	0,00	79,26	76,19
4	0,05	14,58	0,00	93,84	76,19
5	0,03	4,64	0,00	98,48	76,19
6	0,03	0,00	18,60	98,48	94,79
7	0,02	0,01	0,00	98,49	94,79
8	0,02	1,36	0,00	99,85	94,79
9	0,02	0,14	0,00	99,99	94,79
10	0,01	0,00	4,06	99,99	98,85
11	0,01	0,01	0,00	100,00	98,85
12	0,01	0,00	1,08	100,00	99,93
13	0,01	0,00	0,00	100,00	99,93
14	0,01	0,00	0,07	100,00	100,00
15	0,01	0,00	0,00	100,00	100,00

VI.3. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Todos los modelos matemáticos fueron realizados con las mismas características y calidad de los materiales, correspondientes a los indicados en los planos de la mayoría de los edificios presentes en los diferentes grupos de la Tabla V.13. A continuación se presentan en la Tabla VI.41 los valores utilizados en los modelos matemáticos para el peso unitario del concreto (γ), resistencia nominal a la compresión a los 28 días del concreto ($f'c$), resistencia nominal de las mallas electrosoldadas (f_y) y resistencia nominal de las barras estriadas (cabillas) (f_y).

Tabla VI.41. Calidad de los Materiales usados en la elaboración de los modelos. Fuente: Elaboración Propia.

f_y Barras (Kg/cm²)	Es (Kg/cm²)	$f'c$ (Kg/cm²)	Ec (Kg/cm²)	f_y Mallas (Kg/cm²)
4200	210000	250	238752	5000

VI.4. DEFINICIÓN DE LAS CARGAS

La definición de las cargas permanentes y variables correspondiente a los modelos a evaluar, se realizó considerando los valores expuestos en la Norma Venezolana COVENIN 2002-88 “Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones (Provisional)”.

VI.4.1 Acciones Gravitacionales

Comprende las cargas de tipo permanente y variable. En el caso de las cargas variables se consideró a las edificaciones dentro del grupo de “Viviendas” tal como se muestra en la Tabla VI.42 y según lo dispone la Tabla 5.1 “Mínimas cargas distribuidas variables sobre entrepisos” de la Norma Venezolana COVENIN 2002-88.

Para todos los modelos realizados se tomaron las mismas magnitudes de carga variable en las losas de entrecapado y cargas variables en la losa de techo presentadas en las Tablas VI.42 y VI.43.

Tabla VI.42. Acciones Variables aplicadas en la losa de Entrecapado. Fuente: Elaboración Propia.

Cargas Variables	Peso (Kgf/m²)
Vivienda	175
CV _{TOTAL}	175

Tabla VI.43. Acciones Variables aplicadas en la losa de Techo. Fuente: Elaboración Propia.

Cargas Variables	Peso (Kgf/m²)
Techo	100
CV _{TOTAL}	100

Tabla VI.44. Acciones Permanentes en la losa de Entrecapado. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

Carga Permanente Losa de entrecapado	Peso (Kgf/m²)
Losa Maciza de espesor (m)= 0,14	336
Acabado superior- Granito de espesor 5 cm	100
Tabiquería	150
CP _{TOTAL}	586

Tabla VI.45. Acciones Permanentes en la losa de Techo. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

Carga Permanente de Techo	Peso (Kgf/m²)
Losa Maciza de espesor (m) = 0,14	336
Manto asfáltico en una sola capa espesor 3mm	5
CP _{TOTAL}	341

Tabla VI.46. Acciones Permanentes en la losa de Entrecapado. Modelos 2 y 3. Fuente: Elaboración Propia.

Carga Permanente Losa de entrecapado	Peso (Kgf/m²)
Losa Maciza de espesor (m) = 0,12	288
Acabado superior- Granito de espesor 5 cm	100
Tabiquería	150
CP _{TOTAL}	538

Tabla VI.47. Acciones Permanentes en la losa de Techo. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.

Carga Permanente de Techo	Peso (Kgf/m²)
Correas de Madera pardillo de 4x14	16
Tejas asfálticas	8
Machihembrado sobre correas de madera	50
Manto asfáltico	6
CP _{TOTAL}	80

Tabla VI.48. Acciones Permanentes en la losa de Techo. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

Carga Permanente de Techo	Peso (Kgf/m²)
Correas de Madera pardillo de 4x14	11
Tejas asfálticas	8
Machihembrado sobre correas de madera	50
Manto asfáltico en una capa de e= 5mm	6
CP _{TOTAL}	75

VI.4.2 Acciones sísmicas

Para la elaboración del espectro de diseño se siguieron los lineamientos expuestos en la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001. A continuación se presentan sus características más importantes.

- **Coefficiente de Aceleración Horizontal (A_o) y Zonificación Sísmica:**

El coeficiente de aceleración horizontal y la zonificación sísmica se obtienen del Capítulo 4 de la Norma, presentando un valor de aceleración horizontal de 0,30 y zona sísmica 5, esto es debido a que la mayoría de los edificios se encuentran ubicados en el Distrito Capital, el Estado Miranda y el Estado Aragua.

- **Formas Espectrales Tipificadas:**

Al no poseer un estudio de suelos para cada uno de los edificios a evaluar se asumió una forma espectral S2, con un factor de corrección “φ” igual a 0,90.

- **Uso de la edificación y Factor de importancia (α):**

Las edificaciones a evaluar se clasificaron dentro del Grupo B2, el cual está definido por edificaciones de uso público o privado de baja ocupación. Tomando en cuenta esta clasificación, el factor de importancia según lo establecido en el Capítulo 6.1 de la Norma es de “ α ” igual a 1.

- **Nivel de Diseño (NDS) y Factor de Reducción de Respuesta (R):**

La norma contempla en el comentario de su Capítulo 12 que el Nivel de Diseño correspondiente de una edificación existente se asignará en función de la información disponible sobre cómo fue construida, es por esto que la selección del Nivel de Diseño dependerá del detallado de estas edificaciones.

Expuesto lo anterior, se debe resaltar que el detallado que poseen la estructuras presentes en los casos de estudio, no satisfacen los requerimientos sismorresistentes de la Norma Venezolana 1756:2001, como para asignarle un Nivel de Diseño superior al 1, ya que los edificios no poseen suficientes elementos estructurales como para lograr que la capacidad de disipación de energía se distribuya uniformemente, lo que se evidencia en los modelos 1 y 2 los cuales solo tienen muros en una dirección. En el caso del modelo 3 que posee muros en ambas direcciones, se decidió asignar el Nivel de Diseño igual a 1, ya que los muros distribuidos en la dirección larga del edificio presentaron una densidad en planta mucho menor a la presentada en la dirección corta (Ver Tabla VII.1), y por lo tanto en caso de la ocurrencia de un evento sísmico, si alguno de estos muros llegara a fallar la edificación no tendrá una adecuada hiperestaticidad para redistribuir los esfuerzos.

El factor de reducción de respuesta asignado en todos los modelos es igual a uno (1), debido a que las edificaciones no satisfacen los requerimientos normativos sismorresistentes como se mencionó anteriormente, esta penalización se debe a que la edificación no asegura una capacidad de absorción y disipación de energía propia de valores mayores de R.

Tabla VI.49. Características del Espectro de Diseño. Fuente: Elaboración Propia.

Características del Espectro de Diseño	
Zona Sísmica	5
Ao	0,30
Forma Espectral	S2
Factor de corrección (ϕ)	0,90
Grupo	B2
α	1,00
Nivel de Diseño	ND1
Tipo de Sistema	III
Factor de Reducción (R)	1,00

En el Capítulo 7 de la Norma COVENIN 1756:2001 se indica el procedimiento para la elaboración del espectro de diseño mostrado en el Gráfico VI.1. En la Tabla VI.48 se muestran los factores utilizados para su obtención, y en la Tabla VI.49 se presentan los puntos notables del mismo.

Tabla VI.50. Factores del Espectro de Diseño. Fuente: Elaboración Propia.

Factores del Espectro de diseño	
Ao	0,30
T*	0,70
To	0,18
T+	0,18
c	0,79
α	1,00
β	2,60
p	1,00
R	1,00
ϕ	0,90

Tabla VI.51. Valores notables del Espectro de Diseño. Fuente: Elaboración Propia.

Valores notables		Ad
Ta	0,33	0,70
1.6 Ta	0,54	0,70

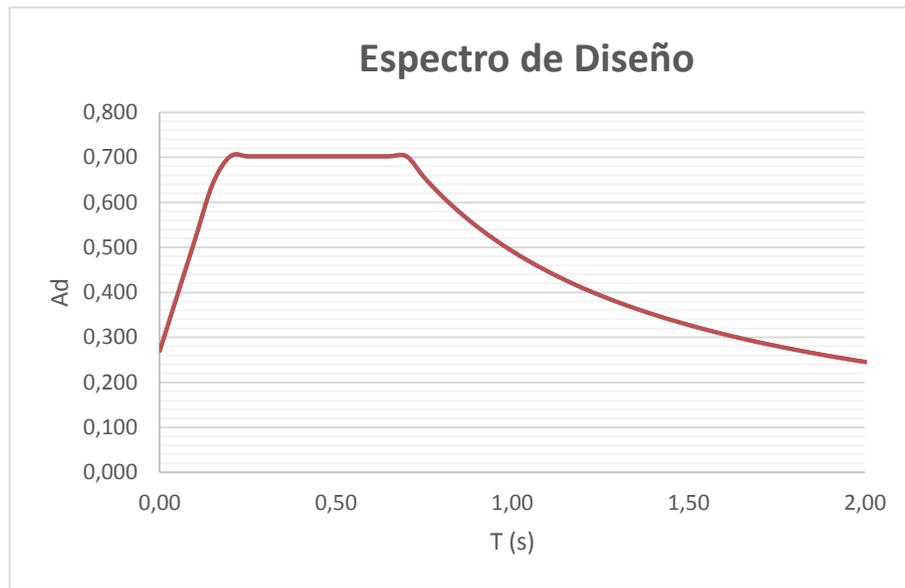


Gráfico VI. 1. Espectro de Diseño. Fuente: Elaboración Propia.

VI.4.3 Combinaciones de las acciones

Las combinaciones de carga usadas para la evaluación estructural, según los requerimientos de la FONDONORMA 1753:2006 son:

- U1: 1,4CP
- U2: 1,2CP + 1,6CV + γ CVt
- U3: 1,2CP + SV + γ CVt + SH
- U4: 0,90CP-SV+SH

Donde:

CP = carga Permanente.

CV = carga Variable.

SH= componente del sismo horizontal.

SV= componente del sismo vertical.

CVt = carga Variable de Techo.

γ = factor de combinación de solicitaciones debidas a las acciones variables, igual a 0,50.

Se consideró la acción alternante del sismo vertical (SV) que está definida por la siguiente expresión:

$$SV = (0,2 \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot \beta \cdot A_o) CP \quad (\text{Ec. 17})$$

Dónde:

α = factor de importancia.

φ = factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal.

β = factor de magnificación promedio.

A_o = coeficiente de aceleración horizontal.

CP = carga Permanente

Para el análisis se utilizó un 5% de amortiguamiento y se usó el criterio de la combinación cuadrática completa (CQC) como combinación modal.

La combinación direccional escogida fue la de criterio de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las solicitaciones correspondientes a cada dirección del sismo (S_x , S_y) para obtener la componente del sismo horizontal (SH):

$$SH = (S_x^2 + S_y^2)^{1/2} \quad (\text{Ec. 18})$$

En el modelo matemático la componente horizontal (SH) incluye el efecto de la torsión accidental la cual corresponde a una excentricidad del 6% del ancho de la planta para ambas direcciones de análisis.

CAPÍTULO VII. RESULTADOS Y ANÁLISIS

VII.1. DENSIDAD DE MUROS

La Norma Venezolana Fondonorma 1753:2006 en el comentario del capítulo 14.2 menciona que las proporciones de área de muro relativas al área de la planta deberían estar en el orden de 2% a 3% en cada dirección, tomando esto como referencia, se presenta a continuación en la Tabla VII.1 la densidad de muros en planta para los edificios descritos en la sección V.1, la cual se determinó de acuerdo con la expresión Ec. 9 (Capítulo II).

En esta Tabla se observa que en la mayoría de los edificios el porcentaje de densidad de muros en la dirección corta se encuentra entre el 3% y 4%, pero en la dirección larga casi todos los valores están por debajo del 1%. Se presentaron dos casos particulares, el primero corresponde al Edificio Guásimal en donde se aprecia que la densidad de muros en ambas direcciones es similar (2,69% en la dirección corta y 2,62% en la dirección larga), lo que indica que existe una distribución proporcional de los muros en planta la cual está acorde a la densidad de muros mencionada por la norma y el segundo caso corresponde al Desarrollo Habitacional Catia la Mar en el cual se observó un comportamiento parecido.

Igualmente hay edificios que presentan una densidad de muros superior al 4% en la dirección corta, pero inferior al 1% en la dirección larga, como es el caso de los edificios Conjunto Residencial Teatros II, Conjunto Residencial Agua Salud, Valle Grande y Los Aviadores, lo que indica que no existe una distribución proporcional de los muros en planta entre ambas direcciones.

Tabla VII.1. Densidad de muros en planta respecto al área de la losa. Fuente: Elaboración propia.

#	Edificio	Metros lineales de muro		Área de losa (m ²)	% Densidad de muros		Apartamentos por piso
		Dirección Corta (m)	Dirección Larga (m)		Dirección Corta	Dirección Larga	
1	El Fortín	49,05	9,70	168,20	4,37	1,31	2
2	La Ribera	41,80	0,00	156,60	3,74	-	2
3	Camino Real	47,70	0,00	156,90	4,26	-	2
4	El Tablón	41,80	0,00	156,60	3,20	-	2
5	Antares del Ávila	38,87	0,00	135,20	2,88	-	2
6	La Meseta	66,99	17,01	227,90	3,53	0,90	2
7	Ciudad Residencial La Rosa	41,52	0,00	128,57	3,88	-	2
8	Conjunto Residencial Teatros II	153,80	21,40	550,60	4,19	0,78	8
9	Conjunto Residencial Sector Agua Salud	153,80	21,40	550,60	4,19	0,78	8
10	Conjunto Habitacional Castillejo	41,96	2,40	137,18	3,67	-	2
11	Palo Alto	55,80	0,00	152,40	4,39	-	4
12	Urbanización El Ingenio	37,12	3,96	118,41	3,76	0,50	2
13	Valle Grande	46,75	4,28	131,06	4,28	0,39	2
14	Residencias Las Ceibas	48,99	0,00	169,44	3,47	-	2
15	Desarrollo habitacional Maca	83,98	29,22	295,42	3,41	1,48	4
16	Residencias Los Samanes	48,99	9,96	178,85	3,29	0,92	2
17	Residencias Los Apamates	48,99	9,96	178,85	3,29	0,92	2
18	Residencias Los Sauces	48,99	9,96	178,85	3,29	0,92	2
19	Los Aviadores	73,50	12,17	254,90	4,33	0,72	4
20	Edificio Modelo	165,77	14,34	601,47	3,31	0,29	8
21	Edificios INAVI	79,74	20,99	311,90	4,09	1,08	4
22	Guasimal	56,92	55,56	254,00	2,69	2,62	3
23	Desarrollo Habitacional Catia La Mar	42,10	27,40	226,65	3,71	2,42	3

VII.2. PERÍODO

En esta sección se presenta una comparación del período fundamental correspondiente al primer modo de vibración (T) obtenido de los modelos con el uso del programa de análisis de estructuras, en donde su movimiento predominante es en dirección X, con las fórmulas sugeridas por Sozen (2004) utilizadas para estimar el período de estructuras rígidas con muros y estructuras con pórticos ambas de concreto armado. De igual forma el período fundamental correspondiente al primer modo de vibración (T) se compara con las expresiones presentadas en el Capítulo 9.3.2.2 de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001.

Tabla.VII.2. Comparación del Período Fundamental de vibración con las Fórmulas presentadas por la Norma COVENIN 1756:2001 y Sozen (2004). Fuente: Elaboración Propia.

Modelo	Descripción	Dirección de los muros (*)	hn (m)	ETABS	Sozen		COVENIN 1756:2001	
					Aporticados	Muros	Aporticados	Muros
					$T=N/10$	$T=N/20$	$Ta=0,07hn^{0,75}$	$Ta=0,05hn^{0,75}$
Modelo 1	Edificio de 5 niveles y muros de 14 cm de espesor	1	12,6	0,57	0,50	0,25	0,47	0,33
Modelo 2	Edificio de 5 niveles y muros de 12cm de espesor	1	12,6	0,67	0,50	0,25	0,47	0,33
Modelo 3	Edificio de 8 niveles y muros de 12cm de espesor	2	20,6	0,36	0,80	0,40	0,68	0,48
Modelo 1.1	Edificio de 8 niveles y muros de 14 cm de espesor	1	20,6	0,92	0,80	0,40	0,68	0,48
Modelo 2.1	Edificio de 8 niveles y muros de 12 cm de espesor	1	20,6	1,10	0,80	0,40	0,68	0,48
Modelo 3.1	Edificio de 5 niveles y muros de 12cm de espesor	2	12,6	0,19	0,50	0,25	0,47	0,33

(*) 2 = muros en dos (2) direcciones

1 = muros en una (1) dirección

En la Tabla VII.2 se observa que los valores del período fundamental del primer modo de vibración presentados para los modelos con muros en las dos direcciones ortogonales (Modelos 3 y 3.1) se aproximan a los sugeridos por Sozen (2004) para estructuras rígidas con muros ($T = N/20$) y a los presentados en la Norma COVENIN 1756:2001 para un sistema estructural Tipo III. Sin embargo, los Modelos 1, 2, 1.1 y 2.1 presentaron valores muy diferentes a los recomendados para estructuras con muros, debido a la ausencia de líneas resistentes en la dirección X, por lo tanto resulta más prudente comparar estos valores con los sugeridos para estructuras aporticadas ($T=N/10$). Al realizar esta comparación los valores del período derivados para los Modelos 1, 2, 1.1 y 2.1 son más cercanos a los determinados por las expresiones correspondientes a pórticos de concreto armado, indicando con esto que tienen un comportamiento similar al de estructuras flexibles.

VII.3. DESPLAZAMIENTOS LATERALES

Los desplazamientos laterales totales para cada nivel de la edificación (Δ_i) y sus respectivas derivas entre niveles consecutivos, se calcularon siguiendo lo establecido en el capítulo 10 de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001, y se presentan en las Tablas VII.3, VII.5 y VII.7 junto con los valores de desplazamiento lateral (Δ_{ei}) obtenidos mediante la aplicación de las acciones sísmicas con el programa de análisis de estructuras ETABS®.

Igualmente se verificó el cumplimiento de los valores límites de las derivas de piso establecidos en el Capítulo 10.2 de la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001, en la cual se indica que para edificaciones pertenecientes al Grupo B2 el valor límite es de 0,018 (Ver Tablas VII.4, VII.6 y VII.8).

Es importante mencionar que debido a que el factor de reducción de respuesta utilizado en el análisis es igual a uno (1), no se tomó en cuenta el factor de 0,80 establecido en la expresión Ec.7 (Capítulo II).

Tabla VII.3. Desplazamientos Laterales Totales y Derivas del Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

Nivel	Desplazamiento lateral (Δ_{ei})		Desplazamiento lateral inelástico (Δ_i)		δ_i		(Δh_{i-i-1})	$\delta_i/(\Delta h_{i-i-1})$	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y		Dirección X	Dirección Y
NT	0,004	0,0003	0,004	0,0003	-0,0022	-0,000009	2,52	-0,0009	-0,000004
N4	0,006	0,0003	0,006	0,0003	-0,0016	0,000006	2,52	-0,0006	0,000002
N3	0,008	0,0003	0,008	0,0003	-0,0006	0,000047	2,52	-0,0002	0,000002
N2	0,009	0,0003	0,009	0,0003	0,0003	0,000113	2,52	0,0001	0,000004
N1	0,008	0,0002	0,008	0,0002	0,0083	0,000167	2,52	0,0033	0,000007

Tabla VII.4. Máxima Deriva Inelástica y Valores Límites. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia

Máxima Deriva Inelástica		Verificación
		$\delta_i/(\Delta h_{i-i-1}) \leq 0,018$
Dirección X	0,0033	Cumple
Dirección Y	0,00007	Cumple

Tabla VII.5. Desplazamientos Laterales Totales y Derivas del Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia

Nivel	Desplazamiento lateral (Δ_{ei})		Desplazamiento lateral inelástico (Δ_i)		δ_i		(Δh_{i-i-1})	$\delta_i/(\Delta h_{i-i-1})$	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y		Dirección X	Dirección Y
NT	0,005	0,0003	0,005	0,0003	-0,00367	-0,00002	2,52	-0,0015	-0,00001
N4	0,009	0,0003	0,009	0,0003	-0,00272	0,00000	2,52	-0,0011	0,00000
N3	0,012	0,0003	0,012	0,0003	-0,00107	0,00004	2,52	-0,0004	0,00002
N2	0,013	0,0003	0,013	0,0003	0,00051	0,00011	2,52	0,0002	0,00004
N1	0,012	0,0002	0,012	0,0002	0,01207	0,00018	2,52	0,0048	0,00007

Tabla VII.6. Máxima Deriva Inelástica y Valores Límites. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.

Máxima Deriva Inelástica		Verificación
		$\delta_i/(\Delta h_{i-i-1}) \leq 0,018$
Dirección X	0,0048	Cumple
Dirección Y	0,00007	Cumple

Tabla VII.7. Desplazamientos Laterales Totales y Derivas del Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

Nivel	Desplazamiento lateral (Δ_{ei})		Desplazamiento lateral inelástico (Δ_i)		δ_i		(Δh_{i-i-1})	$\delta_i/(\Delta h_{i-i-1})$	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y		Dirección X	Dirección Y
NT	0,0015	0,0011	0,0015	0,0010	-0,00034	-0,00005	2,52	-0,00013	-0,00002
N7	0,0019	0,0011	0,0019	0,0010	-0,00029	-0,00001	2,52	-0,00011	-0,00001
N6	0,0021	0,0011	0,0021	0,0010	-0,00017	0,00000	2,52	-0,00007	0,00000
N5	0,0023	0,0011	0,0023	0,0010	-0,00001	0,00005	2,52	-0,00001	0,00002
N4	0,0023	0,0011	0,0023	0,0010	0,00005	0,00012	2,52	0,00002	0,00005
N3	0,0023	0,0009	0,0023	0,0008	0,00035	0,00084	2,52	0,00014	0,00033
N2	0,0019	0,0007	0,0019	0,0000	0,00084	-0,00033	2,52	0,00033	-0,00013
N1	0,0011	0,0004	0,0011	0,0003	0,00108	0,00033	2,52	0,00043	0,00013

Tabla VII.8. Máxima Deriva Inelástica. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

Máxima Deriva Inelástica		Verificación
		$\delta_i/(\Delta h_{i-i-1}) \leq 0,018$
Dirección X	0,00043	Cumple
Dirección Y	0,00033	Cumple

Todos los modelos cumplen con los valores límites establecidos en la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001, y ninguno está cercano al orden de magnitud de dicho límite. Se observa que los valores de las derivas para cada modelo en la dirección X son mayores a los obtenidos en la dirección Y, ya que la estructura es más rígida en esta última dirección debido a que presenta mayor densidad de muros. Muy particularmente para el Modelo 3 tienden a parecerse debido a que posee muros en ambas direcciones.

Por otra parte, las derivas máximas en la dirección X del modelo 1 resultaron ser menores a las del modelo 2, demostrando de esta forma que la diferencia de espesores en esos modelos (Modelo 1 con muros de espesor 14 cm y Modelo 2 con muros de espesor 12 cm) produce cierto aumento en la rigidez, lo cual influye en la disminución de las derivas, a pesar de tener ausencia de muros en esa dirección.

VII.4. DEMANDA CAPACIDAD A FLEXIÓN

Para la estimación de la relación Demanda/Capacidad a flexión en la base de los muros, se utilizaron las combinaciones de carga descritas en el capítulo VI.4.3, y a partir del análisis estructural se obtuvieron las mayores solicitaciones para todos los muros, tomando en cuenta la acción del sismo en las dos direcciones ortogonales simultáneamente. Dada la gran simetría de las edificaciones, adicionalmente se realizó el análisis por separado para el sismo en la dirección X y el sismo en Y, para evaluar la relación Demanda/Capacidad en el plano para cada muro en cada dirección. Se presentan los resultados para los dos primeros niveles únicamente, porque es en estos donde los efectos de las fuerzas laterales son mayores.

