

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO HABITECHO

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los Brs.:

Mejias Hernandez, Johan Ramon

Silva Amigo, Gabriela Cristina

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, 2010

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO HABITECHO

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Ricardo Bonilla

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs.:
Mejias Hernandez, Johan Ramon
Silva Amigo, Gabriela Cristina
Para optar al Título de
Ingeniero Civil

Caracas, 2010

ACTA

El día 09 de Noviembre de 2010 se reunió el jurado formado por los profesores:

Ricardo Bonilla

Eliud Hernández

José Manuel Velásquez

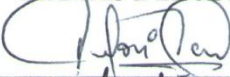
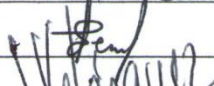
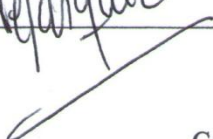
Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: "**ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO HABITECHO**".
Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

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

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Johan Ramón Mejías Hernández	20	veinte
Br. Gabriela Cristina Silva Amigo	20	veinte.

Recomendaciones:

FIRMAS DEL JURADO

Caracas, 09 de Noviembre de 2010

DEDICATORIA

A Pilar Amigo y Raúl Silva

Mis padres, su carácter, esfuerzo y amor incondicional hicieron posible este logro.

Con amor.

Gabriela Cristina Silva Amigo

A Chicho, Chispita y Toño.

Me colmo de honor al dedicar no solo esta investigación si no toda mi carrera a estos 3 ángeles que tuve la dicha de conocer y compartir gran parte de mis recuerdos de juventud con ellos. A su salud...

Siempre los tendré presentes.

Johan Mejias

AGRADECIMIENTOS

A dios por regalarme una bella familia, salud y todas las oportunidades que me han permitido lograr esta meta.

A mis padres, por su constante apoyo, dedicación y enseñanzas que me han convertido en la persona que hoy en día soy. Este logro es de ustedes, ya que día a día me llenan de orgullo, amor y esperanzas los amoo!!.

A mi hermano, por ser como es y estar siempre lleno de amor y alegría. A mi Tía Edita y “Socia” por estar con nosotros y enseñarnos la perseverancia con la que se debe luchar por vivir y salir adelante.

A la Universidad Central de Venezuela, por siempre mi casa de estudio, tus aulas, pasillos y profesores siempre serán únicos; e hicieron especiales cada día de mi carrera; por lo que me colma de orgullo ser Ucevista y pertenecer a la casa que Vence las Sombras.

A mis amigos y familia de la universidad, Andrea P., Cecilia, Andrea A., Natasha, Jennifer, Melissa, Alita, Edixon, Gabriel, Gary, Daniel, Ricky, Peter, Carlos, Nieto, Javier, Laura, Alcides, Alberto, Eduardo Y., Ale M., y Román; con los que pase momentos inolvidables que hicieron de la universidad un lugar mucho más especial. Los quierooo!!

A José Alirio y Juan José, su ayuda en este trabajo fue sumamente especial, Gracias!!.

A mis amigas (os), Karem, Ari, Michi, Milla, Dany, Lu, Ori y Rei, por todos los bellos recuerdos que tenemos juntos y el cariño que siempre será el mismo.

A la Sra. Oliva por brindarnos siempre un hogar donde trabajar, junto con sus anécdotas y ricas comidas.

A nuestro tutor Ricardo Bonilla por su excelente disposición, dedicación y conocimientos; mil gracias por toda la ayuda y orientación que hicieron posible este trabajo.

A mi compañero!, por su amor y dedicación que hicieron esta Investigación posible; a pesar de todos los obstáculos; Lo logramos! Te amo.

Con inmenso cariño a todos mil Gracias!!

Gabriela Silva.

Primero que nada agradezco a Dios, ya que sin su apoyo incondicional este logro no hubiese sido posible. A mi abuelo Samuel que siempre lo considere un forjador de sueños, ayudando a todo aquel que pudo, ya que su sueño fue ese siempre, crear sueños a la juventud.