VII.4.1 Demanda capacidad a flexión de los modelos principales

En las siguientes Tablas se presenta la relación Demanda/Capacidad obtenida para cada uno de los tres modelos principales.

Las Figuras VII.1, VII.2 y VII.3 representan las plantas tipo de cada modelo, donde se identifican la distribución y nomenclatura utilizada para los muros que conforman la estructura. Los muros de mayor longitud (M1, M7 y M13) presentan cada uno tres nomenclaturas debido a la división que se realizó para su análisis.

Es importante resaltar que en los modelos la dirección "X" corresponderá a la dirección larga del edificio y la "Y" a la dirección corta.

- Modelo 1

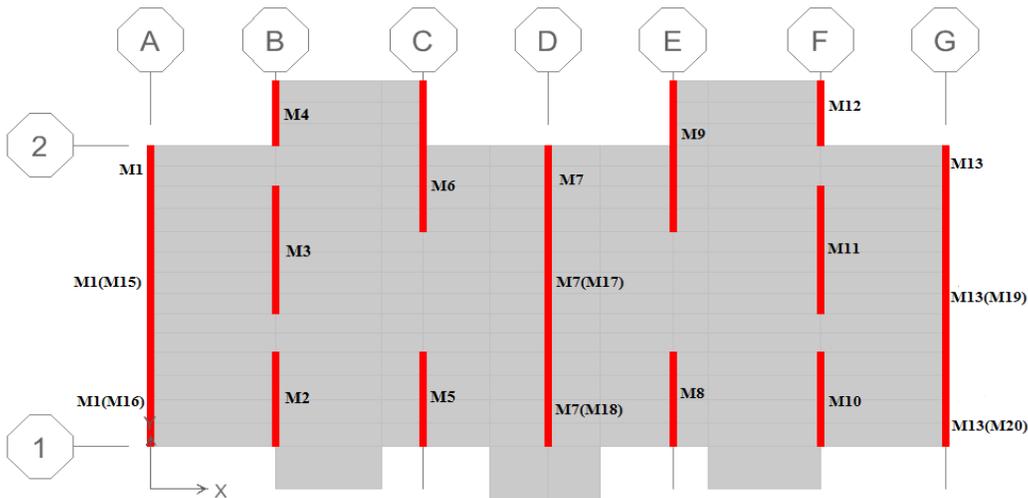


Figura VII.1. Planta Tipo del Modelo 1.
Fuente: Elaboración Propia

Tabla VII.9.Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y.
Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN X,Y			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	6,95	N2	M1	5,36
	M1(M14)	7,33		M1(M14)	5,81
	M1(M15)	6,93		M1(M15)	5,33
	M2	6,19		M2	5,21
	M3	6,77		M3	6,11
	M4	6,72		M4	6,07
	M5	6,68		M5	5,74
	M6	6,20		M6	5,61
	M7	6,73		M7	5,87
	M7(M16)	6,74		M7(M16)	6,01
	M7(M17)	6,56		M7(M17)	5,72
	M8	6,68		M8	5,74
	M9	6,20		M9	5,61
	M10	6,19		M10	5,21
	M11	6,77		M11	6,11
	M12	6,72		M12	6,07
	M13	6,95		M13	5,36
	M13(M18)	7,33		M13(M18)	5,81
	M13 (M19)	6,93		M13 (M19)	5,33

Tabla VII.10.Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en la dirección X.
Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN X			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	6,10	N2	M1	4,75
	M1(M14)	7,09		M1(M14)	5,57
	M1(M15)	6,18		M1(M15)	4,83
	M2	5,40		M2	4,59
	M3	6,38		M3	5,79
	M4	6,07		M4	5,60
	M5	6,00		M5	5,32
	M6	6,18		M6	5,23
	M7	5,64		M7	5,13
	M7(M16)	6,52		M7(M16)	5,79
	M7(M17)	5,53		M7(M17)	5,03
	M8	6,00		M8	5,32
	M9	5,67		M9	5,23

SISMO EN X			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
	M10	5,40		M10	5,60
	M11	6,38		M11	5,78
	M12	6,07		M12	5,60
	M13	6,10		M13	4,76
	M13(M18)	7,09		M13(M18)	5,58
	M13 (M19)	6,18		M13 (M19)	4,83

Tabla VII.11. Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en la dirección Y. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN Y			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	1,74	N2	M1	1,14
	M1(M14)	0,27		M1(M14)	0,29
	M1(M15)	1,77		M1(M15)	1,17
	M2	1,24		M2	0,89
	M3	0,48		M3	0,37
	M4	1,10		M4	0,76
	M5	0,72		M5	0,42
	M6	0,56		M6	0,32
	M7	1,20		M7	0,77
	M7(M16)	0,14		M7(M16)	0,14
	M7(M17)	1,18		M7(M17)	0,76
	M8	0,72		M8	0,42
	M9	0,56		M9	0,32
	M10	1,25		M10	0,89
	M11	0,48		M11	0,38
	M12	1,10		M12	0,74
	M13	1,74		M13	1,14
	M13(M18)	0,27		M13(M18)	0,29
M13 (M19)	1,77	M13 (M19)	1,17		

- **Modelo 2**

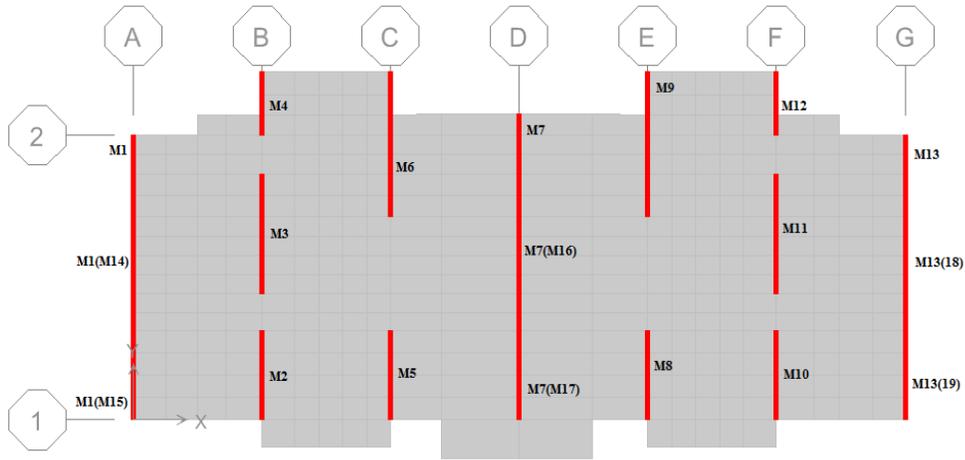


Figura VII.2. Planta Tipo del Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla VII.12. Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y. Modelo 2. Fuente: Elaboración propia

SISMO EN X,Y		D/C			
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	7,42	N2	M1	5,57
	M1(M14)	7,96		M1(M14)	6,13
	M1(M15)	7,36		M1(M15)	5,55
	M2	6,62		M2	5,66
	M3	7,34		M3	6,58
	M4	7,20		M4	6,45
	M5	7,33		M5	6,29
	M6	6,75		M6	6,61
	M7	7,34		M7	6,26
	M7(M16)	7,62		M7(M16)	6,62
	M7(M17)	7,29		M7(M17)	6,23
	M8	7,33		M8	6,29
	M9	6,75		M9	6,05
	M10	6,62		M10	5,67
	M11	7,34		M11	6,58
M12	7,19	M12	6,45		
M13	7,42	M13	5,56		
M13(M18)	7,95	M13(M18)	6,12		
M13(M19)	7,46	M13(M19)	5,61		

Tabla VII.13.Relación Demanda/Capacidad la con la aplicación de la Acción Sísmica en la dirección X. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN X			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	6,56	N2	M1	4,98
	M1(M14)	7,75		M1(M14)	5,94
	M1(M15)	6,60		M1(M15)	5,06
	M2	5,91		M2	5,14
	M3	6,95		M3	6,27
	M4	6,55		M4	6,00
	M5	6,72		M5	5,93
	M6	6,23		M6	5,71
	M7	6,28		M7	5,54
	M7(M16)	7,41		M7(M16)	6,41
	M7(M17)	6,24		M7(M17)	5,53
	M8	6,72		M8	5,93
	M9	6,79		M9	5,71
	M10	5,91		M10	5,14
	M11	6,94		M11	6,27
	M12	6,54		M12	6,00
	M13	6,56		M13	4,97
	M13(M18)	7,74		M13(M18)	5,93
	M13 (M19)	6,63		M13 (M19)	5,07

Tabla VII.14.Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en la dirección Y. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN Y			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	1,51	N2	M1	0,96
	M1 (M14)	0,26		M1(M14)	0,26
	M1 (M15)	1,54		M1(M15)	0,99
	M2	0,98		M2	0,68
	M3	0,43		M3	0,31
	M4	0,88		M4	0,58
	M5	0,56		M5	0,31
	M6	0,43		M6	0,22
	M7	1,09		M7	0,69
	M7(M16)	0,15		M7(M16)	0,14
	M7(M17)	1,13		M7(M17)	0,73
	M8	0,56		M8	0,31
	M9	0,43		M9	0,23
	M10	0,99		M10	0,68
M11	0,43	M11	0,31		

SISMO EN Y			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
	M12	0,88		M12	0,58
	M13	1,51		M13	0,97
	M13(M18)	0,26		M13(M18)	0,26
	M13 (M19)	1,59		M13 (M19)	1,02

Como se puede ver en las Tablas VII.9 y VII.12 la relación Demanda/Capacidad excede la unidad para todos los muros de los Modelos 1 y 2 en el caso global (aplicación de la acción sísmica simultáneamente en la direcciones X,Y), lo mismo ocurre en la mayoría de los muros en los casos individuales (aplicación de la acción sísmica solo en X o Y), esto sucede por no poseer un sistema estructural que sea capaz de resistir las acciones provenientes del sismo en la dirección X de la edificación, lo que conduce a un mecanismo de falla frágil. Sin embargo, es posible notar en las Tablas VII.11 y VII.14 que estos valores disminuyen debido al sistema de muros presente en la dirección Y del edificio, que son los únicos encargados de resistir la demanda, aunque no de forma suficiente, porque se observa que algunos muros continúan sin cumplir con la relación Demanda/Capacidad.

En la sección VI.4.2 se comentó porqué se utilizó uno (1) como el factor de reducción de respuesta (R). No obstante, es importante agregar que si se usara el factor de reducción de respuesta máximo establecido por la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 el cual es 4,5 para estructuras con Nivel de Diseño 3 y sistema estructural Tipo III, se estaría planteando la condición menos desfavorable de la estructura desde el punto de vista de fuerza. De todos modos, si se quisiera hacer la evaluación probando con este valor, la relación Demanda/Capacidad de los muros probablemente continuaría superando la unidad, ya que los valores presentados en las Tablas VII.9 y VII.12 superaron el 4,5. Se debe tener presente que el factor R es una referencia usada para la reducción de las fuerzas sísmicas y al elevar este valor no se está aumentando la capacidad de la estructura, simplemente están disminuyendo las acciones que vienen dadas por el espectro de diseño, y que a su vez representan la demanda.

- **Modelo 3**

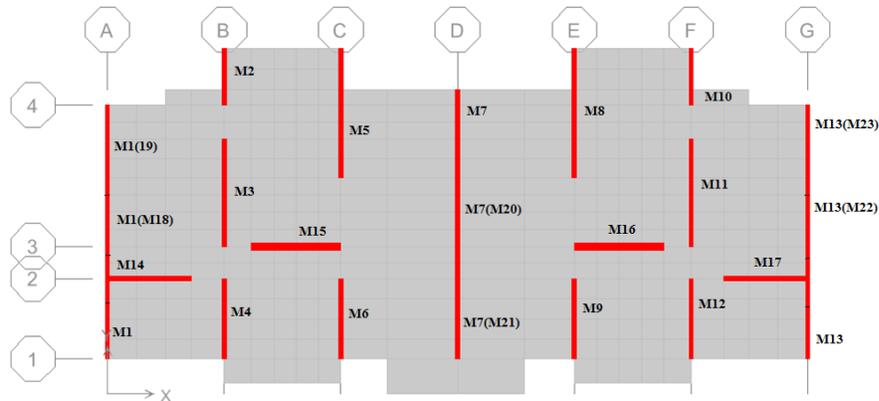


Figura VII.3. Planta Tipo del Modelo 3 y Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla VII.15. Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN X,Y		D/C			
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	7,03	N2	M1	5,35
	M1(M18)	2,47		M1(M18)	2,00
	M1 (M19)	3,45		M1 (M19)	2,97
	M2	2,68		M2	2,61
	M3	1,69		M3	2,16
	M4	2,33		M4	2,63
	M5	3,57		M5	3,33
	M6	2,67		M6	2,33
	M7	1,02		M7	1,02
	M7(M20)	0,77		M7(M20)	1,41
	M7 (M21)	2,56		M7 (M21)	2,43
	M8	2,24		M8	2,21
	M9	2,67		M9	2,33
	M10	2,68		M10	2,60
	M11	1,69		M11	2,16
	M12	2,33		M12	2,62
	M13	1,48		M13	1,14
M13 (M22)	2,47	M13 (M22)	2,00		
M13 (M23)	3,44	M13 (M23)	2,95		
M14	7,67	M14	5,87		
M15	5,15	M15	3,39		
M16	5,15	M16	3,39		
M17	7,67	M17	5,87		

Tabla VII.16. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección X.
Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN X		D/C			
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	5,24	N2	M1	4,20
	M1(M18)	2,35		M1(M18)	1,86
	M1 (M19)	1,23		M1 (M19)	1,31
	M2	0,95		M2	1,30
	M3	1,03		M3	1,52
	M4	0,88		M4	1,50
	M5	1,81		M5	2,19
	M6	1,98		M6	1,82
	M7	0,11		M7	0,31
	M7(M20)	0,33		M7(M20)	1,00
	M7 (M21)	0,30		M7 (M21)	0,75
	M8	1,30		M8	1,52
	M9	1,99		M9	1,83
	M10	0,95		M10	1,22
	M11	1,07		M11	1,52
	M12	0,88		M12	1,50
	M13	1,19		M13	0,93
M13 (M22)	2,35	M13 (M22)	1,86		
M13 (M23)	1,23	M13 (M23)	1,31		
M14	6,20	M14	4,46		
M15	4,73	M15	2,82		
M16	4,73	M16	2,82		
M17	6,19	M17	4,46		

Tabla VII.17. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección Y.
Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN Y		D/C			
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	4,39	N2	M1	3,08
	M1(M18)	0,44		M1(M18)	0,44
	M1 (M19)	3,29		M1 (M19)	2,50
	M2	2,58		M2	2,12
	M3	1,03		M3	0,88
	M4	2,16		M4	1,68
	M5	2,88		M5	2,12
	M6	1,57		M6	1,19
	M7	0,84		M7	0,66
	M7(M20)	0,28		M7(M20)	0,29

SISMO EN Y			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
	M7 (M21)	2,39		M7 (M21)	1,79
	M8	1,64		M8	1,25
	M9	1,58		M9	1,19
	M10	2,58		M10	2,11
	M11	1,03		M11	0,88
	M12	2,16		M12	1,67
	M13	0,78		M13	0,58
	M13 (M22)	0,44		M13 (M22)	0,44
	M13 (M23)	3,28		M13 (M23)	2,50
	M14	3,02		M14	2,85
	M15	0,54		M15	1,06
	M16	0,54		M16	1,06
	M17	3,02		M17	2,85

En la Tabla VII.15 se aprecia que la relación Demanda/Capacidad excede nuevamente la unidad. Así mismo se puede ver en la Tabla VII.16 que los muros que se encuentran en la dirección X del edificio (M14, M15, M16 y M17) son los que presentaron valores máximos, porque están más demandados, ya que son los únicos dispuestos en esta dirección.

En la Tabla VII.17 se observa que los muros M15 y M16 cumplen con la relación Demanda/Capacidad a pesar de estar orientados en su eje débil (dirección Y), esto es debido a que su sección es rectangular, puesto que no se encuentran directamente conectados con otros muros (Ver Figura VII.3), por lo tanto estarán sometidos a una menor demanda sísmica en la dirección Y del edificio. También se observó que los muros M14 y M17 continúan manteniendo valores de la relación Demanda/Capacidad por encima de la unidad, estos muros son de sección “T”, motivo por el cual son más rígidos debido a la presencia de las alas de sus secciones ubicadas en la dirección Y, lo que a su vez hace que reciban la mayor parte de la demanda sísmica en esa dirección, aumentando de esta forma el valor de la relación Demanda/Capacidad.

Con respecto al factor de reducción de respuesta que se definió en la sección VI.4.2 ($R=1$), es importante comentar que si se utiliza un factor R igual a 1,5 tal como lo expresa la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 para edificaciones Tipo III

con Nivel de Diseño 1, la relación Demanda/Capacidad de los muros seguirá superando la unidad, ya que los valores presentados en la Tabla VII.15 superaron 1,5. Esto se puede apreciar en el la Tabla VII.18, en la cual se presentan los resultados para este modelo, luego de realizarle una variación en el espectro de diseño, sustituyendo el valor del factor $R=1$ por el de $R= 1,5$.

Tabla VII.18. Comparación de los valores de Demanda/Capacidad con $R=1$ y $R=1,5$. Modelo 3.
Fuente: Elaboración propia.

SISMO EN X,Y		D/C	
		Base	
Nivel	Muro	R= 1	R=1,5
N1	M1	7,03	4,60
	M1(M18)	2,47	1,57
	M1 (M19)	3,45	2,24
	M2	2,68	1,69
	M3	1,69	1,04
	M4	2,33	1,46
	M5	3,57	2,25
	M6	2,67	1,64
	M7	1,02	0,62
	M7(M20)	0,77	0,44
	M7 (M21)	2,56	1,57
	M8	2,24	1,36
	M9	2,67	1,64
	M10	2,68	1,69
	M11	1,69	1,04
	M12	2,33	1,46
	M13	1,48	0,96
M13 (M22)	2,47	1,56	
M13 (M23)	3,44	2,24	
M14	7,67	5,06	
M15	5,15	3,31	
M16	5,15	3,31	
M17	7,67	5,06	

VII.4.2 Demanda capacidad a flexión de los modelos modificados

- Modelo 3.1

Este modelo es una modificación del modelo 3, que se realizó inicialmente con fines de evaluar el período fundamental de la estructura, pero adicionalmente se decidió determinar la relación Demanda/Capacidad para observar su variación al disminuir el número de niveles del edificio (de ocho a cinco niveles).

Tabla VII.19. Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y. Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN X,Y		D/C			
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	2,96	N2	M1	1,94
	M1(M18)	1,06		M1(M18)	0,78
	M1 (M19)	1,47		M1 (M19)	1,14
	M2	0,95		M2	0,92
	M3	0,80		M3	0,98
	M4	0,97		M4	1,08
	M5	1,43		M5	1,23
	M6	1,03		M6	0,83
	M7	0,41		M7	0,38
	M7(M20)	0,38		M7(M20)	0,68
	M7 (M21)	1,09		M7 (M21)	0,96
	M8	0,88		M8	0,81
	M9	1,03		M9	0,83
	M10	0,95		M10	0,92
	M11	0,80		M11	0,98
	M12	0,96		M12	1,08
	M13	0,62		M13	0,42
M13 (M22)	1,06	M13 (M22)	0,77		
M13 (M23)	1,47	M13 (M23)	1,14		
M14	4,00	M14	2,74		
M15	2,74	M15	1,54		
M16	2,74	M16	1,54		
M17	4,00	M17	2,74		

Tabla VII.20. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección X.
Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN X		D/C			
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	2,15	N2	M1	1,52
	M1 (M18)	1,01		M1(M18)	0,70
	M1(M19)	0,49		M1 (M19)	0,53
	M2	0,35		M2	0,49
	M3	0,50		M3	0,73
	M4	0,38		M4	0,67
	M5	0,67		M5	0,86
	M6	0,78		M6	0,71
	M7	0,06		M7	0,15
	M7(M20)	0,17		M7(M20)	0,49
	M7(M21)	0,16		M7 (M21)	0,37
	M8	0,46		M8	0,60
	M9	0,78		M9	0,71
	M10	0,35		M10	0,49
	M11	0,50		M11	0,73
	M12	0,38		M12	0,67
	M13	0,49		M13	0,35
M13(M22)	1,01	M13 (M22)	0,70		
M13(M23)	0,49	M13 (M23)	0,54		
M14	3,39	M14	2,05		
M15	2,59	M15	1,28		
M16	2,59	M16	1,28		
M17	3,39	M17	2,05		

Tabla VII.21. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección Y.
Modelo 3.1. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN Y		D/C			
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	1,91	N2	M1	1,08
	M1 (M18)	0,18		M1(M18)	0,19
	M1 (M19)	1,38		M1 (M19)	0,89
	M2	0,88		M2	0,62
	M3	0,42		M3	0,32
	M4	0,78		M4	0,50
	M5	1,01		M5	0,56
M6	0,49	M6	0,28		

SISMO EN Y		D/C			
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
	M7	0,31		M7	0,20
	M7 (M20)	0,14		M7(M20)	0,12
	M7 (M21)	0,97		M7 (M21)	0,61
	M8	0,51		M8	0,29
	M9	0,49		M9	0,28
	M10	0,88		M10	0,62
	M11	0,42		M11	0,32
	M12	0,78		M12	0,50
	M13	0,32		M13	0,20
	M13(M22)	0,18		M13 (M22)	0,19
	M13 (M23)	1,38		M13 (M23)	0,89
	M14	1,14		M14	1,37
	M15	0,22		M15	0,46
	M16	0,22		M16	0,46
	M17	1,49		M17	1,37

Al comparar el Modelo 3 con el Modelo 3.1 es notable que la relación Demanda/Capacidad se reduce en todas los casos de aplicación de carga sísmica, debido a que hay un menor número de niveles y por lo tanto menor demanda sobre los muros. Sin embargo, los muros M14, M15, M16 y M17 siguen teniendo valores de relación Demanda/Capacidad superiores a la unidad porque están muy exigidos en la dirección X del edificio (Ver Tabla VII.19).

Al comparar los Modelos 1 y 2 con el Modelo 3.1 es evidente que la presencia de muros en las dos direcciones contribuye a disminuir los valores de la relación Demanda/Capacidad en el Modelo 3.1, ya que a pesar de tener igual número de niveles éste presentó valores menores, debido a la presencia de algunos muros en la dirección larga, aumentando la capacidad de la edificación ante la acción sísmica. Sin embargo, al igual que en el Modelo 3 los muros dispuestos en esta dirección son pocos y por esto insuficientes, ya que los valores de Demanda/Capacidad aunque sí disminuyeron siguen siendo mayores a la unidad.

En este caso en particular, si se utiliza un factor R igual a 1,5, el cual implica que la estructura permite disipar cierta energía, un número considerable de muros comenzaría a disminuir su relación Demanda/Capacidad alcanzando valores menores

a la unidad, pero aun así, algunos muros como los que se encuentran en la dirección X del edificio seguirán sin cumplir con esta relación. Esto se puede evidenciar en la Tabla VII.22, donde se presentan los resultados para este modelo, luego de realizarle una variación en el espectro de diseño, sustituyendo el valor del factor $R=1$ por el de $R=1,5$.

Tabla VII.22. Comparación de los valores de Demanda/Capacidad con $R=1$ y $R=1,5$. Modelo 3.1.
Fuente: Elaboración propia.

SISMO EN X,Y		D/C	
		Base	
Nivel	Muro	R= 1	R=1,5
N1	M1	2,96	1,86
	M1(M18)	1,06	0,65
	M1 (M19)	1,47	0,90
	M2	0,95	0,56
	M3	0,80	0,46
	M4	0,97	0,56
	M5	1,43	0,84
	M6	1,03	0,59
	M7	0,41	0,22
	M7(M20)	0,38	0,20
	M7 (M21)	1,09	0,61
	M8	0,88	0,51
	M9	1,03	0,59
	M10	0,95	0,56
	M11	0,80	0,46
	M12	0,96	0,56
	M13	0,62	0,39
M13 (M22)	1,06	0,65	
M13 (M23)	1,47	0,90	
M14	4,00	2,58	
M15	2,74	1,73	
M16	2,74	1,73	
M17	4,00	2,57	

- **Modelo 3.2**

Este modelo es una modificación del Modelo 3 al cual se le sustituyó la sección “T” a los muros M14 y M17, ubicados en la dirección larga del edificio, por una sección rectangular, con el fin de evaluar el comportamiento a flexión de los mismos y el efecto que tiene la selección de la sección “T” en estos muros.

Tabla VII.23. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en las direcciones X, Y. Modelo 3.2. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN X,Y			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M14	4,07	N2	M14	2,52
	M15	5,15		M15	3,39
	M16	5,15		M16	3,39
	M17	4,07		M17	2,52

Tabla VII.24. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección X. Modelo 3.2. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN X			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M14	3,83	N2	M14	2,17
	M15	4,73		M15	2,82
	M16	4,73		M16	2,82
	M17	3,83		M17	2,17

Tabla VII.25. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección Y. Modelo 3.2. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN Y			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M14	0,80	N2	M14	0,77
	M15	0,54		M15	1,06
	M16	0,54		M16	1,06
	M17	0,80		M17	0,77

En las Tablas VII.23 y VII.24, es notable que los valores de Demanda/Capacidad continúan superando la unidad para los muros M14 y M17, pero se puede ver que estos valores se reducen en comparación a los obtenidos en el Modelo 3, donde se utilizó la sección “T” para dichos muros (Ver Tablas VII.15, VII.16 y VII.17). Esto ocurre porque parte del efecto de la sección “T” es dar más rigidez en el sentido del eje débil de esos muros y por lo tanto absorber parte de las fuerzas provenientes del sismo en ese sentido, lo que justifica que los muros tengan mayor demanda en el Modelo 3.

Cuando el muro es en forma de “T” (Modelo 3), aun estando el ala ubicada en la dirección Y, donde hay más muros en el edificio, ese muro también absorbe parte de la fuerza por el efecto de dicha ala. Al cambiar la sección del muro eliminando el ala (Modelo 3.2), el valor de la Demanda/Capacidad en la dirección Y bajó a 0,80 (Tabla VII.25), lo cual ratifica lo que ya se ha mencionado, es decir, que en esta dirección aunque el muro es débil el efecto del ala lo hace rígido y por lo tanto absorbe más fuerza que sin ésta (Modelo 3.2).

Es importante que cuando en los edificios se presente la conexión de dos (2) muros ortogonales, se haga la distinción entre si la sección de dichos muros es en “T” o rectangular, porque generalmente, en edificios Tipo Túnel, al momento de la construcción estos muros se vacían monolíticamente, lo que resultaría en muros con sección “T”, pero como se observó el comportamiento es distinto al que tendrían si se colocara una junta o separación entre los muros, dejándolos como muros rectangulares en los cuales se presenta una demanda menor.

- **Modelo 3.3**

Este modelo es una modificación del Modelo 3.1, donde se le sustituyó a toda la edificación el acero de refuerzo principal constituido por mallas electrosoldadas de 6 mm de diámetro por barras de 1/2” de diámetro, con la finalidad de observar la variación de la relación Demanda/Capacidad de los muros.

Tabla VII.26. Relación Demanda/Capacidad con la aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y. Modelo 3.3 con barras de 1/2". Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN X,Y			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	1,24	N2	M1	0,82
	M1(M18)	0,33		M1(M18)	0,25
	M1 (M19)	0,53		M1 (M19)	0,42
	M2	0,40		M2	0,39
	M3	0,35		M3	0,42
	M4	0,38		M4	0,44
	M5	0,62		M5	0,52
	M6	0,40		M6	0,36
	M7	0,39		M7	0,37
	M7(M20)	0,19		M7(M20)	0,30
	M7 (M21)	0,41		M7 (M21)	0,37
	M8	0,34		M8	0,32
	M9	0,40		M9	0,33
	M10	0,40		M10	0,39
	M11	0,35		M11	0,42
	M12	0,38		M12	0,44
	M13	1,24		M13	0,82
M13 (M22)	0,33	M13 (M22)	0,25		
M13 (M23)	0,53	M13 (M23)	0,42		
M14	0,89	M14	0,50		
M15	1,26	M15	0,77		
M16	1,26	M16	0,77		
M17	0,89	M17	0,50		

Tabla VII.27. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección X. Modelo 3.3 con barras de 1/2". Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN X			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	0,92	N2	M1	0,67
	M1 (M18)	0,31		M1(M18)	0,22
	M1(M19)	0,21		M1 (M19)	0,22
	M2	0,17		M2	0,23
	M3	0,22		M3	0,31
	M4	0,20		M4	0,31
	M5	0,27		M5	0,36
	M6	0,28		M6	0,28
	M7	0,13		M7	0,18
	M7(M20)	0,13		M7(M20)	0,21
	M7(M21)	0,12		M7 (M21)	0,18

SISMO EN X			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
	M8	0,18		M8	0,23
	M9	0,28		M9	0,28
	M10	0,17		M10	0,23
	M11	0,22		M11	0,31
	M12	0,20		M12	0,34
	M13	0,92		M13	0,67
	M13(M22)	0,31		M13 (M22)	0,22
	M13(M23)	0,21		M13 (M23)	0,22
	M14	0,85		M14	0,44
	M15	1,19		M15	0,62
	M16	1,19		M16	0,62
	M17	0,85		M17	0,44

Tabla VII.28. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en dirección Y. Modelo 3.3 con barras de 1/2". Elaboración Propia.

SISMO EN Y			D/C		
Nivel	Muro	Base	Nivel	Muro	Base
N1	M1	0,80	N2	M1	0,45
	M1 (M18)	0,08		M1(M18)	0,08
	M1(M19)	0,46		M1 (M19)	0,30
	M2	0,33		M2	0,23
	M3	0,20		M3	0,15
	M4	0,27		M4	0,17
	M5	0,46		M5	0,25
	M6	0,21		M6	0,13
	M7	0,31		M7	0,19
	M7(M20)	0,11		M7(M20)	0,10
	M7(M21)	0,33		M7 (M21)	0,21
	M8	0,21		M8	0,14
	M9	0,21		M9	0,13
	M10	0,33		M10	0,23
	M11	0,20		M11	0,15
	M12	0,27		M12	0,17
	M13	0,80		M13	0,45
	M13(M22)	0,08		M13 (M22)	0,08
	M13(M23)	0,46		M13 (M23)	0,30
	M14	0,13		M14	0,11
M15	0,18	M15	0,22		
M16	0,18	M16	0,22		
M17	0,13	M17	0,11		

Comparando este modelo con los mencionados anteriormente se puede apreciar que en las Tablas VII.26, VII.27 y VII.28 los valores de Demanda/Capacidad no están superando la unidad en la mayoría de los muros, demostrando de este modo que al sustituir las mallas electrosoldadas de 6 mm por barras con resaltes de un diámetro mayor, se aumenta ampliamente la capacidad resistente de los muros a flexión.

La Norma Venezolana Fondonorma 1753:2006 en su Capítulo 14 dedicado a muros estructurales, al hablar del acero de refuerzo, establece la colocación de acero en las dos direcciones ortogonales en el plano del muro, pero no restringe el uso de mallas de alambres electrosoldados.

Por otra parte es importante tomar en cuenta que para este tipo de edificaciones en otros países como Perú (Norma E.030 Diseño Sismorresistente), es limitado el uso de mallas electrosoldadas que no cumplan con las características de ductilidad del acero convencional ($f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$), permitiéndose su uso en edificaciones con un máximo de tres pisos de altura, y en edificios más altos en los últimos pisos.

VII.5. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A CORTE

Para los modelos principales se realizó la revisión de los requerimientos establecidos en el Capítulo 14 de la Norma Venezolana Fondonorma 1753:2006, que debe cumplir el acero de refuerzo para resistir el corte en los muros estructurales.

En primer lugar se verificó lo establecido en la sección 14.3.2 donde se evalúa la necesidad de colocar el acero de refuerzo en al menos dos capas paralelas a las caras del muro, según se cumpla la relación indicada en la expresión Ec. 19.

En la Tabla VII.29 se presenta de manera resumida la verificación realizada al Modelo 1, y se observa que solo los muros ubicados en los extremos del edificio requieren acero de refuerzo en las dos capas paralelas a la cara del muro, por lo que se puede decir que los edificios a los cuales representa este modelo (Grupo 1),

cumplen con este requerimiento, debido a que todos sus muros cuentan con acero de refuerzo en dos capas paralelas a las caras de los muros.

En la Tabla VII.30 se aprecia que en el Modelo 2 solo los muros de mayor longitud requieren acero de refuerzo en dos capas paralelas a la cara del muro, por lo que se puede afirmar que los edificios a los cuales representa este modelo (Grupo 2), cumplen con este requerimiento, debido a que todos sus muros cuentan con acero de refuerzo en dos capas paralelas a las caras de los muros.

En la Tabla VII.31 se observa que en el Modelo 3 la mayoría de los muros requieren acero de refuerzo en las dos capas paralelas a la cara del muro, por lo que se puede decir que los edificios a los cuales representa este modelo (Grupo 3), cumplen con este requerimiento, debido a que todos sus muros presentan acero de refuerzo en dos capas paralelas a las caras de los muros.

$$V_u > 0,53\sqrt{f'c}A_{cv} \quad (\text{Ec. 19})$$

Tabla VII.29. Verificación del acero de refuerzo para resistir el corte. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

Muro	Vu (Kgf)	L (cm)	Acv (cm ²)	$0,53\sqrt{f'c}A_{cv}$	$V_u > 0,53\sqrt{f'c}A_{cv}$
M1	36114	275	3850	32263	Requiere dos mallas paralelas
M1(M14)	23878	194	2716	22760	Requiere dos mallas paralelas
M1(M15)	33987	257	3598	30151	Requiere dos mallas paralelas
M2	10377	156	2184	18302	No requiere dos mallas
M3	32838	307	4298	36017	No requiere dos mallas
M4	18338	228	3192	26749	No requiere dos mallas
M5	31046	364	5096	42705	No requiere dos mallas
M6	14820	228	3192	26749	No requiere dos mallas
M7	30099	275	3850	32263	No requiere dos mallas
M7(M16)	20040	194	2716	22760	No requiere dos mallas
M7(M17)	28144	257	3598	30151	No requiere dos mallas
M8	31049	364	5096	42705	No requiere dos mallas
M9	14819	228	3192	26749	No requiere dos mallas
M10	10381	156	2184	18302	No requiere dos mallas
M11	32857	307	4298	36017	No requiere dos mallas
M12	18338	228	3192	26749	No requiere dos mallas
M13	36128	275	3850	32263	Requiere dos mallas paralelas
M13(M18)	23881	194	2716	22760	Requiere dos mallas paralelas
M13 (M19)	33997	257	3598	30151	Requiere dos mallas paralelas

Tabla VII.30. Verificación del acero de refuerzo para resistir el corte. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.

Muro	Vu (Kgf)	L (cm)	Acv (cm ²)	$0,53\sqrt{f'c}A_{cv}$	$V_u > 0,53\sqrt{f'c}A_{cv}$
M1	32858	275	3294	27604	Requiere dos mallas paralelas
M1(M14)	22276	194	2331	19534	Requiere dos mallas paralelas
M1(M15)	30588	257	3087	25869	Requiere dos mallas paralelas
M2	9965	162	1944	16291	No requiere dos mallas
M3	29523	307	3684	30872	No requiere dos mallas
M4	16520	228	2736	22928	No requiere dos mallas
M5	28724	370	4440	37207	No requiere dos mallas
M6	13329	228	2736	22928	No requiere dos mallas
M7	27913	275	3294	27604	Requiere dos mallas paralelas
M7(M16)	23620	194	2331	19534	Requiere dos mallas paralelas
M7(M17)	26630	257	3087	25869	Requiere dos mallas paralelas
M8	28741	370	4440	37207	No requiere dos mallas
M9	13356	228	2736	22928	No requiere dos mallas
M10	9983	162	1944	16291	No requiere dos mallas
M11	29570	307	3684	30872	No requiere dos mallas
M12	16546	228	2736	22928	No requiere dos mallas
M13	32947	275	3294	27604	Requiere dos mallas paralelas
M13(M18)	22336	194	2331	19534	Requiere dos mallas paralelas
M13 (M19)	30672	257	3087	25869	Requiere dos mallas paralelas

Tabla VII.31. Verificación del acero de refuerzo para resistir el corte. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

Muro	Vu (Kgf)	L(cm)	Acv (cm ²)	$0,53\sqrt{f'c}A_{cv}$	$V_u > 0,53\sqrt{f'c}A_{cv}$
M1	45381	275	3294	27604	Requiere dos mallas paralelas
M1(M18)	29277	194	2331	19534	Requiere dos mallas paralelas
M1 (M19)	46571	257	3087	25869	Requiere dos mallas paralelas
M2	14979	162	1944	16291	No requiere dos mallas
M3	44405	307	3684	30872	Requiere dos mallas paralelas
M4	24241	228	2736	22928	Requiere dos mallas paralelas
M5	41142	370	4440	37207	Requiere dos mallas paralelas
M6	22263	228	2736	22928	No requiere dos mallas
M7	42598	275	3294	27604	Requiere dos mallas paralelas
M7(M20)	30134	194	2331	19534	Requiere dos mallas paralelas
M7 (M21)	38744	257	3087	25869	Requiere dos mallas paralelas
M8	41114	370	4440	37207	Requiere dos mallas paralelas

Muro	Vu (Kgf)	L(cm)	Acv (cm ²)	$0,53\sqrt{f'c}A_{cv}$	$V_u > 0,53\sqrt{f'c}A_{cv}$
M9	22287	228	2736	22928	No requiere dos mallas
M10	14967	162	1944	16291	No requiere dos mallas
M11	44361	307	3684	30872	Requiere dos mallas paralelas
M12	24229	228	2736	22928	Requiere dos mallas paralelas
M13	45348	275	3294	27604	Requiere dos mallas paralelas
M13 (M22)	29239	194	2331	19534	Requiere dos mallas paralelas
M13 (M23)	46521	257	3087	25869	Requiere dos mallas paralelas
M14	110869	244	2928	24537	Requiere dos mallas paralelas
M15	154656	260	5200	43576	Requiere dos mallas paralelas
M16	154632	260	5200	43576	Requiere dos mallas paralelas
M17	110663	244	2928	24537	Requiere dos mallas paralelas

Por otra parte se verificó que la resistencia teórica al corte no supere el límite establecido en la sección 14.4.1 de la Norma Venezolana Fondonorma 1753:2006, correspondiente a un Nivel de Diseño 1. El valor del corte resistido por el concreto se obtuvo como el menor entre las expresiones Ec. 20 y Ec. 21 y se comparó con lo indicado en la expresión Ec. 22. Así mismo el corte atribuido al acero de refuerzo horizontal se obtuvo a través de la expresión Ec. 23, y la resistencia teórica al corte fue obtenida como la suma de las expresiones anteriores (Ec. 24), para finalmente verificar lo establecido en la expresión Ec. 25.

Como se aprecia en las Tablas VII.32, VII.33 y VII.34, los tres modelos cumplen con la verificación de la resistencia al corte en todos los muros, lo que permite afirmar que los edificios a los cuales estos representan, también cumplen con este requisito.

$$V_c = 0,88\sqrt{f'c}b_wd_w + \frac{Nud_w}{4L_w} \quad (\text{Ec. 20})$$

$$V_c = \left[0,16\sqrt{f'c} + \frac{L_w(0,33\sqrt{f'c} + 0,2\frac{Nu}{b_wL_w})}{\left(\frac{Mu}{Vu} - 0,5L_w\right)} \right] b_wd_w \quad (\text{Ec. 21})$$

$$V_c \leq 0,53\sqrt{f'c}b_w d \left(1 + 0,007 \frac{Nu}{A}\right) \quad (\text{Ec. 22})$$

$$V_s = \frac{A_{sh}f_{yt}d_w}{s_h} \quad (\text{Ec. 23})$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (\text{Ec. 24})$$

$$V_n \leq 2,65b_w d_w \sqrt{f'c} \quad (\text{Ec. 25})$$

Tabla VII.32. Verificación por corte. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

Muro	Lw (cm)	dw (cm)	Vc (Kgf)	Vs (Kgf)	Vn (Kgf)	$2,65b_w d_w \sqrt{f'c}$	$V_n < 2,65b_w d_w \sqrt{f'c}$
M1	275	220	25811	62204	88015	129053	El corte Cumple
M1(M14)	194	155	18209	43882	62091	91041	El corte Cumple
M1(M15)	257	206	24122	58132	82254	120605	El corte Cumple
M2	156	125	12720	35286	48007	73208	El corte Cumple
M3	307	246	28815	69442	98257	144070	El corte Cumple
M4	228	182	21400	51572	72973	106996	El corte Cumple
M5	364	291	34165	82335	116500	170819	El corte Cumple
M6	228	182	21400	51572	72973	106996	El corte Cumple
M7	275	220	25812	62204	88015	129053	El corte Cumple
M7(M16)	194	155	18209	43882	62091	91041	El corte Cumple
M7(M17)	257	206	24122	58132	82254	120605	El corte Cumple
M8	364	291	34165	82335	116500	170819	El corte Cumple
M9	228	182	21400	51572	72973	106996	El corte Cumple
M10	156	125	12740	35286	48026	73208	El corte Cumple
M11	307	246	28815	69442	98257	144070	El corte Cumple
M12	228	182	21400	51572	72973	106996	El corte Cumple
M13	275	220	25811	62204	88015	129053	El corte Cumple
M13(M18)	194	155	18209	43882	62091	91041	El corte Cumple
M13 (M19)	257	206	24122	58132	82254	120605	El corte Cumple

Tabla VII.33. Verificación por corte. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.

Muro	Lw (cm)	dw (cm)	Vc (Kgf)	Vs (Kgf)	Vn (Kgf)	$2,65b_w d_w \sqrt{f'c}$	$Vn < 2,65b_w d_w \sqrt{f'c}$
M1	275	220	22084	62090	84174	110415	El corte Cumple
M1(M14)	194	155	15628	43938	59566	78135	El corte Cumple
M1(M15)	257	206	20696	58189	78885	103477	El corte Cumple
M2	162	130	13034	36644	49677	65163	El corte Cumple
M3	307	246	24699	69442	94140	123488	El corte Cumple
M4	228	182	18343	51572	69916	91711	El corte Cumple
M5	370	296	29767	83692	113459	148829	El corte Cumple
M6	228	182	18343	51572	69916	91711	El corte Cumple
M7	275	220	22084	62090	84175	110415	El corte Cumple
M7(M16)	194	155	15628	43938	59566	78135	El corte Cumple
M7(M17)	257	206	20696	58189	78885	103477	El corte Cumple
M8	370	296	29767	83692	113459	148829	El corte Cumple
M9	228	182	18343	51572	69916	91711	El corte Cumple
M10	162	130	13034	36644	49677	65163	El corte Cumple
M11	307	246	24699	69442	94140	123488	El corte Cumple
M12	228	182	18343	51572	69916	91711	El corte Cumple
M13	275	220	22084	62090	84174	110415	El corte Cumple
M13(M18)	194	155	15628	43938	59566	78135	El corte Cumple
M13 (M19)	257	206	20696	58189	78885	103477	El corte Cumple

Tabla VII.34. Verificación por corte. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

Muro	Lw (cm)	dw (cm)	Vc (Kgf)	Vs (Kgf)	Vn (Kgf)	$2,65b_w d_w \sqrt{f'c}$	$Vn < 2,65b_w d_w \sqrt{f'c}$
M1	275	220	22084	62090	84174	110415	El corte Cumple
M1(M18)	194	155	15628	43938	59566	78135	El corte Cumple
M1 (M19)	257	206	20696	58189	78885	103477	El corte Cumple
M2	162	130	6639	36644	43283	65163	El corte Cumple
M3	307	246	24699	69442	94140	123488	El corte Cumple
M4	228	182	18343	51572	69915	91711	El corte Cumple
M5	370	296	29767	83692	113459	148829	El corte Cumple
M6	228	182	48043	51572	68829	91711	El corte Cumple
M7	275	220	20138	62090	82229	110415	El corte Cumple
M7(M20)	194	155	15628	43938	59566	78135	El corte Cumple
M7 (M21)	257	206	18009	58189	78885	103477	El corte Cumple
M8	370	296	29767	83692	113459	148829	El corte Cumple
M9	228	182	17316	51572	68889	91711	El corte Cumple
M10	162	130	6644	36644	43288	65163	El corte Cumple
M11	307	246	24699	69442	94140	123488	El corte Cumple
M12	228	182	18343	51572	69915	91711	El corte Cumple
M13	275	220	22084	62090	84174	110415	El corte Cumple
M13 (M22)	194	155	15628	43938	59566	78135	El corte Cumple
M13 (M23)	257	206	20696	58189	78885	103477	El corte Cumple
M14	244	195	19630	55191	74822	98147	El corte Cumple
M15	260	208	20918	58811	93673	174305	El corte Cumple
M16	260	208	20918	58811	93673	174305	El corte Cumple
M17	244	195	19630	55191	74822	98147	El corte Cumple

A continuación se presenta en las Tablas VII.35, VII.36 y VII.37 la verificación de la resistencia de diseño a corte dada por la expresión $V_u \leq \phi V_n$ ($\phi=0,60$) en la Norma Venezolana Fondonorma 1753:2006 para los modelos principales.

Se puede observar en las Tablas VII.35 y VII. 36 que los Modelos 1 y 2 con muros dispuestos en una sola dirección (dirección Y), satisfacen la resistencia de diseño por corte.

Por otra parte, para el Modelo 3 con muros dispuestos en las dos direcciones ortogonales, se observó que los muros M14, M15, M16 y M17 (orientados en la

dirección X) fueron los únicos que no cumplieron con la resistencia de diseño por corte como se muestra en la Tabla VII.37, ya que al ser los únicos ubicados en la dirección larga del edificio se ven muy comprometidos a corte, a pesar que la resistencia teórica V_n no superó el límite establecido por la norma (Ec. 25).

Tabla VII.35. Verificación de la resistencia de diseño por corte. Modelo 1. Fuente: Elaboración Propia.

Muro	$ Vu $ (Kgf)	V_n (Kgf)	$V_u \leq \phi V_n$
M1	36114	88015	Cumple
M1(M14)	23878	62091	Cumple
M1(M15)	33987	82254	Cumple
M2	10377	48007	Cumple
M3	32838	98257	Cumple
M4	18338	72973	Cumple
M5	31046	116500	Cumple
M6	14820	72973	Cumple
M7	30099	88015	Cumple
M7(M16)	20040	62091	Cumple
M7(M17)	28144	82254	Cumple
M8	31049	116500	Cumple
M9	14819	72973	Cumple
M10	10381	48026	Cumple
M11	32857	98257	Cumple
M12	18338	72973	Cumple
M13	36128	88015	Cumple
M13(M18)	23881	62091	Cumple
M13 (M19)	33997	82254	Cumple

Tabla VII.36. Verificación de la resistencia de diseño por corte. Modelo 2. Fuente: Elaboración Propia.

Muro	$ Vu $ (Kgf)	V_n (Kgf)	$V_u \leq \phi V_n$
M1	32858	84174	Cumple
M1(M14)	22276	59566	Cumple
M1(M15)	30588	78885	Cumple
M2	9965	49677	Cumple
M3	29523	94140	Cumple
M4	16520	69916	Cumple

Muro	$ V_{ul}$ (Kgf)	V_n (Kgf)	$V_u \leq \phi V_n$
M5	28724	113459	Cumple
M6	13329	69916	Cumple
M7	27913	84175	Cumple
M7(M16)	23620	59566	Cumple
M7(M17)	26630	78885	Cumple
M8	28741	113459	Cumple
M9	13356	69916	Cumple
M10	9983	49677	Cumple
M11	29570	94140	Cumple
M12	16546	69916	Cumple
M13	32947	84174	Cumple
M13(M18)	22336	59566	Cumple
M13 (M19)	30672	78885	Cumple

Tabla VII.37. Verificación de la resistencia de diseño por corte. Modelo 3. Fuente: Elaboración Propia.