La causa de todo este logro se debe a mis padres, siendo ellos los responsables de formarme con los guamos necesarios para alcanzar las distintas metas de mi vida en especial esta, doy gracias a dios por haberme permitido ser su hijo. Los amos de corazón. Hermana ¿que no te agradezco yo? has estado conmigo siempre al pie del cañón, guiándome y aconsejándome como hermana mayor y como mi mejor amiga, este logro es tanto mío como tuyo. Te amo con toda mi alma.

Oliva, la mejor abuela que un nieto puede tener, fue mi compañera a lo largo de mi carrera, la causante de mi bienestar día a día. Me hizo sentir como un rey por el simple hecho de estudiar, te agradezco todo ese amor brindado, ya que sin ti, abuela hubiese sido muuucho más difícil lograr esta meta. El apoyo de mi familia en Especial Mi padrino Ebelio, Tía Negra, Tía Coro, Tío Samuel, Luxmar, Marvelis, Eloisa, mi Abuela Angelina, Tía Consuelo.... Son tantos que es difícil colocar todos, fueron impulso y fuerza para seguir adelante y culminar mi carrera, gracias familia.

Agradezco a nuestro tutor, Ricardo Bonilla por habernos brindado su apoyo y conocimiento, siendo estos clave fundamental para obtener el producto final de este logro.

A la Sra. Pilar por dejarme pernotar en su casa y ayudar a que este triunfo fuera posible.

Le agradezco a Ignacio, Deneb, Marisela, Gabriel F., Gary, Daniel, Natasha, Melissa, Edixon, Ricky, Alita, Peter, Guaraira, Andrea T., Andrea A., Josue, Jennita, Belkys, Samira, Carlos, Salvador, Chicho, Toño, Chispita, Alcides, Alberto, Cecilia, Carlos(Bombillo), Juan José, Jose Alirio, Omar, Amigos que me acompañaron y agregan a este triunfo un valor especial. Gracias muchachos...

Gabriela Silva siendo no solo la mujer que amo si no compañera de tesis, apoyándonos desde el primer momento para lograr lo que hoy en día somos. Comparto este triunfo que felizmente lo celebro junto a ella.

Doy gracias a la casa que vence las sombras la cual produjo escenarios gratificantes e inolvidables, haciendo que hoy en día me sienta orgulloso de ser UCEVISTA y llevar en alto su nombre a donde quiera que vaya.

“Poco a poco voy subiendo las escaleras de mi vida”

Johan Mejias.

Hernandez M., Johan R.

Silva A., Gabriela C.

ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO HABITECHO

Tutor Académico: Prof. Ricardo Bonilla.

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

Escuela de Ingeniería Civil. 2009, n° pág. 137.

Palabras claves: Ingeniería sismorresistente, Análisis no lineal, Dinámica de estructuras, Viviendas de interés social.

RESUMEN

Debido a la escasez de vivienda en Venezuela existen numerosos sistemas constructivos innovadores que buscan brindar una solución certera al problema habitacional. La principal dificultad que presentan los sistemas constructivos no tipificados es satisfacer el problema sísmico del país. Debido a esto resulta necesario un estudio de estos sistemas que permita garantizar su correcto funcionamiento ante un evento sísmico.

En esta investigación se selecciono el sistema constructivo Habitecho para ser evaluado ante las solicitaciones sísmicas mediante un análisis estático no lineal, este estudio hace referencia a la dinámica estructural del sistema para ser comparado con la norma sísmica venezolana (Norma Covenin 1756-2001).

Para el análisis estático no lineal se empleara el método FEMA-356 ya que permite estimar la demanda sísmica y verificar el desempeño de una estructura, con distribuciones de fuerzas laterales equivalentes e invariantes en la altura.

El estudio de este sistema constructivo disminuye la incertidumbre de su comportamiento estructural, aportando resultados necesarios para su evaluación sismorresistente.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>CAPITULO I</i>	2
1.1 Planteamiento del Problema	2
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Justificación y aportes	5
<i>CAPITULO II</i>	6
<i>MARCO TEORICO</i>	6
2.1. Sismología	6
2.2 Descripción General del Sistema Constructivo Habitecho	9
2.2.1. Construcciones Existentes	11
2.3. Método de Análisis Estático no Lineal	12
2.4. Método de Análisis Lineal	16
2.4.1. Capítulo 4.	16
2.4.2. Capítulo 5	17
2.4.3. Capítulo 6	18
2.4.4. Capítulo 9	19
2.4.5. Capítulo 10	19
<i>CAPITULO III</i>	20
<i>METODO</i>	20
3.1. Recolección de Información	20
3.2. Procesamiento de la Información	21
3.3. Calibración de los Ensayos con un Modelo de Pórticos	21