Muro	$ V_{ul}$ (Kgf)	V_n (Kgf)	$V_u \leq \phi V_n$
M1	45381	84174	Cumple
M1(M18)	29277	59566	Cumple
M1 (M19)	46571	78885	Cumple
M2	14979	43283	Cumple
M3	44405	94140	Cumple
M4	24241	69915	Cumple
M5	41142	113459	Cumple
M6	22263	68829	Cumple
M7	42598	82229	Cumple
M7(M20)	30134	59566	Cumple
M7 (M21)	38744	78885	Cumple
M8	41114	113459	Cumple
M9	22287	68889	Cumple
M10	14967	43288	Cumple
M11	44361	94140	Cumple
M12	24229	69915	Cumple
M13	45348	84174	Cumple
M13 (M22)	29239	59566	Cumple
M13 (M23)	46521	78885	Cumple
M14	110869	74822	No Cumple
M15	154656	93673	No Cumple
M16	154632	93673	No Cumple
M17	110663	74822	No Cumple

CAPÍTULO VIII.

PROPUESTA DE REFORZAMIENTO CONCEPTUAL

En las ciudades de Caracas, Guarenas, Guatire y Maracay se encontraron más de 1.000 edificios construidos bajo el sistema Tipo Túnel. En los muros de los edificios evaluados se obtuvieron valores de la relación Demanda/Capacidad a flexión que superan la unidad; debido a que estos muros no son capaces de resistir las solicitaciones provenientes de un sismo se deben colocar elementos de reforzamiento que sean capaces de disminuir el compromiso de demanda en los mismos. Es por ello que se decidió plantear de manera conceptual una propuesta de reforzamiento para una de las edificaciones con líneas resistentes en una sola dirección, específicamente la evaluada en el Modelo 1, el cual presenta muros de 14 cm de espesor y cinco niveles, correspondiente a los edificios escogidos en el Grupo 1 (Ver Figura VIII.1).

Adicionalmente se realizó, para una edificación con la configuración mostrada inicialmente en el Modelo 3.1 (modelo con muros de 12 cm de espesor y cinco niveles), una propuesta conceptual de lo que debería ser una estructura con muros distribuidos en ambas direcciones tomando como referencia los planos del edificio pertenecientes al Desarrollo Urbanístico Catia La Mar revisados en el Capítulo IV.

Finalmente se menciona una propuesta recomendada por el arquitecto Adah G. Lubecca Ricardo (2006) desarrollada mediante estructura metálica.

La propuesta de reforzamiento debe incluir, entre otros, los siguientes aspectos fundamentales:

El cumplimiento de los requisitos contemplados en las normas de diseño actuales, de acuerdo al tipo de reforzamiento a utilizar. En caso de usar elementos de concreto armado se debe cumplir con las exigencias contempladas en la Norma Venezolana COVENIN 1753-87 “Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones: Análisis y Diseño” y la Norma Venezolana Fondonorma 1753:2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”.

El sistema de reforzamiento tendrá la función de absorber y disipar las solicitaciones provenientes de un sismo de diseño especificado en la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 “Edificaciones Sismorresistentes”, y se tendrá particular cuidado de no sobrepasar los valores límites de desplazamientos permitidos. Por lo tanto, la estructura original seguirá cumpliendo las funciones actuales de soportar todas las cargas provenientes de acciones gravitatorias.

VIII.1. PROPUESTA CONCEPTUAL DE REFORZAMIENTO

La propuesta de reforzamiento consistió en colocar muros en forma de “C” en los extremos de los muros existentes ubicados sobre los ejes “B”, “C”, “E” y “F”, como se muestra en la Figura VIII.2. Entre los ejes “B y C” se conectan los muros nuevos con elementos de acoplamiento y de forma similar entre los ejes “E y F” (Ver Figura VIII.3). En la cercanía de los muros en forma de “C” se plantea armar parte de la losa para generar la conexión con los nuevos elementos estructurales. Los muros y los elementos de acoplamiento que son parte de la nueva estructura son de 20 cm de espesor y están armados con barras de diámetro 1/2”. Con la geometría definitiva se garantiza que la relación Demanda/Capacidad de los muros existentes no supere la unidad, como se observa en la Tabla VIII.1.

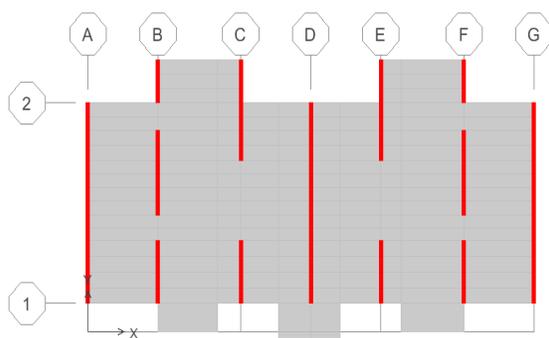


Figura VIII.1. Planta Tipo del Modelo 1.
Fuente: Elaboración propia.

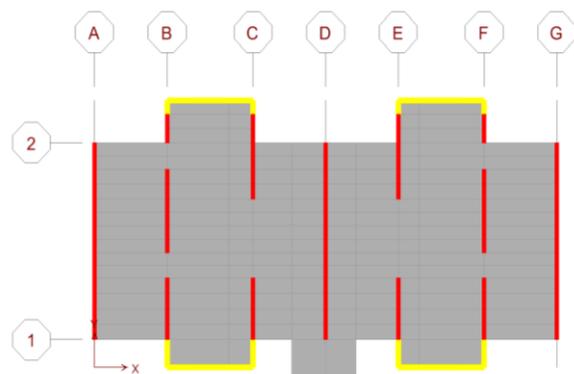


Figura VIII.2. Planta Tipo de Modelo con muros de refuerzo. Fuente: Elaboración propia

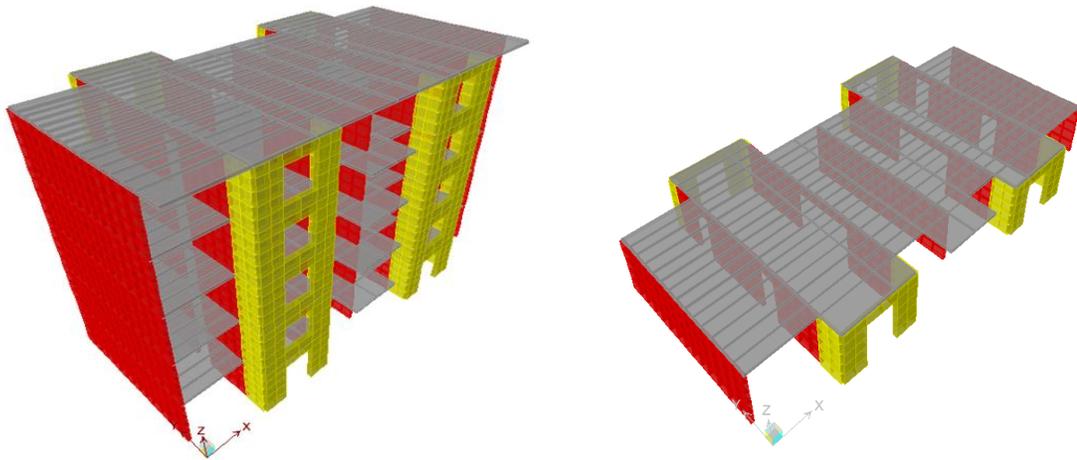


Figura VIII.3. Vista 3D del edificio con reforzamiento (Izq.) Vista 3D de una planta tipo (Der.). Fuente: Elaboración propia.

El factor de reducción de respuesta utilizado inicialmente en el análisis del Modelo 1 fue igual a uno (1), pero al incorporar el sistema de reforzamiento al edificio de forma de contribuir con la disipación de energía, se consideró un factor R igual a 3, correspondiente al Nivel de Diseño 2, pero es importante mencionar que en estructuras reforzadas la selección del factor R es punto de discusión clave, el cual no pretende ser evaluado ni discutido en este Trabajo Especial de Grado.

Tabla VIII.1. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y. Modelo con reforzamiento. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN X,Y		D/C	
		Sin reforzamiento	Con reforzamiento
		R=1	R=3
Nivel	Muro	Base	
N1	M1	6,95	0,39
	M1(M14)	7,33	0,16
	M1(M15)	6,93	0,39
	M2	6,19	0,43
	M3	6,77	0,24
	M4	6,72	0,38
	M5	6,68	0,38

SISMO EN X,Y		D/C	
		Sin reforzamiento	Con reforzamiento
		R=1	R=3
Nivel	Muro	Base	
	M6	6,20	0,37
	M7	6,73	0,24
	M7(M16)	6,74	0,12
	M7(M17)	6,56	0,25
	M8	6,68	0,35
	M9	6,20	0,32
	M10	6,19	0,41
	M11	6,77	0,23
	M12	6,72	0,35
	M13	6,95	0,40
	M13(M18)	7,33	0,16
	M13 (M19)	6,93	0,39

Con la incorporación del reforzamiento se observó que el período fundamental para el primer modo de vibración disminuyó considerablemente de 0,57 s a 0,19 s, obteniéndose así un período bajo, característico de las estructuras rígidas, y al comparar este valor con el obtenido por la ecuación sugerida para estimar períodos de estructuras rígidas con muros de concreto $T=N/20$, con la cual el período resulta $T=0,25$ s, es notable que los valores se asemejan un poco más.

VIII.2. PROPUESTA CONCEPTUAL DE DISTRIBUCIÓN DE MUROS

Esta propuesta conceptual comprende una configuración de muros distribuidos en ambas direcciones ortogonales, usando como referencia la distribución de los muros revisada en los planos pertenecientes al edificio del Desarrollo Urbanístico Catia La Mar descrito en el Capítulo IV, conservando el armado con mallas electrosoldadas y espesores de muros y losas de 12 cm. Se tomó como base la disposición de muros presentada para el Modelo 3.1 (Ver Figura VIII.4 Izq.), a la cual se le incorporó posteriormente una mayor densidad de muros en planta en la dirección larga de la edificación pasando de un 0,92% a un 1,68%. Los muros

incorporados se indican en planta en la Figura VIII.4 (Der) y se observan en una vista 3D en la Figura VIII.5.

Al igual que el Modelo 1 el factor de reducción de respuesta utilizado inicialmente en el análisis para el Modelo 3.1 fue uno (1). Al incorporar más muros en la dirección larga del edificio que contribuyan con la disipación de energía, se consideró para esta propuesta conceptual un factor R mayor, igual a 3, correspondiente al Nivel de Diseño 2.

Se realizó inicialmente la corrección por cortante basal y se revisaron los valores de la relación Demanda/Capacidad a flexión de los muros ubicados inicialmente en planta, observándose que los mismos no superaron la unidad (Ver Tabla VIII.2). De esta forma se demuestra que si en el diseño de estas edificaciones se aumenta la densidad de muros en la dirección larga del edificio (dirección débil) se obtiene un mejor comportamiento a flexión de la estructura ante eventos sísmicos.

Es importante resaltar que esta propuesta no es parte de un reforzamiento estructural de las edificaciones construidas bajo el sistema Tipo Túnel, porque el enfoque de la misma está basado en una nueva distribución de muros en planta que permita dar una solución viable al diseño estructural de estos edificios, en el caso particular que se siga armando con mallas electrosoldadas, espesores reducidos y manteniendo el uso de encofrados prefabricados en forma de semitúneles. Se debe tener presente que para la construcción de estos edificios será necesario hacer una combinación de encofrados donde se incluya el encofrado prefabricado y un encofrado manoportable, de manera tal que la incorporación de los nuevos muros no afecte el sistema constructivo utilizado usualmente.

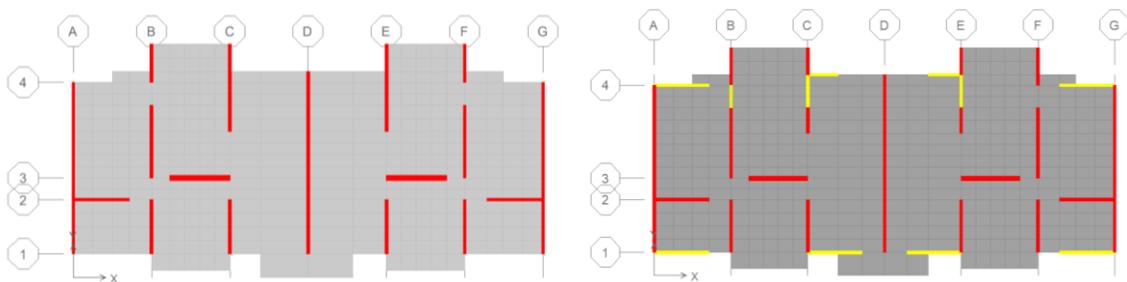


Figura VIII.4. Planta tipo del Modelo 3.1 (Izq.). Planta Tipo de la propuesta conceptual de incorporación de mayor densidad de muros (Der.). Fuente: Elaboración Propia.

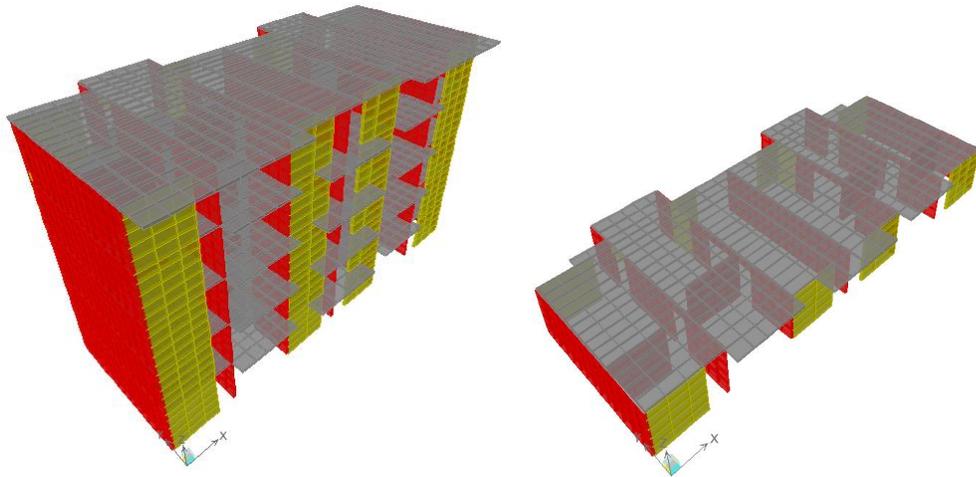


Figura VIII.5. Vista 3D de edificio con propuesta conceptual de incorporación de muros (Izq.) Vista 3D de planta tipo del edificio con incorporación de muros (Der.) Fuente: Elaboración Propia.

Tabla VIII.2. Relación Demanda/Capacidad con aplicación de la Acción Sísmica en direcciones X, Y. Modelo con nueva distribución de muros en planta. Fuente: Elaboración Propia.

SISMO EN X,Y		D/C
		R=3
Nivel	Muro	Base
N1	M1	0,64
	M1(M18)	0,2
	M1 (M19)	0,32
	M2	0,22
	M3	0,13
	M4	0,16
	M5	0,25
	M6	0,13
	M7	0,05
	M7(M20)	0,11
	M7 (M21)	0,19
	M8	0,12
	M9	0,13
	M10	0,22
	M11	0,12
	M12	0,16
	M13	0,13
M13 (M22)	0,2	
M13 (M23)	0,28	
M14	0,84	
M15	0,42	
M16	0,42	
M17	0,84	

VIII.3. PROPUESTA SUGERIDA POR OTROS AUTORES

Esta propuesta de reforzamiento para edificaciones diseñadas bajo el sistema de muros es planteada por el arquitecto Adah G. Lubecca Ricardo (2006) en su trabajo especial de grado, desarrollada en la Urbanización Vicente Emilio Sojo ubicada en Guarenas - Guatire, la cual comprende la incorporación de contrafuertes habitables y/o no habitables colocados a ambos extremos de la edificación en el sentido de su eje longitudinal, manteniendo la distribución inicial del edificio. Ambas propuestas están

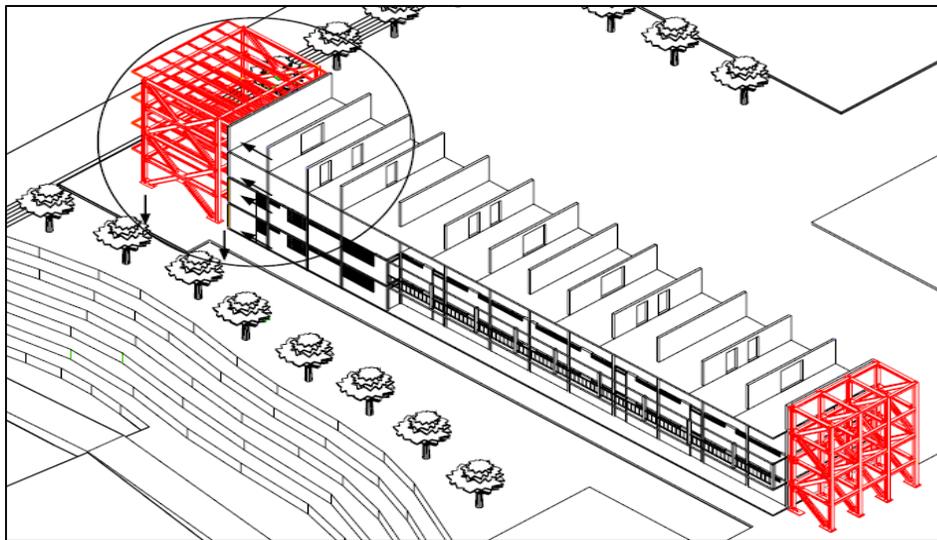


Figura VIII.6. Vista 3D de edificio con propuesta de reforzamiento con contrafuertes.
Fuente: Adah G. Lubecca Ricardo (2006)

diseñadas con estructuras metálicas como se observan en las Figura VIII.6.

Las propuestas mencionadas anteriormente requerirán de un estudio detallado para su aplicación, así como la verificación de los muros a corte y el chequeo de desplazamientos laterales, entre otros.

CAPÍTULO IX.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo de la investigación se revisaron los planos estructurales y arquitectónicos de 23 edificaciones de uso residencial construidos bajo el sistema Tipo Túnel ubicados en las ciudades de Caracas, Guarenas, Guatire y Maracay, los cuales representan a un total de más de 1000 edificios. Posteriormente estos edificios fueron clasificados en cuatro Grupos de acuerdo a la dirección y espesor de sus muros, configuración del sistema Tipo Túnel Tradicional y similitud arquitectónica y estructural. Se realizaron tres modelos matemáticos principales y tres modelos derivados de estos, con algunas modificaciones, que simularon la cantidad de niveles y el espesor de los muros representativos de los Grupos I, II y III respectivamente, permitiendo de esta forma, estudiar el comportamiento a flexión que poseen las estructuras Tipo Túnel.

IX.1. CONCLUSIONES

Una vez revisada la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 “Diseño Sismorresistente” se identificaron los parámetros aplicables al diseño de muros estructurales como el factor de reducción de respuesta, el período fundamental y los límites de los desplazamientos laterales. En esta norma no se hace ninguna distinción entre los valores de estos parámetros para las estructuras de muros convencionales y las estructuras Tipo Túnel, por lo tanto los mismos podrán ser utilizados como referencia para la aplicación en su diseño sismorresistente, es decir, cualquier edificación donde el sistema estructural este conformado por muros delgados podrá ser clasificada como Tipo III.

De igual forma, se identificó en el Capítulo 14 para el diseño de muros estructurales de la Norma Fondonorma 1753:2006 “Proyecto y construcción de obras en concreto estructural”, que el espesor mínimo para muros es 10 cm. En las estructuras Tipo Túnel revisadas durante la presente investigación se pudo observar que todas cumplen con esta especificación. También se observó que esta norma no restringe el uso de mallas de alambres electrosoldados como acero de refuerzo.

La carencia de un sistema estructural que sea capaz de absorber y disipar la energía proveniente de la acción sísmica en la dirección larga de la edificación, permite considerar que las estructuras Tipo Túnel con este tipo de configuración no cumplen con los fundamentos básicos de análisis y diseño sismorresistente expuestos en la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 “Diseño Sismorresistente”.

Los edificios con muros en una dirección presentaron períodos para el primer modo de vibración semejantes a los correspondientes a pórticos de concreto armado, mientras que los edificios con muros en las dos direcciones presentaron períodos más apropiados para estructuras rígidas con muros.

Las edificaciones cumplen con los desplazamientos laterales en ambas direcciones, alcanzando valores mucho menores a los máximos establecidos por la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001.

Se determinó que los edificios con muros en una sola dirección, clasificados como Grupos I y II son vulnerables a la acción sísmica, ya que no cumplen con la relación Demanda/Capacidad a flexión, debido a la carencia de líneas resistentes en la dirección larga.

La presencia de algunos muros en la dirección larga de los edificios, clasificados como Grupo III, evidentemente es una condición que influyó en el comportamiento a flexión de estas estructuras, debido a que los valores de la relación Demanda/Capacidad disminuyeron con respecto a los obtenidos para las estructuras con muros ubicados en una única dirección. Sin embargo, la resistencia a flexión y a corte de estos elementos estructurales fue insuficiente para soportar la demanda sísmica.

La evaluación de las edificaciones con configuración Tipo Túnel tradicional, definidas en esta investigación, realizada mediante la elaboración de los modelos matemáticos permitió conocer el grado de vulnerabilidad sísmica que poseen este tipo de estructuras. Cuando existen muros dispuestos en una dirección, la edificación es totalmente vulnerable a la acción sísmica, igualmente cuando las estructuras presentan muros en ambas direcciones, pero en una de ellas la densidad de muros es mucho menor con respecto a la otra.

IX.2. RECOMENDACIONES

Realizar propuestas para incorporar en la normativa sísmica venezolana, los parámetros a utilizar en el diseño sismorresistente de las estructuras Tipo Túnel (como por ejemplo el factor R y período fundamental) de forma detallada, ya que estas edificaciones presentan mayor rigidez y menor ductilidad que las estructuras tradicionales. Por tal motivo también es importante considerar valores límites de los desplazamientos laterales más exigentes a los actuales para estas edificaciones.

Evaluar la vulnerabilidad sísmica de los edificios que no fueron clasificados como Tipo Túnel Tradicional, específicamente los definidos dentro del Grupo IV.

Se invita a los profesionales de la Ingeniería Civil a evitar la construcción de edificios Tipo Túnel con muros o líneas resistentes en una sola dirección. Así mismo, se recomienda realizar cambios en su configuración estructural para la construcción en zonas de alta sismicidad, tales como el uso de barras estriadas en lugar de mallas electrosoldadas, el uso de elementos de borde y espesores mayores, con la finalidad de aumentar la capacidad resistente de los muros a flexión.

Es importante establecer un número de niveles máximos o un límite de altura para los edificios Tipo Túnel que se construyan en el país, de igual forma usar mallas electrosoldadas solo en los últimos niveles, tal como lo recomienda la norma peruana.

Se debe estudiar con mayor detalle las propuestas de refuerzo estructural mencionadas en este Trabajo Especial de Grado, de manera que puedan ser aplicadas a las edificaciones Tipo Túnel ubicadas en el país.

Es conveniente mantener en desarrollo esta línea de investigación, con el fin de minimizar la vulnerabilidad sísmica que presentan hoy en día algunos de estos edificios, tanto en el diseño estructural como sismorresistente, y de esta forma evitar errores a futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. (1997). *Diseño Sismorresistente. Especificaciones y criterios empleados en Venezuela*. Caracas. Volumen XXXIII.
- Adah G. Lubeca Ricardo (2006). *Reforzamiento Estructural y Ampliación de Viviendas Multifamiliares: Edificios de Sistemas de Pantallas del INAVI*. Trabajo Especial de Grado no publicado. Universidad Central de Venezuela. Caracas – Venezuela.
- Análisis modal espectral de estructuras resistentes a los sismos. [Artículo en línea]. Disponible en: <http://www.arqhys.com/arquitectura/analisis-modal-espectral.html>. Consulta: 07/02/2015.
- Arnal, H. y Epelboim, S. (1984). *Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones*. Caracas: Ministerio del Desarrollo Urbano (MINDUR). 887p.
- Asm en Línea. Urbanismo Guásimal. [Artículo en línea]. Disponible en: http://asmenlinea.blogspot.com/2015_04_22_archive.html. Consulta: 21/08/2015.
- Bazán, E. y Meli, R. (2007). *Diseño Sísmico de Edificios*. México: Limusa Editores. 317p.
- Blanco, A. (s/f). *Los Edificios de muros delgados de concreto y las nuevas normas para su diseño*. Instituto de Desarrollo e Investigación. Perú.
- 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. [Artículo en línea]. Disponible en: <http://www.tdx.cat/handle/10803/6230>. Consulta: 07/02/2015.

- Briceño A. & Carreras N. (2013). *Análisis y diseño de muros estructurales de concreto, considerando las experiencias de los terremotos de Chile 2010 y Nueva Zelanda 2011*. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad Católica Andrés Bello. Facultad de Ingeniería. Caracas – Venezuela.
- Computers and Structures. (2005). *CSI Analysis Reference Manual for ETABS* ®. Berkeley, California, Estados Unidos. 415p.
- COVENIN (1988). *Norma COVENIN 2002:88 Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones (Provisional)*. Ministerio del Desarrollo Urbano – COVENIN. Caracas - Venezuela.
- COVENIN (2001). *Norma COVENIN 1756:2001 Edificaciones Sismorresistentes*. MCT – FONDONORMA– FUNVISIS. Caracas - Venezuela.
- *Encofrados Túnel Outinord*. [Artículo en línea]. Disponible en: http://www.outinord-americas.com/espanol/tech_tunnelform.htm. Consulta: 21/08/2015.
- Espectros de Demanda y Capacidad. [Artículo en línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6408/7/06.pdf>. Consulta: 07/02/2015.
- FONDONORMA (2006). *FONDONORMA 1753-06 Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural*. MCT – FONDONORMA– FUNVISIS. Caracas - Venezuela.
- Fratelli, M. (1999). *Diseño Estructural en Concreto Armado*. Caracas-Venezuela. 171p.
- Fratelli, M. (2001). *Estructuras Sismo-Resistentes*. Caracas – Venezuela. 185p.
- FUNVISIS Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (2002). *La Investigación Sismológica en Venezuela*. Caracas: Autor.

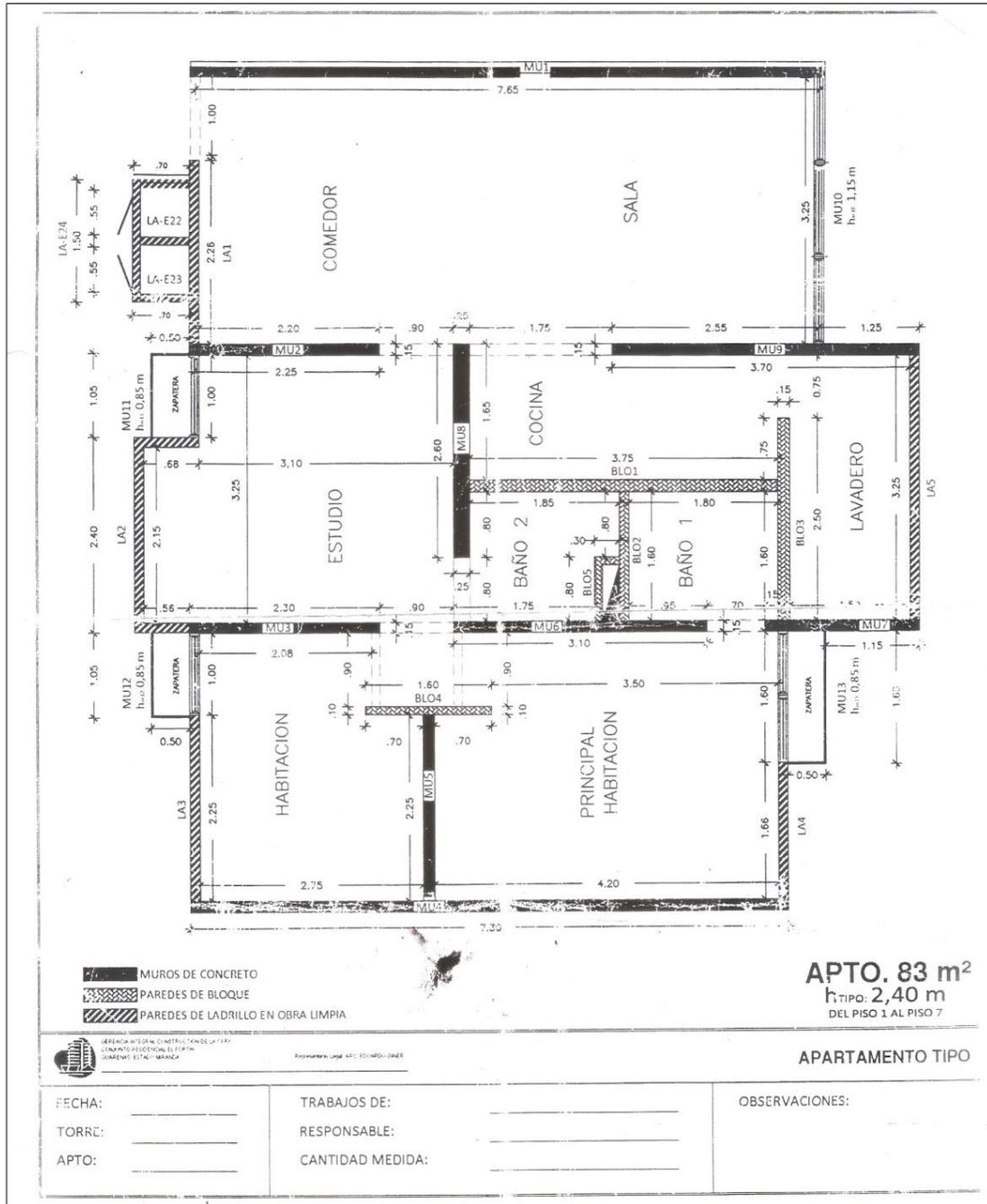
- García, L. (2008). *Diseño de Muros Estructurales de Concreto Reforzado*. Ponencia presentada en el Seminario sobre el ACI 318S-08. Universidad de los Andes. Bogotá - Colombia.
- González, O. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. (4ta edición). México: LIMUSA.
- Hernández, U. (2002). *Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. [Artículo en línea]. Disponible en: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6222/01INDICE.pdf?sequence=1>. Consulta: 13/02/15.
- Kalkan, E. & Yüksel, B. (2007). *Pros y contras de los edificios de concreto reforzado Tipo Túnel (Tipo cajón) de varios niveles*. Citado en: “El Diseño Estructural de Edificios Altos y Especiales”. California - Estados Unidos.
- New Zealand Standard (2006). *NZS 3101:2006 The Design of Concrete Structures (Diseño de estructuras de concreto)*. Wellington-New Zealand.
- New Zealand Standard (2003). *NZS 1170:2003: Structural design actions (Acciones de diseño estructural). Part 4: Earthquake actions*. New Zealand Technical Committee BD/6/4/11. Wellington-New Zealand.
- *Norma E.030: Diseño Sismorresistente*. (2006). Normas legales, Perú. Difundido por el Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Park, R. & Paulay, T. (1996). *Estructuras de Concreto Reforzado*. México: LIMUSA Noriega Editores. 796p.
- Paulay, T. & Priestley, M. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.
- Pérez, L. (2014). *Evaluación sismorresistente del edificio “B” de la sede administrativa de la UPEL ubicada en El Paraíso, Caracas*. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

- Primeros resultados Censo 2011. [Artículo en línea]. Disponible en: http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/ppt/Resultados_Censo2011.pdf. Consulta: 13-11-14.
- Remax® Venezuela. [Publicación en línea]. http://www.remax.com.ve/index.php?menu=detalle_inmueble&tipo=4&inmueble=140549. Consulta: 03/10/2015.
- Rojas, R. (2010). *Curvas de Fragilidad Sísmica para Edificios Aporticados de Concreto Reforzado de Poca Altura*. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Sistema de formaletas FORSA C.A. [Artículo en línea]. Disponible en: <http://www.forsa.com.co/forsa-alum/rentabilidad-formaleta/formaleta-aluminio.html>. Consulta: 07/02/2015.
- Sozen, M. A. & Abrams, D. P. (1979). *Resistencia y Comportamiento de Juntas Losa-Pared, Armadas con Mallas Electrosoldadas y Sometidas a Cargas Reversibles*. Informe para la Asociación Venezolana de Sistemas de Paredes Estructurales AVESIPE, Venezuela. 87 p.
- Sozen, M. (1990). *La fórmula chilena para diseño resistente a sismo de estructuras de mediana altura de concreto reforzado*. Universidad de Illinois. Estados Unidos. 39p.
- Sozen, M. (2004). *Seismic Behavior of Reinforced Concrete Buildings*. En: Bozorgnia, Y. & Bertero, V. *Earthquake Engineering from Engineering Seismology to Performance-Based Engineering*. Estados Unidos: CRC Press.
- Tavafoghi A. & Eshghi S. (2008). *Seismic Behaviour of Tunnel Form Concrete Building Structures*. 14vo Congreso Mundial de Ingeniería Sísmica (WCEE), Beijing, China. 8p.

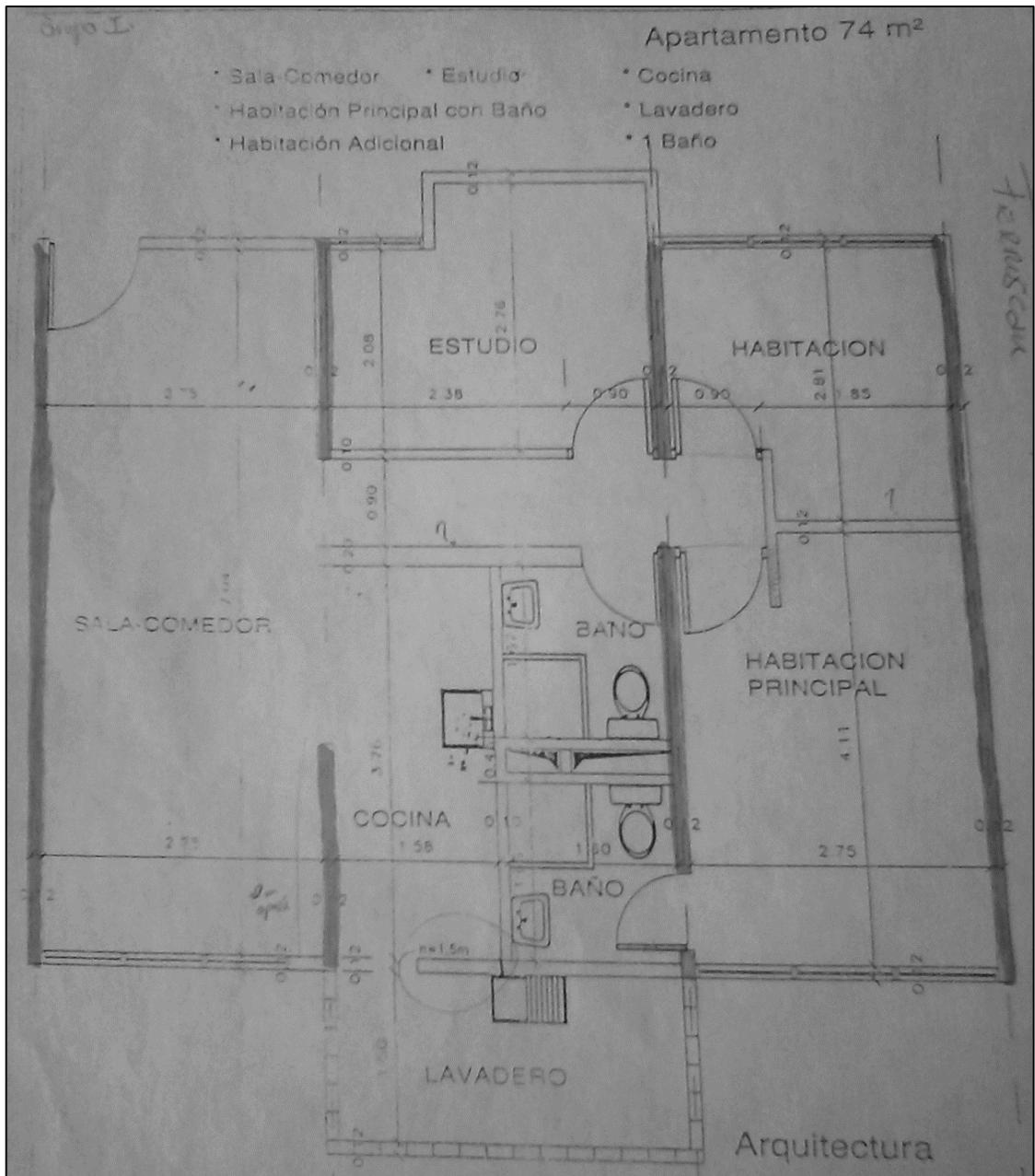
- Tavafoghi A. & Eshghi S. (2012). *Comportamiento sísmico de estructuras Tipo Túnel: un estudio experimental*. 15vo Congreso Mundial de Ingeniería Sísmica (WCEE). Lisboa, Portugal.
- Web Mitula. [Publicación en línea]. Disponible en: <http://casa.mitula.com.ve/apartamentos-conjunto-zamora>. Consulta: 21/08/2015.
- Web Venezolana de Televisión (2014). *Convenio Venezuela-Bielorrusia construye viviendas en Aragua*. [Artículo en línea]. Disponible en: <http://www.vtv.gob.ve/articulos/2014/03/20/convenio-venezuela-bielorrusia-construye-viviendas-en-aragua-9490.html>. Consulta: 28/08/2015.
- Web Venezolana de Televisión (2014). *120 familias son propietarias de nuevas viviendas dignas en Petare*. [Artículo en línea]. Disponible en: <http://www.vtv.gob.ve/articulos/2014/09/05/120-familias-son-propietarias-de-nuevas-viviendas-en-petare-video-4070.html>. Consulta: 28/08/2015.
- Yáñez, D. (2006). *Análisis de la Respuesta Sísmica en Edificios Tipo Túnel, bajo Régimen Elástico*. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad de los Andes, Mérida - Venezuela.

ANEXOS

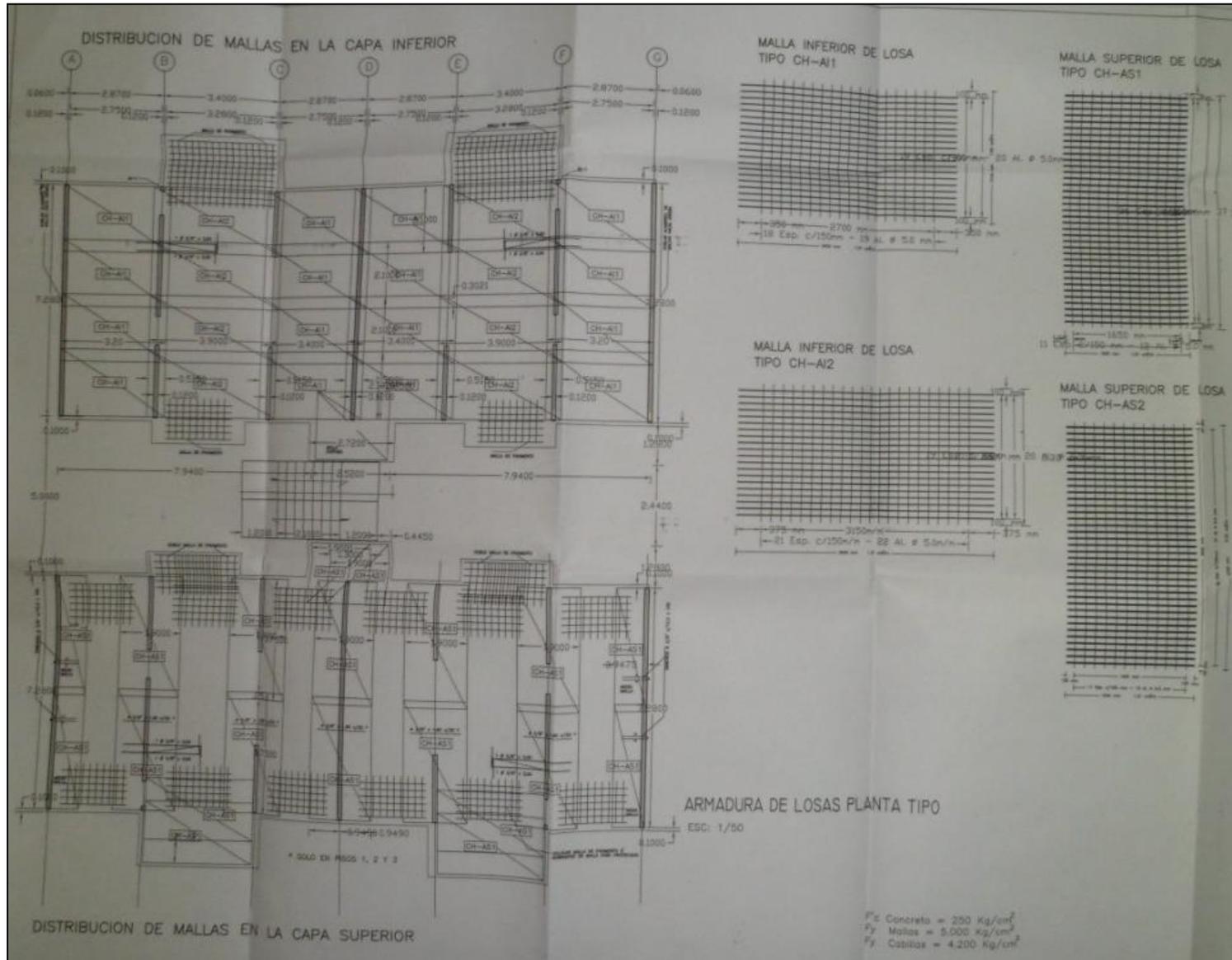
Anexo A. 1. Plano de Planta Tipo de una unidad de Vivienda. El Fortín. Urbanización Nueva Casarapa.
Fuente: Propietario.



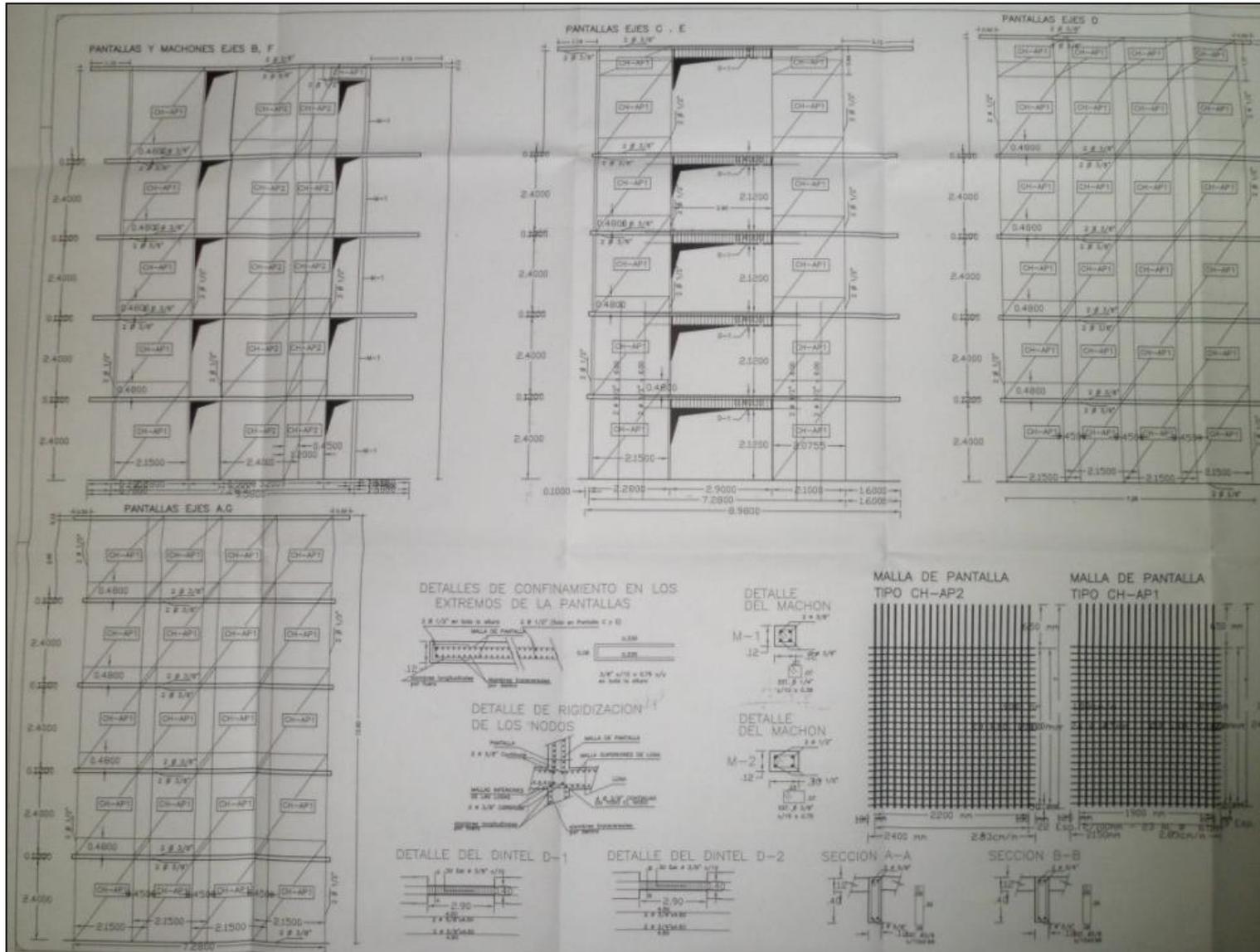
Anexo A. 2. Plano de Planta Tipo de una unidad de Vivienda. La Ribera. Urbanización Nueva Casarapa.
Fuente: Propietario.



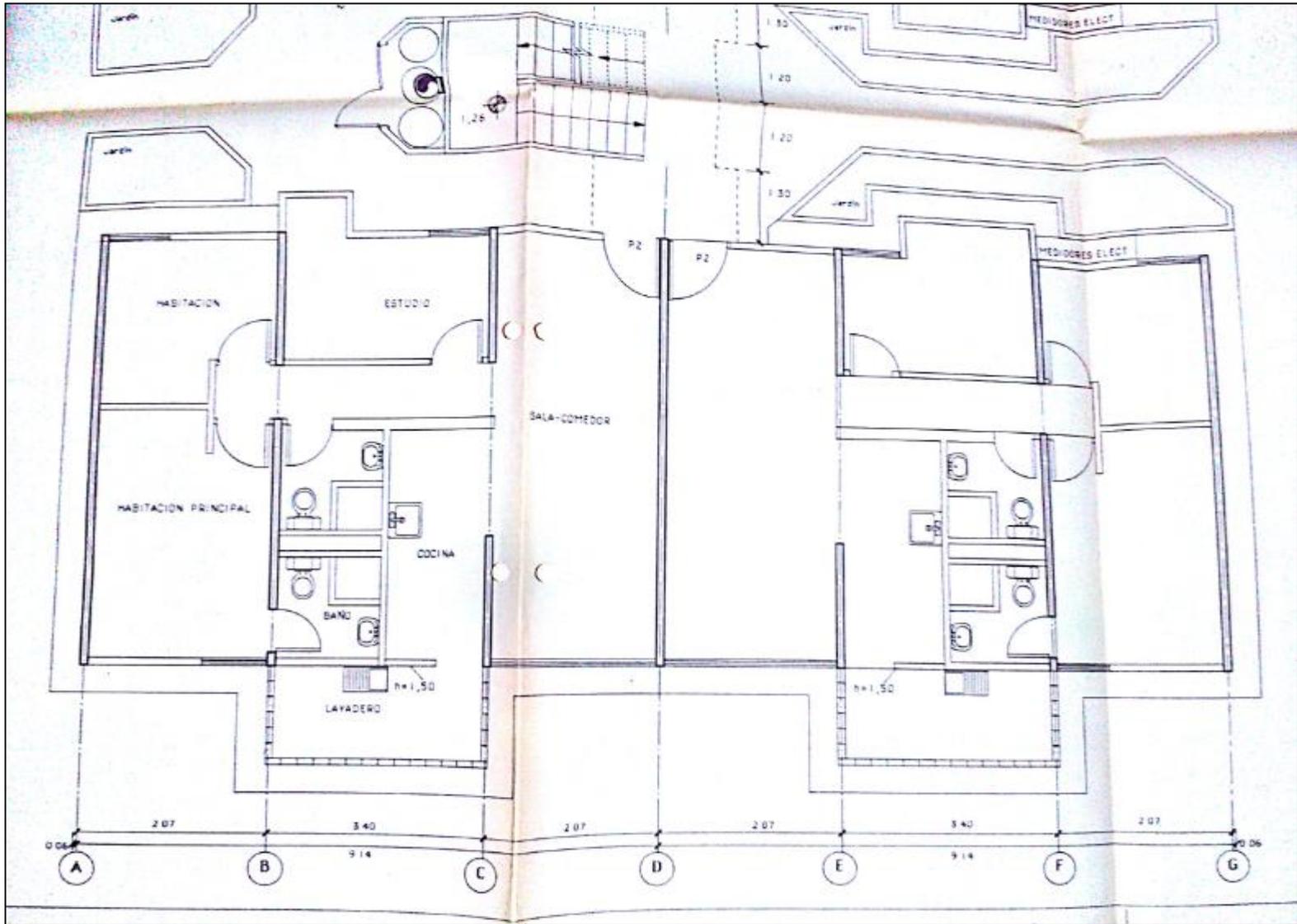
Anexo A. 3. Plano de Armado de Losas de Planta Tipo y Detalle de Mallas. Urbanización Camino Real. Fuente: FUNVISIS.



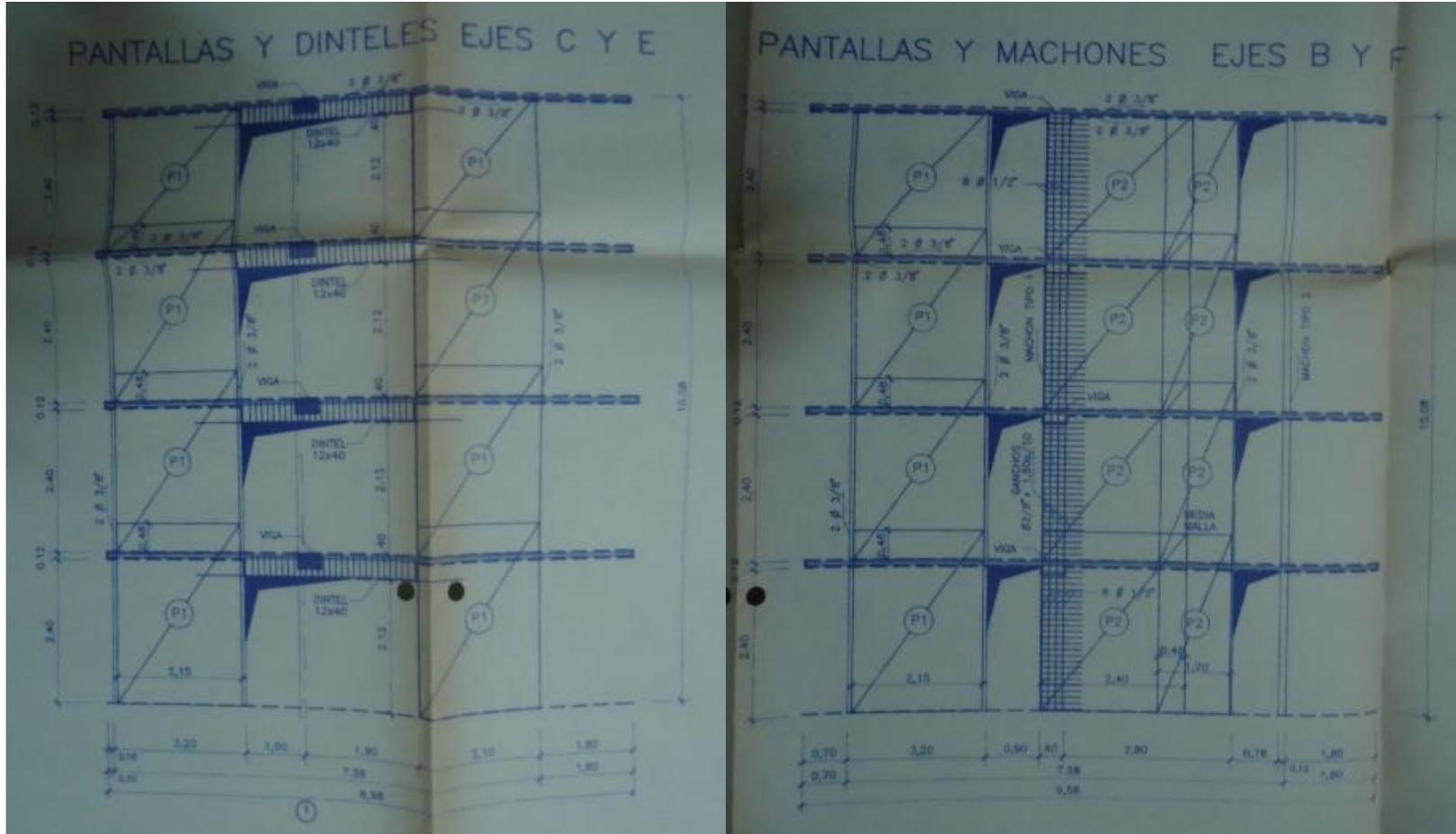
Anexo A. 4. Plano de Armado de Pantallas. Urbanización Camino Real. Fuente: FUNVISIS.



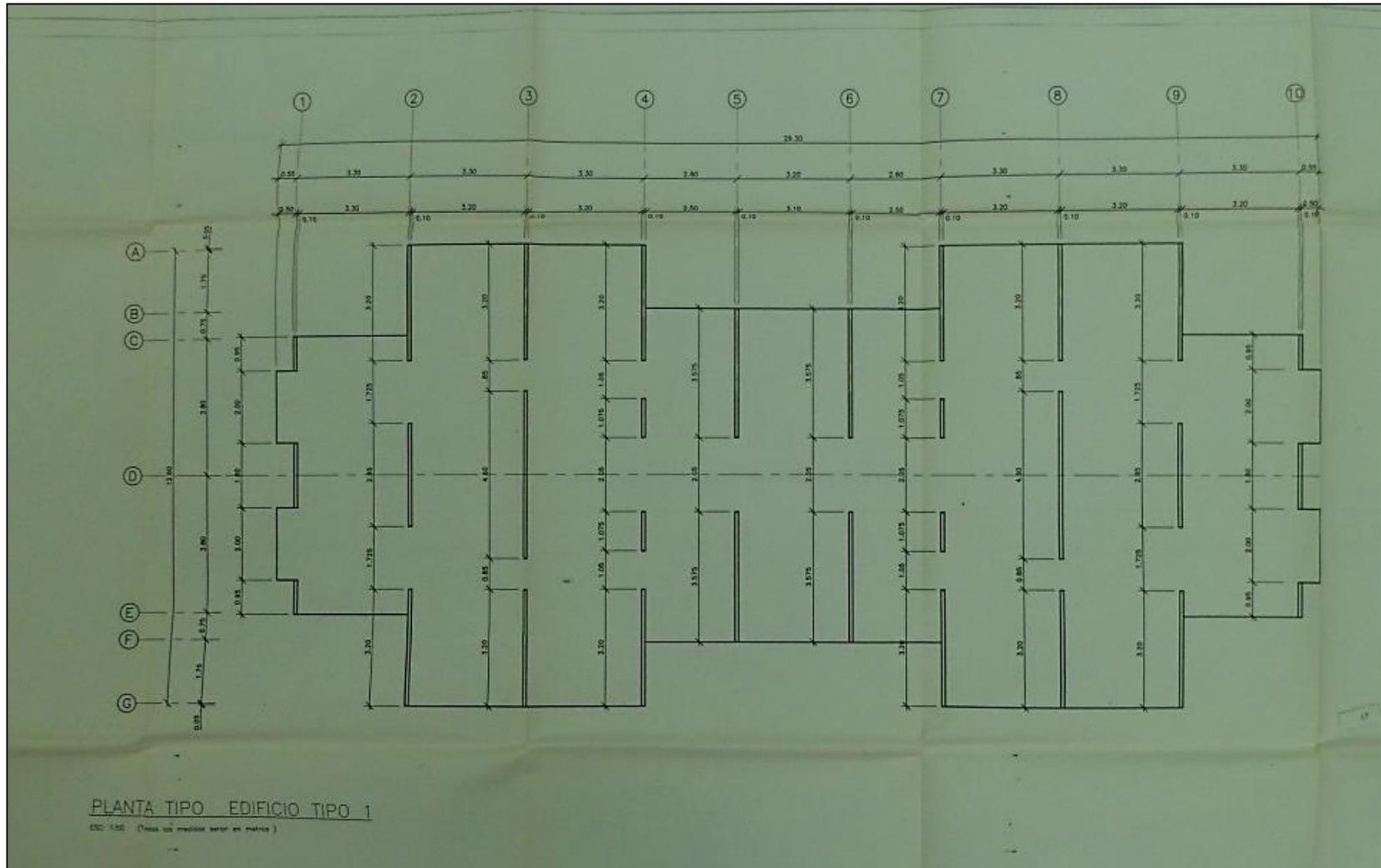
Anexo A. 5. Plano de Planta Baja Edificio Tipo. El Tablón. Urbanización Nueva Casarapa. Fuente: Ing. Municipal del Municipio Plaza.



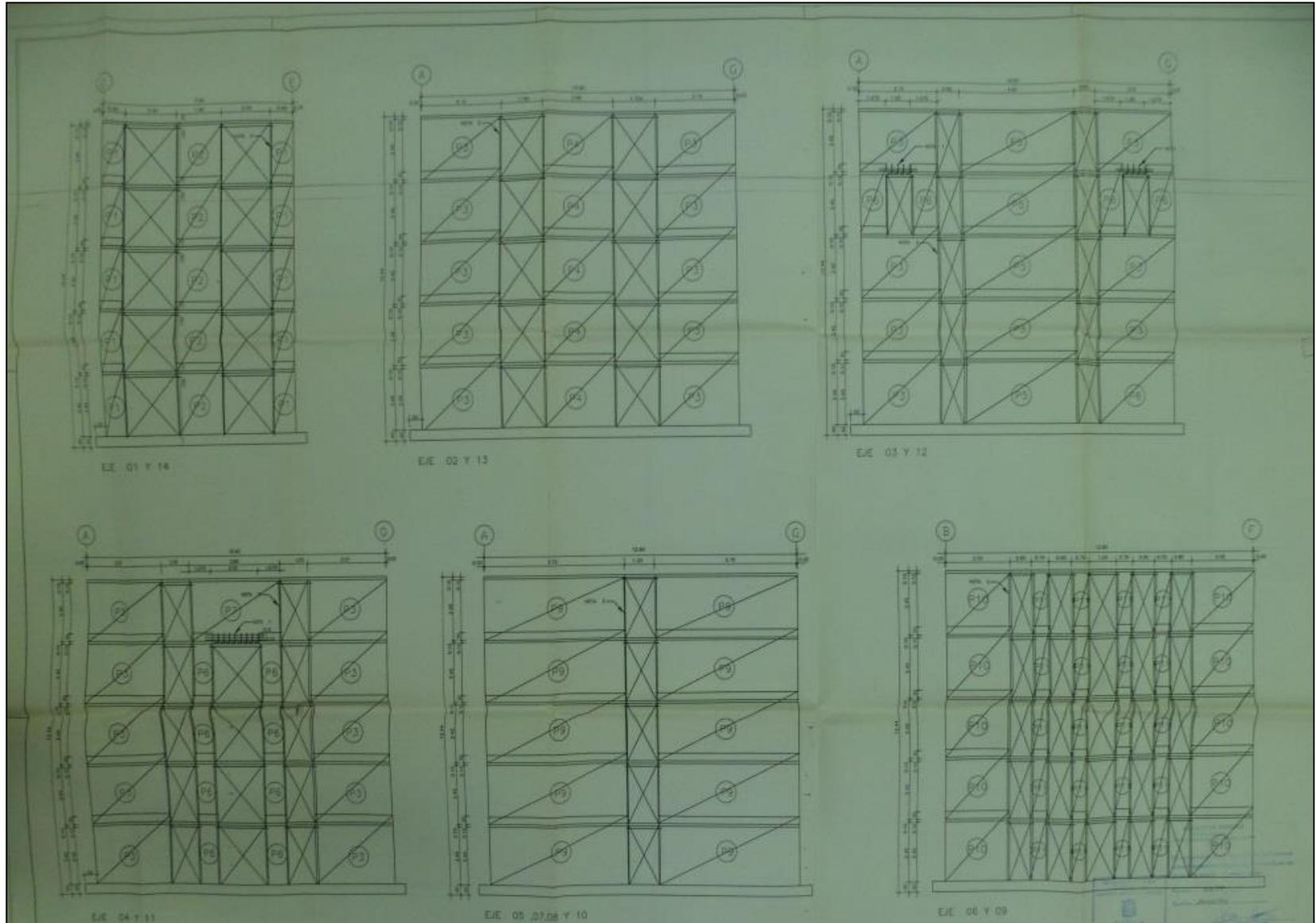
Anexo A. 6. Plano de Distribución de Mallas en Pantallas. El Tablón. Urbanización Nueva Casarapa. Fuente: Ing. Municipal del Municipio Plaza.



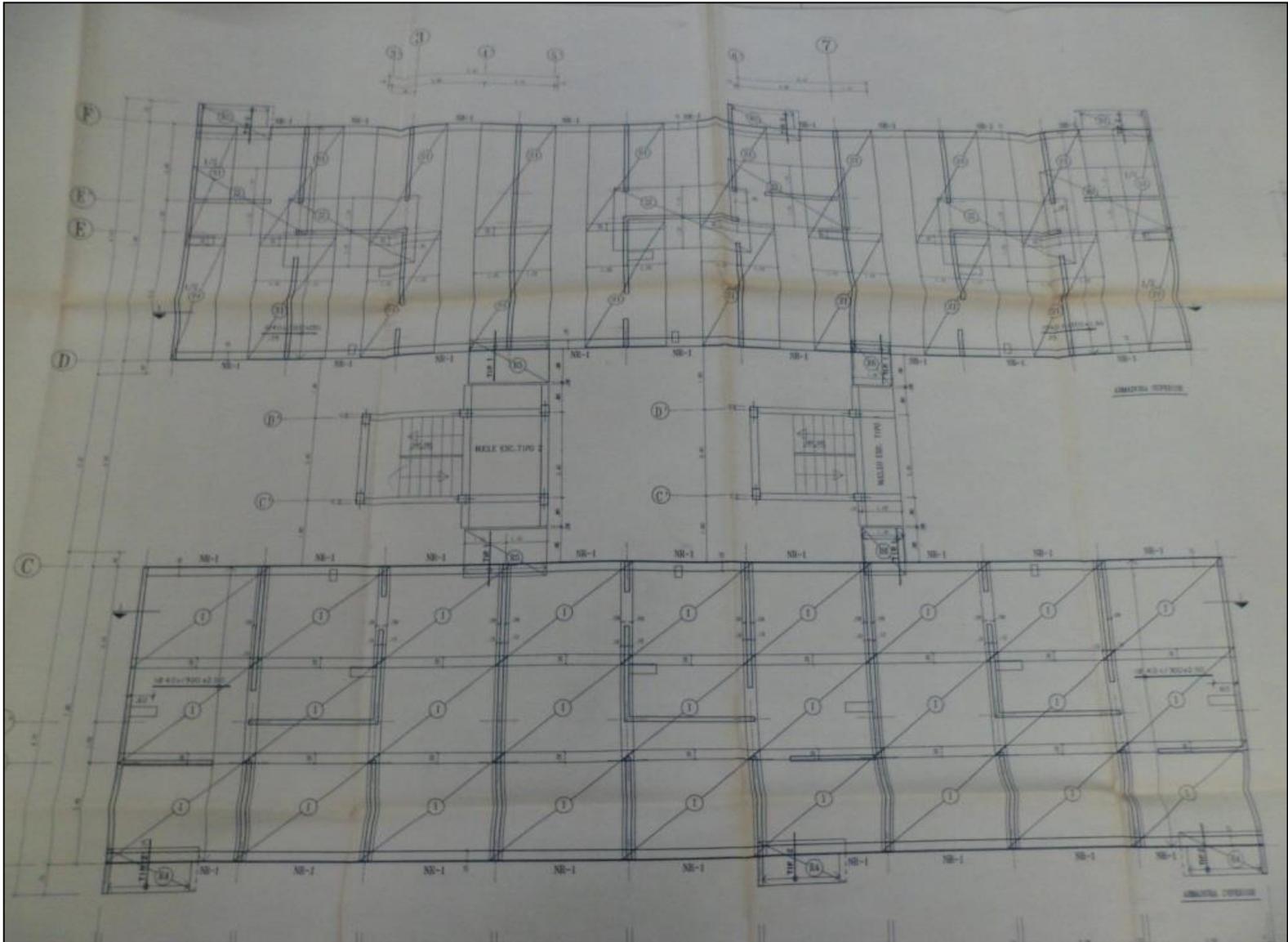
Anexo A. 7. Plano de Planta Tipo. Conjunto Residencial Antares del Ávila. Guatire. Fuente: FUNVISIS.



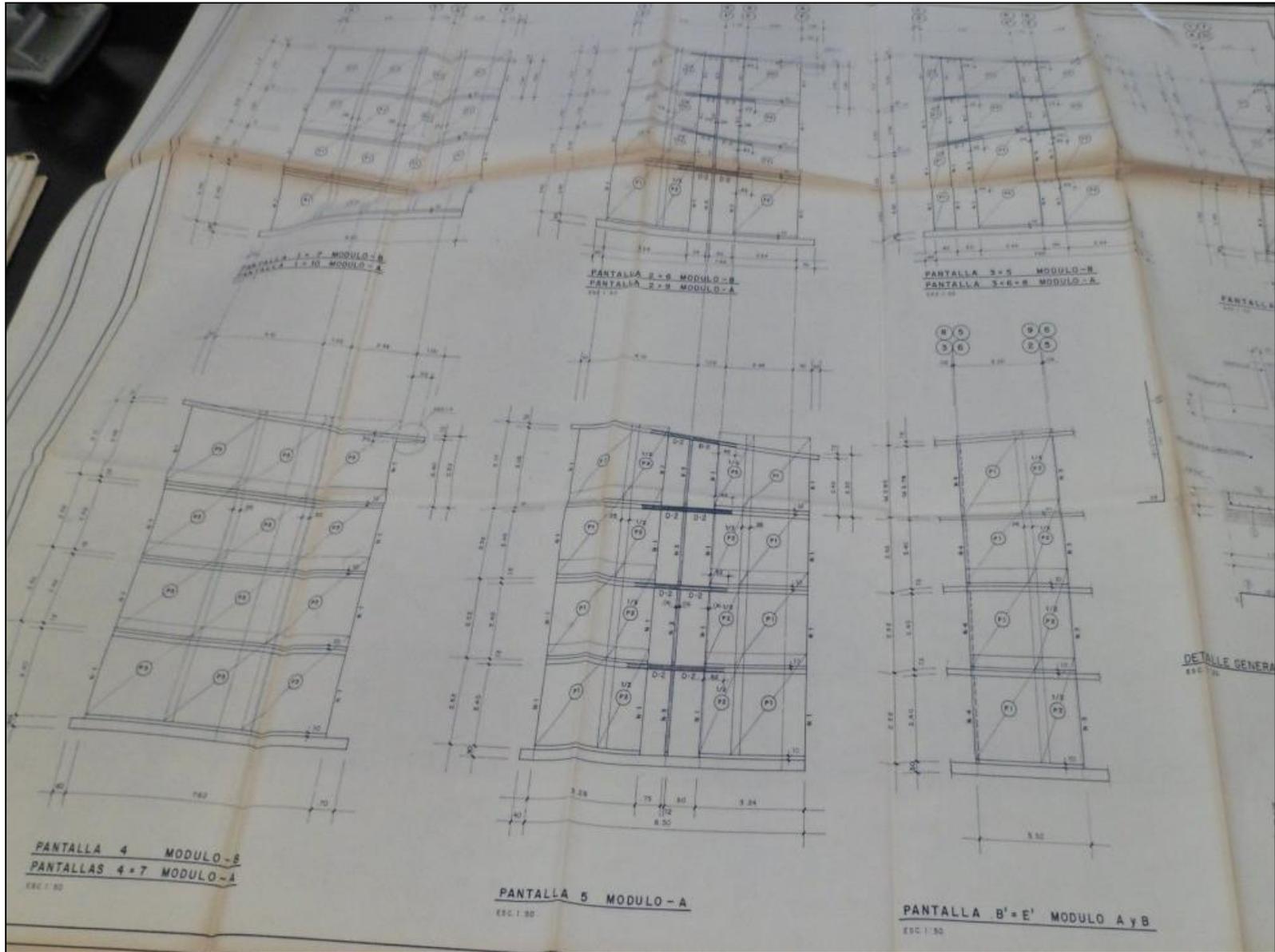
Anexo A. 8. Plano de Acero en Pantallas. Conjunto Residencial Antares del Ávila. Guatire. Fuente: FUNVISIS.



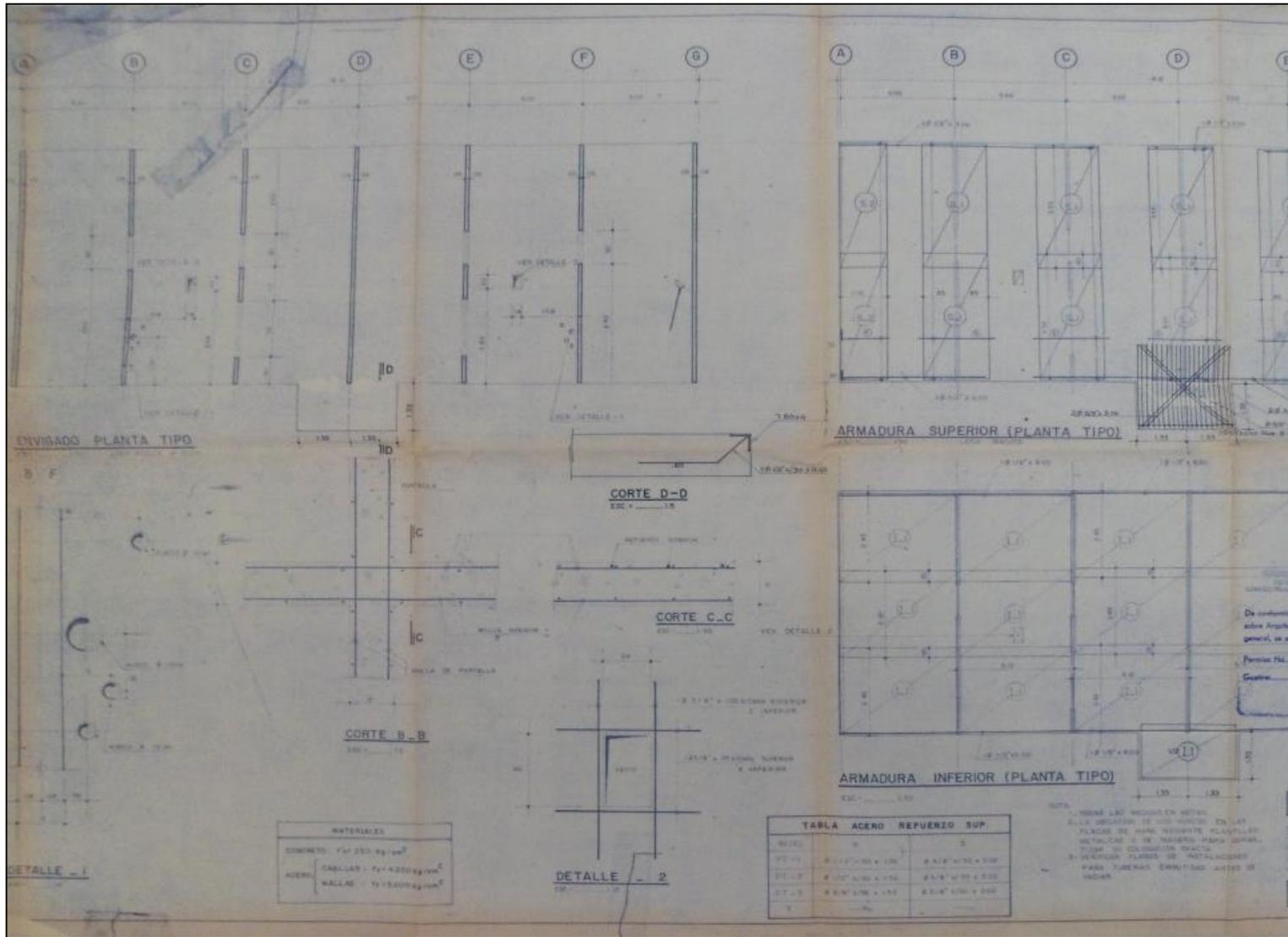
Anexo A. 9. Plano de Planta Tipo. Conjunto Residencial La Meseta. Guatire. Fuente: FUNVISIS.



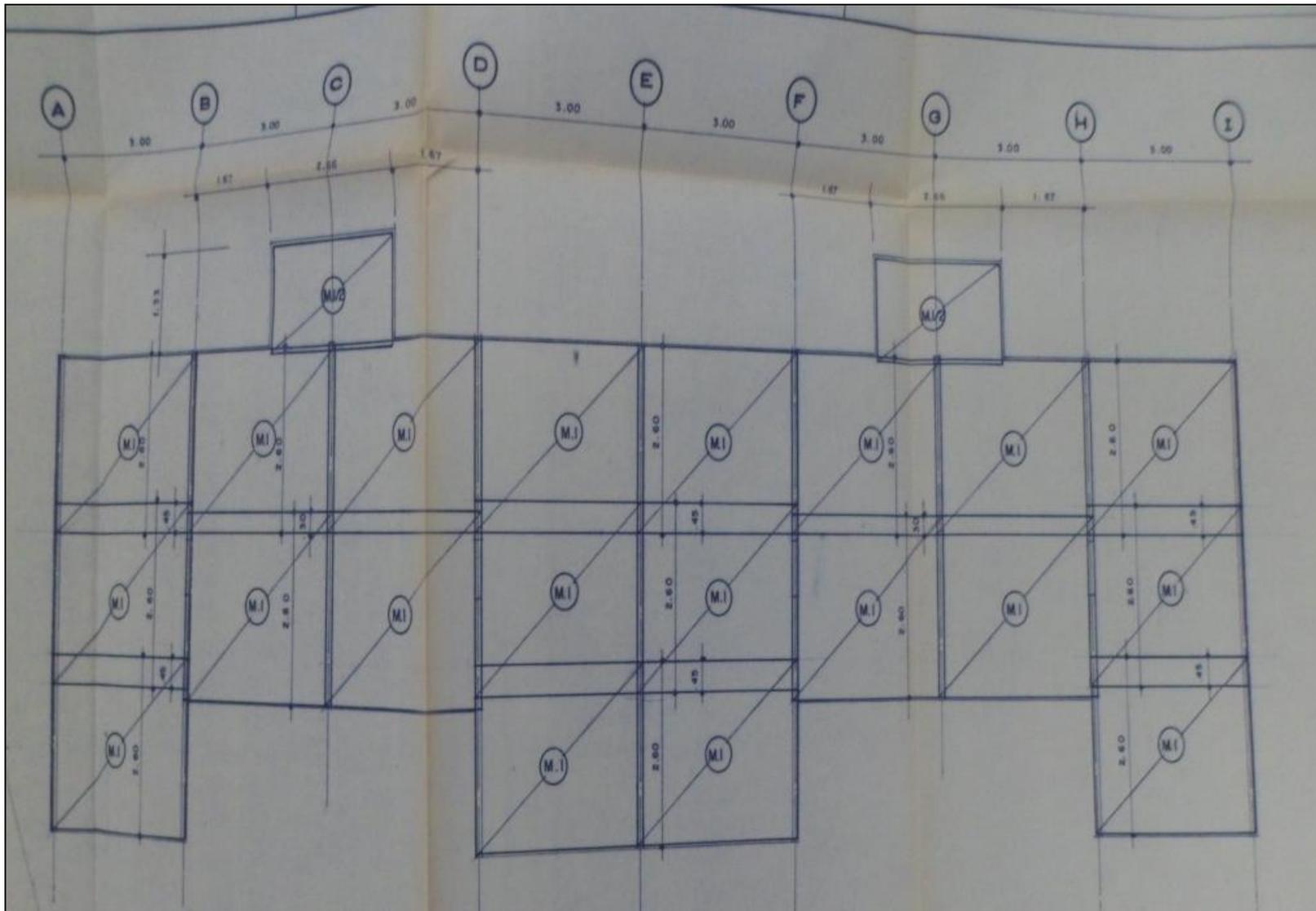
Anexo A. 10. Plano de Acero en Pantallas. Conjunto Residencial La Meseta. Guatire. Fuente: FUNVISIS.



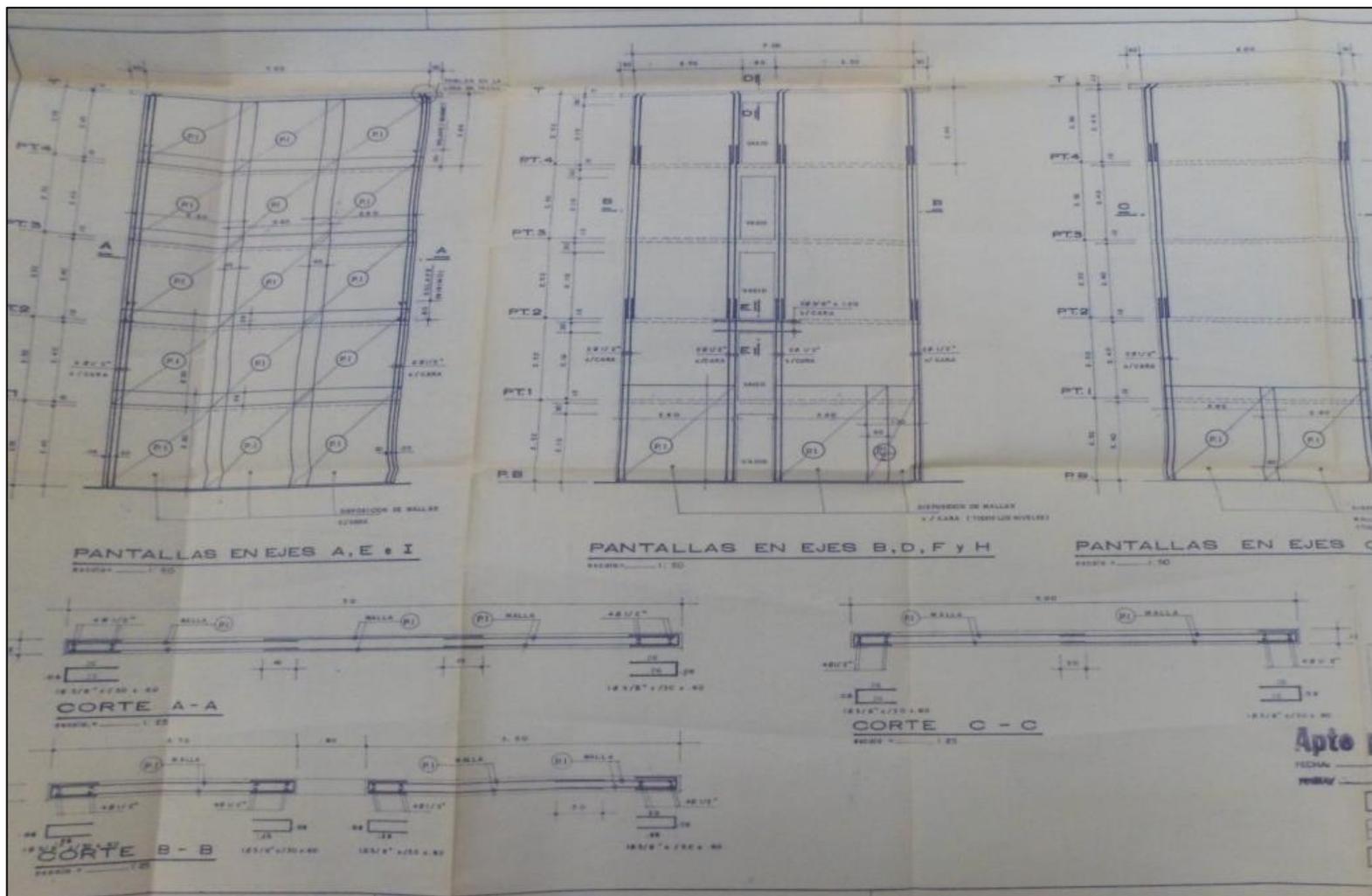
Anexo A. 11. Plano de Planta Tipo, Armadura y Detalles. Ciudad Residencial La Rosa. Guatire. Fuente: FUNVISIS.



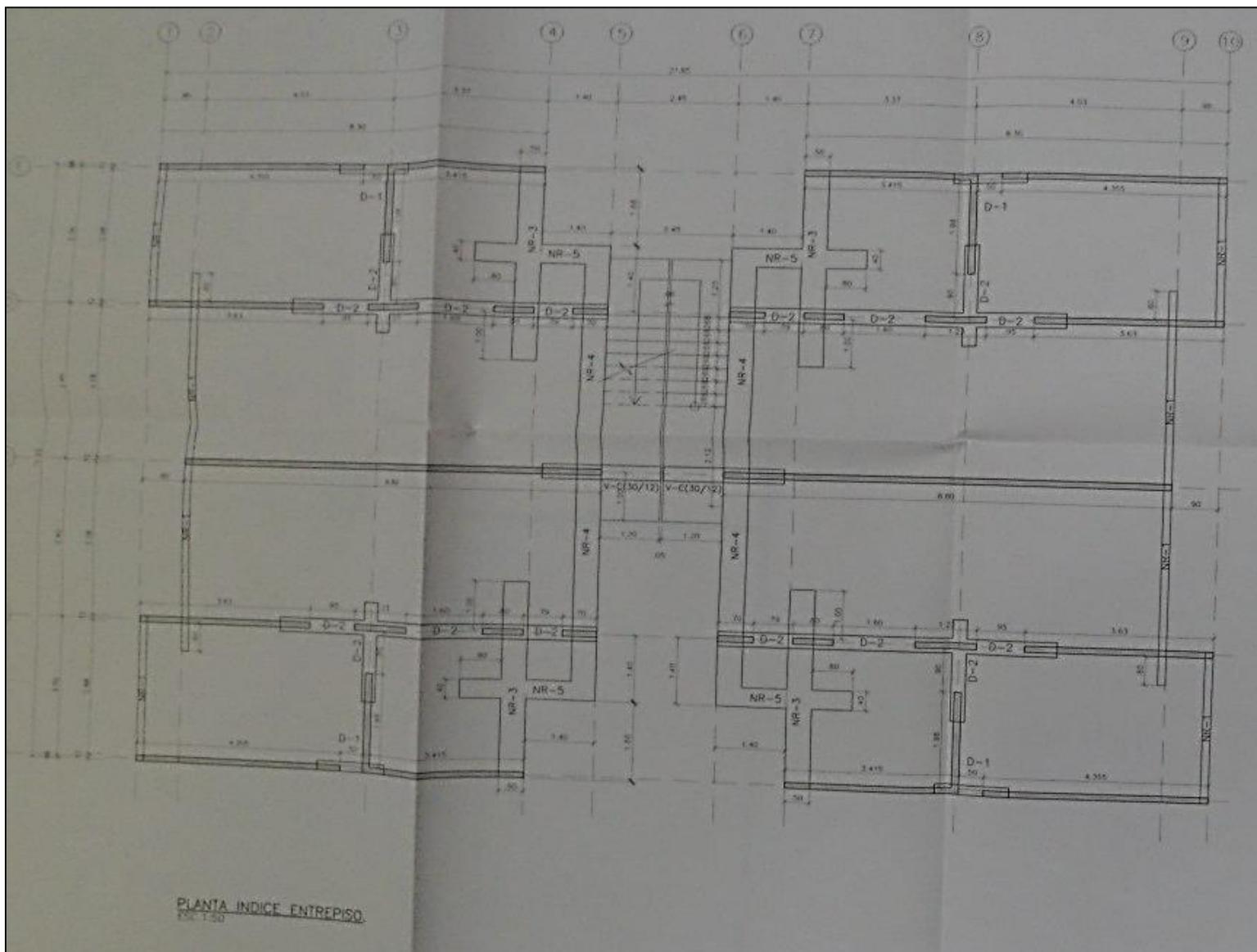
Anexo A. 13. Plano de armado inferior en losa de piso. Urbanización Palo Alto. Guatire. Fuente: FUNVISIS.



Anexo A. 14. Alzados y cortes de Pantallas. Urbanización Palo Alto. Guatire. Fuente: FUNVISIS.

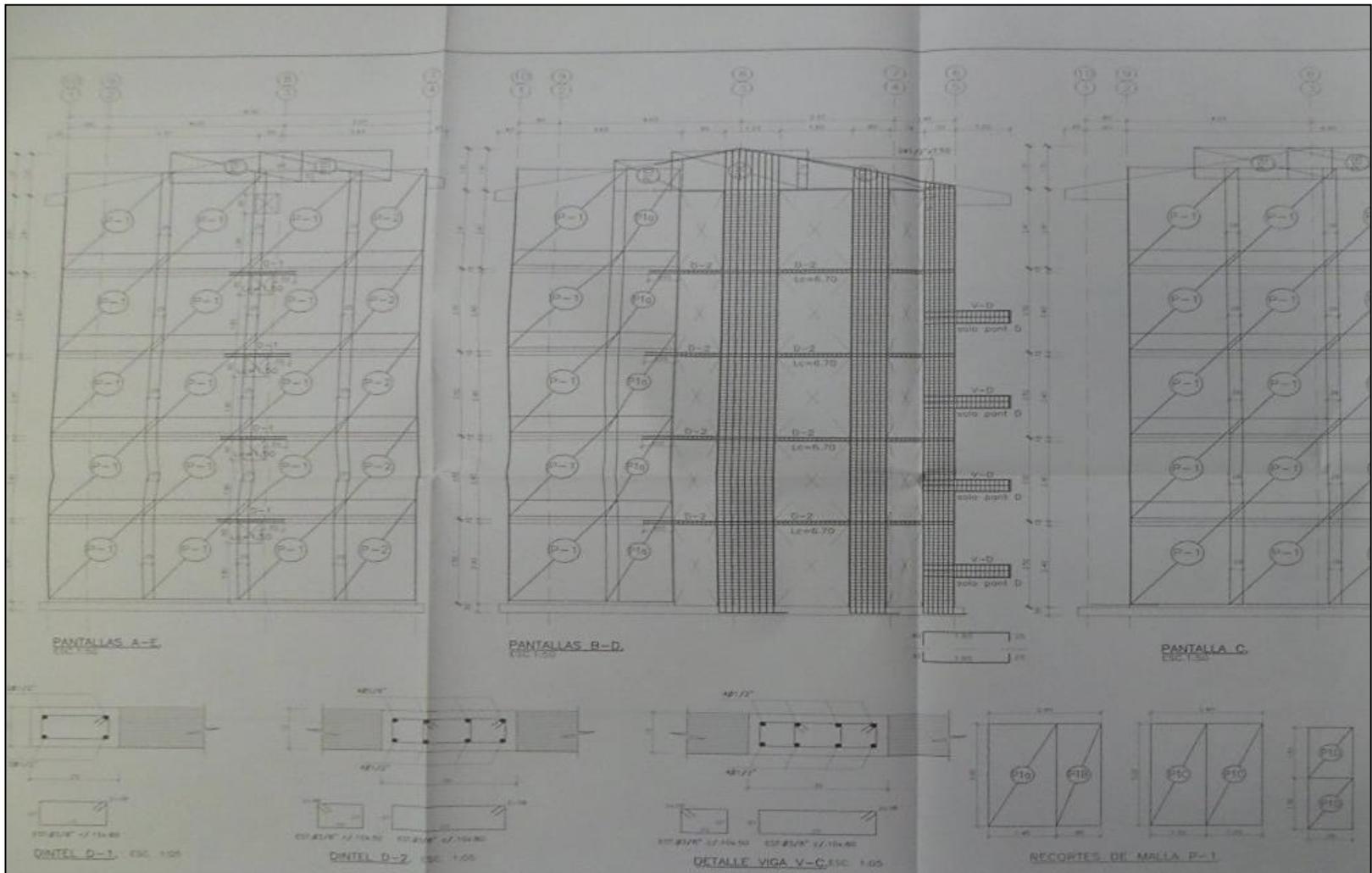


Anexo A. 15. Planta Índice de entrepiso. Urbanización El Ingenio. Guatire. Fuente: FUNVISIS.

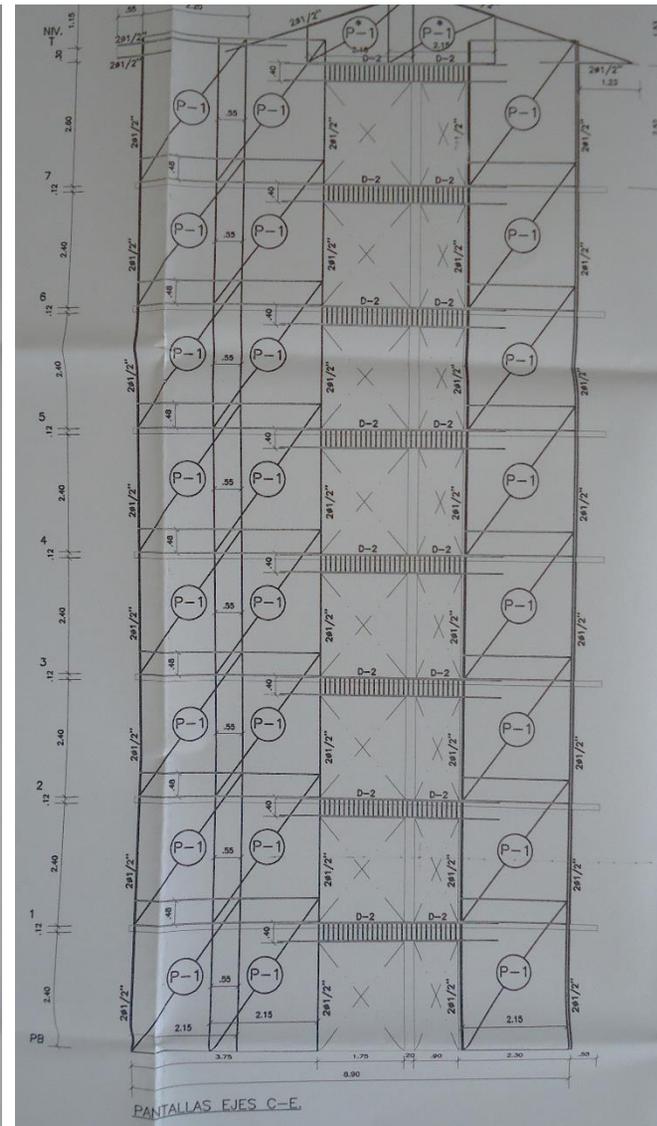
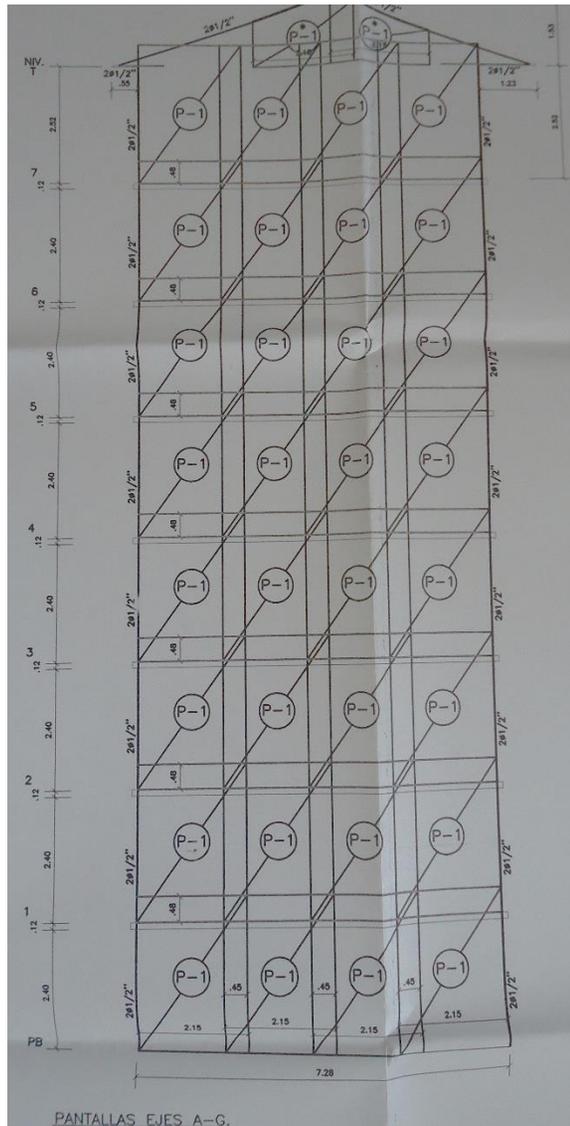


Anexo A. 16. Pantallas. Elevaciones y Detalles. Urbanización El Ingenio. Guatire. Fuente: FUNVISIS.

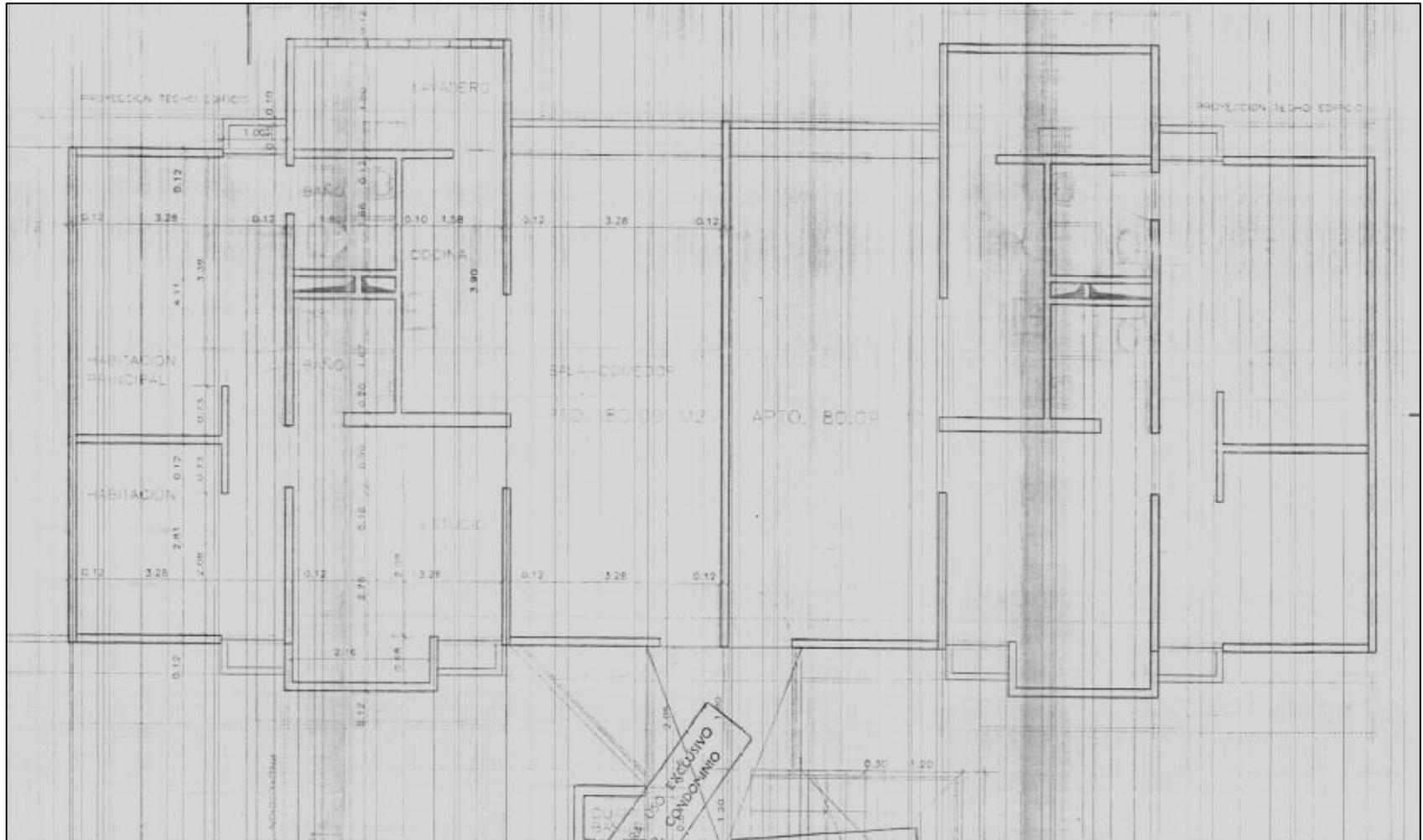
179



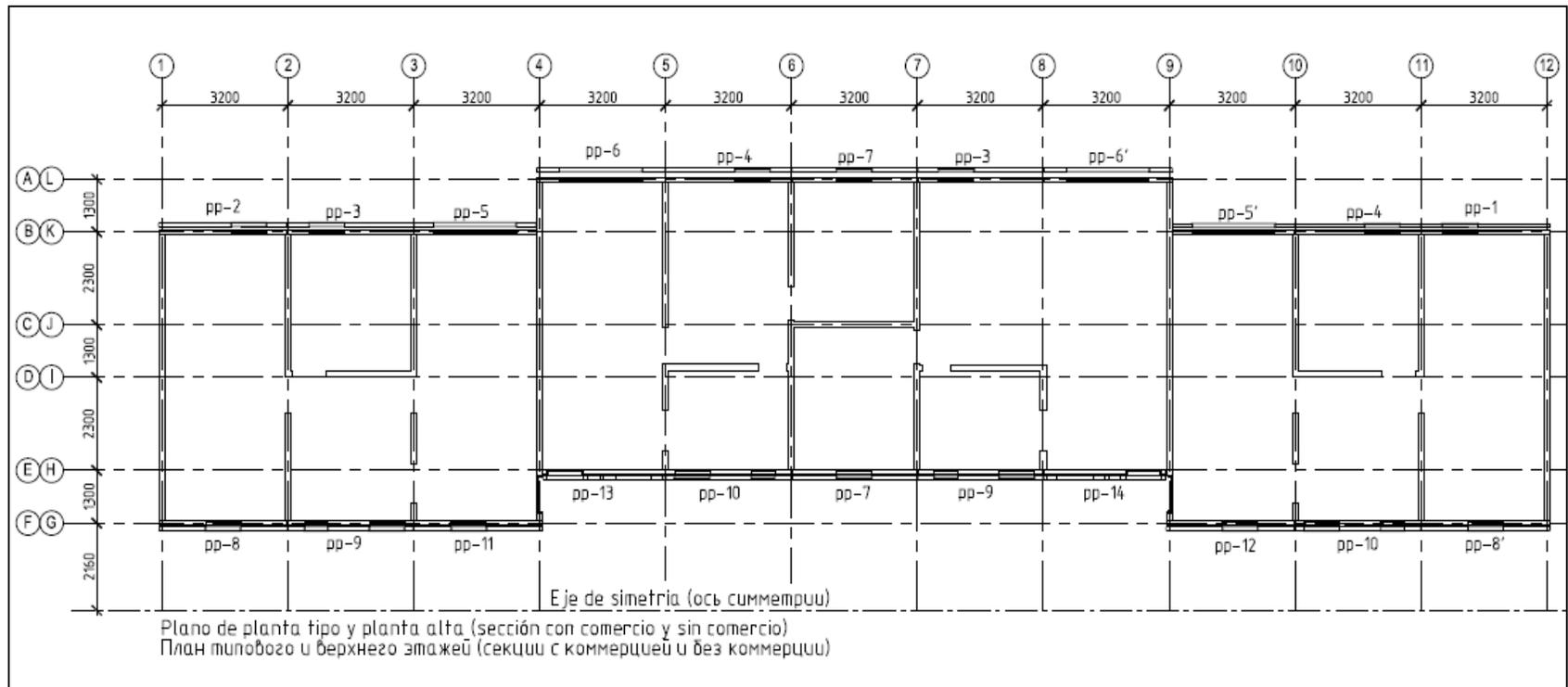
Anexo A. 20. Plano de Acero en Pantallas. Residencias Los Samanes. Urbanización Terrazas de Guaicoco. Fuente: Ing. Municipal del Municipio Sucre.



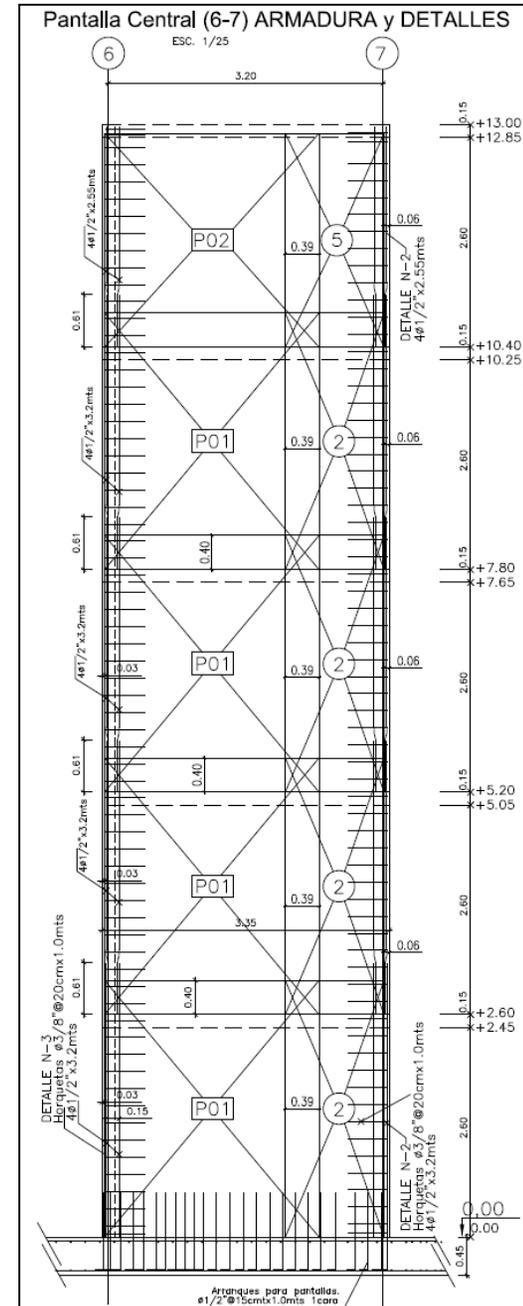
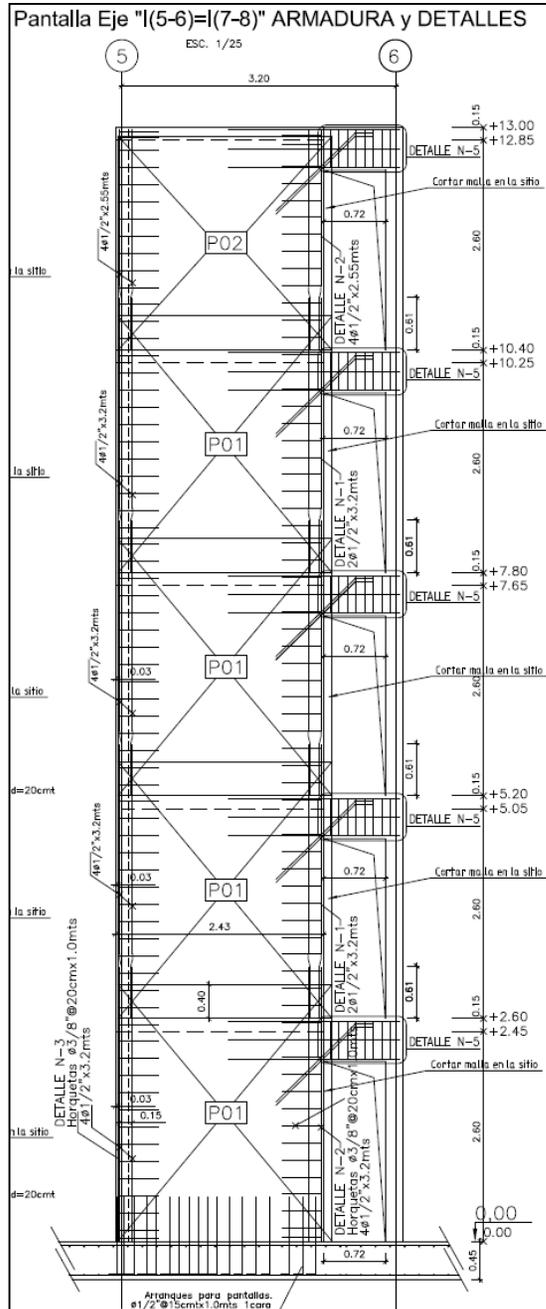
Anexo A. 21. Plano de Planta Tipo. Residencias Las Ceibas. Urbanización Terrazas de Guaicoco. Fuente: FUNVISIS.



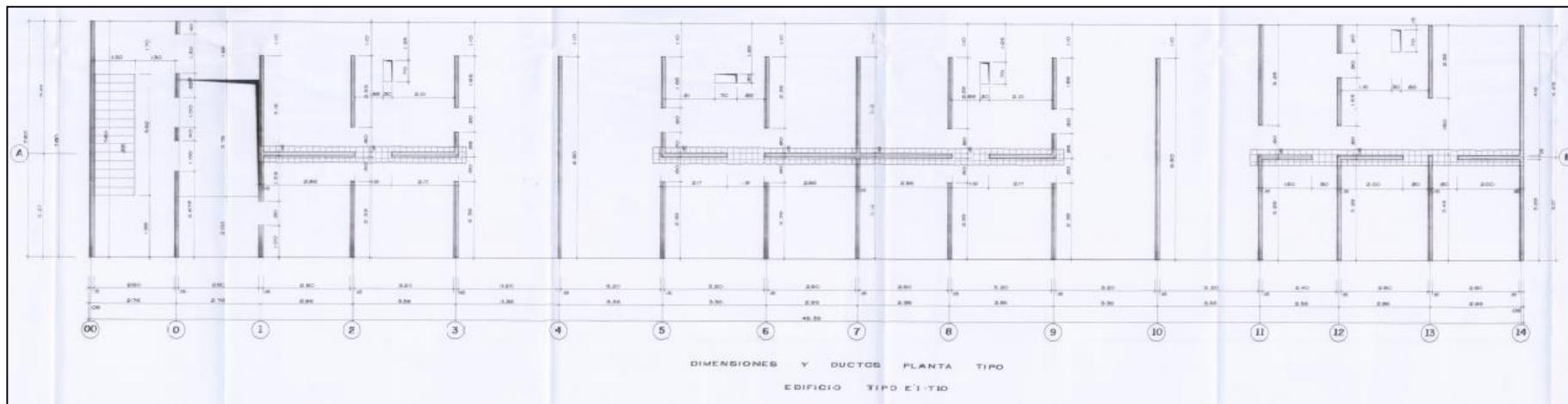
Anexo A. 23. Plano de Planta Tipo y Planta Alta. Los Aviadores. Maracay. Fuente: BZS Venezuela.



Anexo A. 24. Plano de Pantallas, detalles y despieces. Los Aviadores. Maracay. Fuente: BZS Venezuela.



Anexo A. 25. Plano de Planta Tipo. Edificios del Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI). Fuente: FUNVISIS.

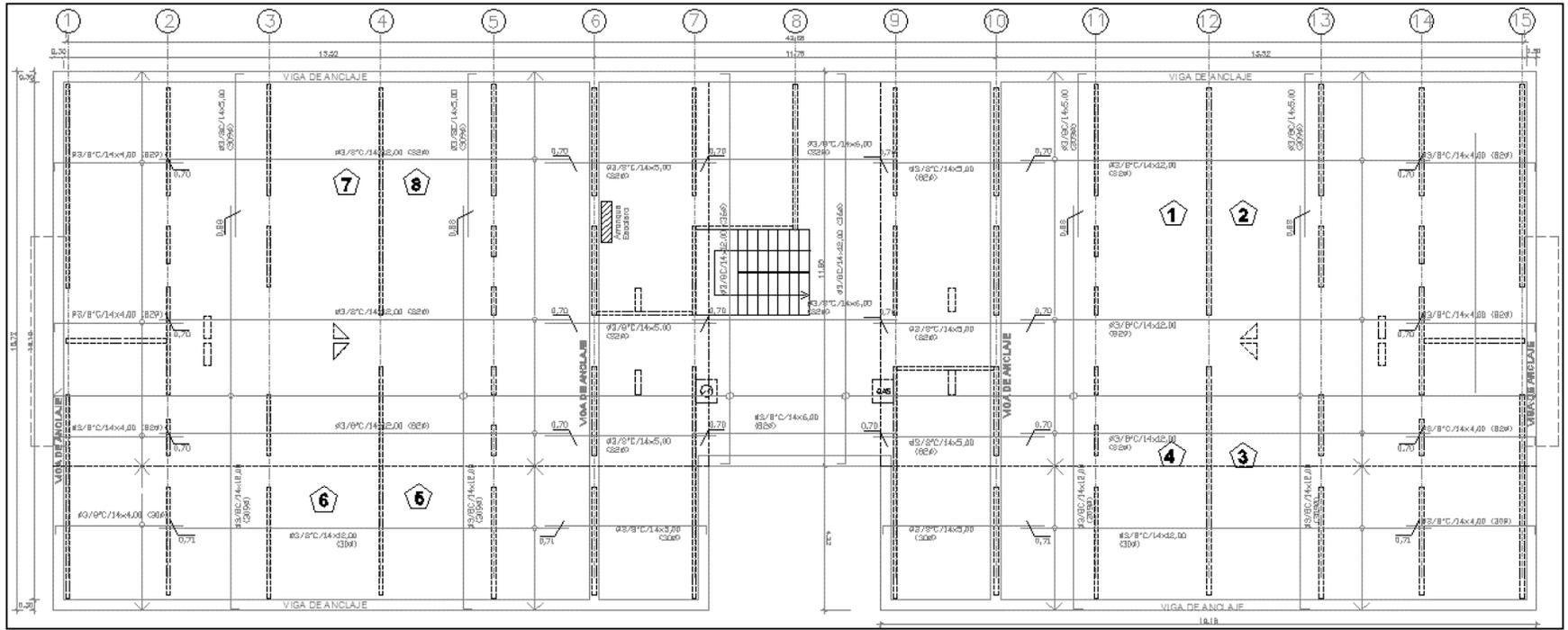


Anexo A. 26. Plano de colocación de mallas en Pantallas. Edificios del Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI). Fuente: FUNVISIS.

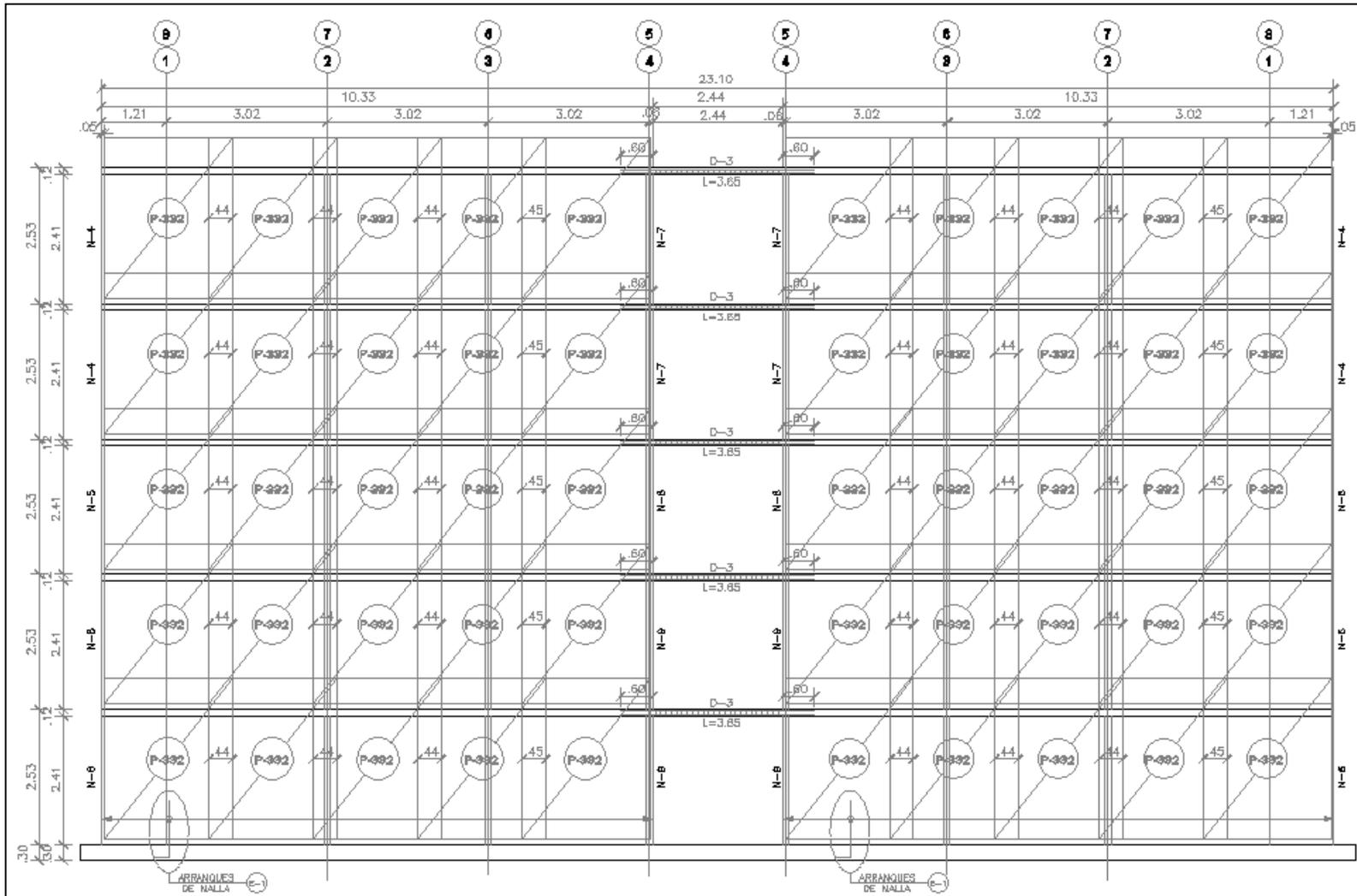


Anexo A. 27. Planta Tipo. Edificio Modelo. Fuente: Ing. Velásquez.

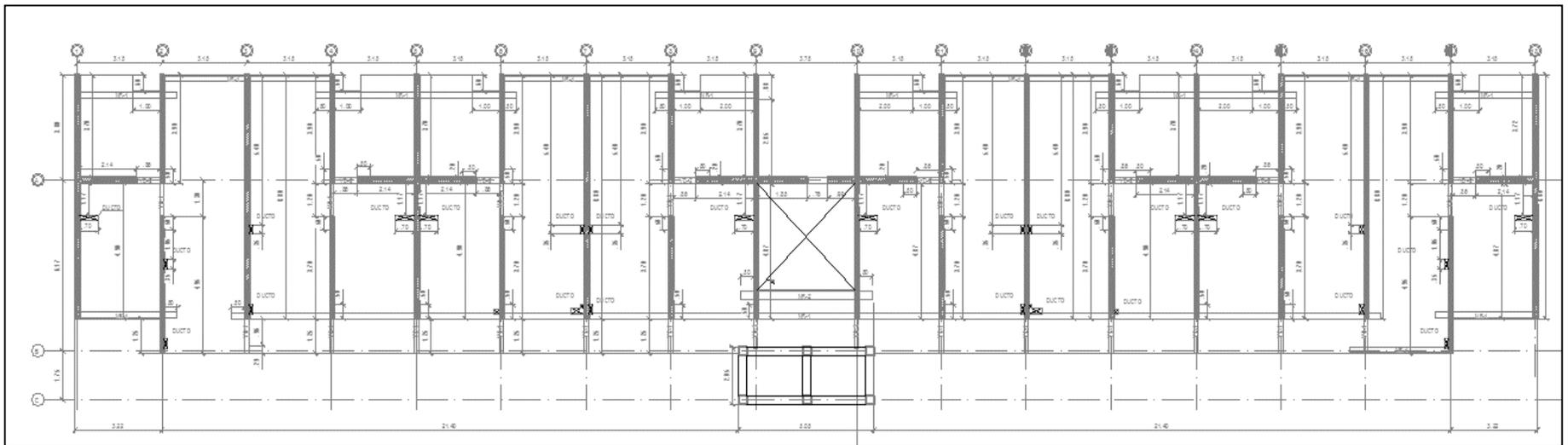
190



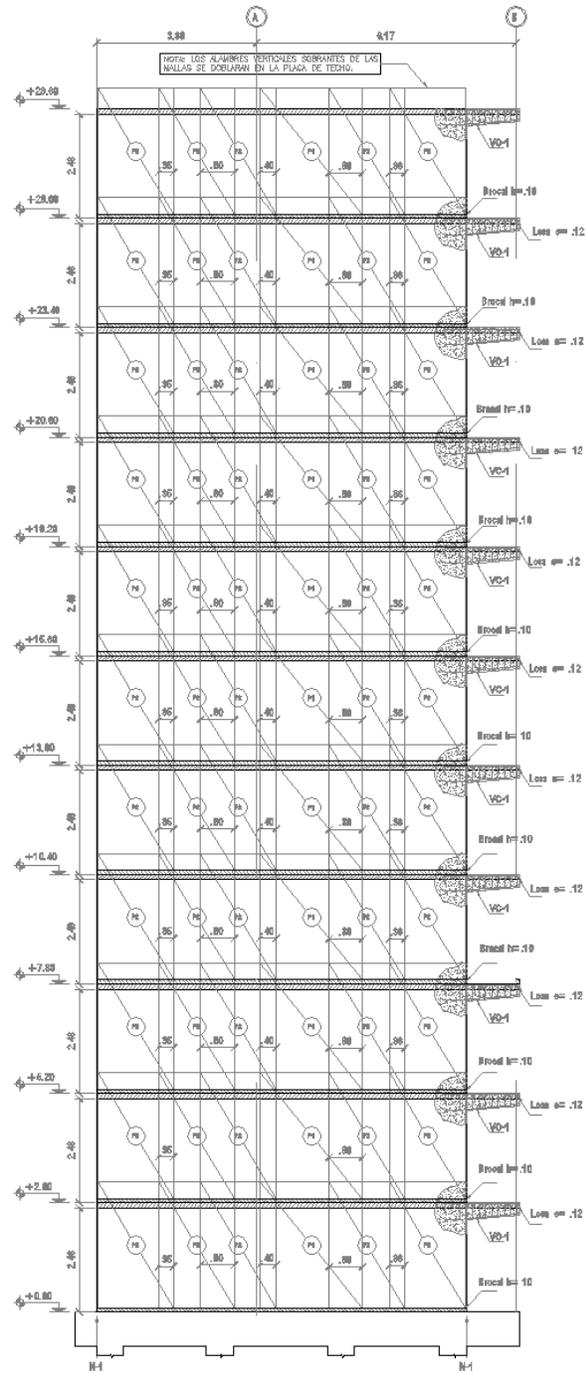
Anexo A. 30. Plano de colocación de mallas en Pantallas. Desarrollo Habitacional MACA. Fuente: Propietario.



Anexo A. 31. Plano de Planta Tipo. Conjunto Residencial Teatros II. Fuente: FUNVISIS.



Anexo A. 33. Detalle de colocación de mallas en Pantallas. Conjunto Residencial Teatros II.
Fuente: FUNVISIS.



PANTALLA 7=12
EBC 1:76

Anexo A. 35. Detalle de armado de muros. Guásimal. Maracay. Fuente: BZS Venezuela.