3.4. Análisis Estático No Lineal	22
3.5. Análisis Lineal.....	23
3.6. Revisión con la Norma Sísmica Venezolana y norma extranjera FEMA-356	23
CAPITULO IV	25
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	25
4.1. Materiales Constructivos	25
4.1.1. Concreto	25
4.1.2. Mortero de Pega	26
4.1.3. Acero de Refuerzo.....	26
4.1.4. Metal Desplegado o Malla Zen-Zen.....	26
4.1.5. Papel.....	27
4.2. Componentes Estructurales del Sistema	27
4.2.1. Viga de Carga.....	28
4.2.2. Columna	29
4.2.3. Nervios Transversales	30
4.2.4. Vigas de Riostra	30
4.3. Proceso Constructivo.....	31
4.3.1. Replanteo.....	32
4.3.2. Excavación	33
4.3.3. Armado de Pórticos	34
4.3.4. Colocación de vigas riostra	36
4.3.5. Vaciado de Columnas y Vigas Riostra	36
4.3.6. Armado y colocación de Nervios	37
4.3.7. Vaciado de Vigas de Carga	38
4.3.8. Colocación y vaciado de Bovedillas.....	39
4.3.9. Instalaciones Eléctricas y Sanitarias.....	40
4.3.10. Frisado y Acabados	40
CAPITULO V	43
ENSAYOS Y CALIBRACIÓN.....	43
5.1. Ensayos Preliminares Realizados por el IMME	43
5.1.1. Ensayos de Cilindros de Concreto	43

5.1.2. Características del Suelo.....	44
5.2. Diseño de Ensayo Pushover	45
5.3. Dimensiones del pórtico	46
5.4. Acero de Refuerzo en los Elementos Estructurales	47
5.5. Ensayos Realizados.....	49
5.5.1. Ensayo de pórtico con mampostería	49
5.5.2. Ensayo de Pórtico sin Mampostería con friso	50
5.5.3. Ensayo de Pórtico sin Mampostería sin Friso	51
5.6. Calibración de los Modelos Matemáticos	52
5.6.1. Pórtico con Mampostería	52
5.6.2. Pórtico sin Mampostería	54
<i>CAPITULO VI</i>	<i>56</i>
<i>ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL DEL SISTEMA HABITECHO</i>	<i>56</i>
6.1. Descripción.....	56
6.2. Secciones Transversales	57
6.2. Normas Utilizadas	59
6.3. Materiales Usados Para el Diseño	59
6.3.1. Concreto	59
6.3.2. Acero de Refuerzo.....	59
6.4. Cargas utilizadas en el diseño.....	60
6.5. Condiciones del Análisis Estático no Lineal.....	63
6.5.1. Análisis de Cargas Gravitacionales	63
6.5.2. Análisis de Carga Lateral	64
6.6. Solicitaciones Sísmicas	64
6.6.1. Revisiones Realizadas.....	65
6.6.2. Curva de Demanda y Capacidad Sísmica	65
6.6.3. Ductilidad Desarrollada.....	68
6.6.4. Derivas Máximas Desarrolladas.....	70
6.6.5. Modos y Masas participativas	72

6.6.6.	Efecto P-delta (P- Δ).....	72
6.7.	Análisis de las Revisiones	73
CAPITULO VII.....		75
ANALISIS LINEAL DEL SISTEMA HABITECHO.....		75
7.1.	Descripción General del Sistema.....	75
7.2.	Normas utilizadas	76
7.3.	Materiales Usados Para el Diseño	77
7.4.	Cargas utilizadas en el diseño.....	77
7.5.	Combinaciones de Efectos.....	77
7.6.	Solicitaciones Sísmicas	78
7.7.	Determinación de los modos de vibración.....	81
7.8.	Revisiones Realizadas.....	81
7.8.1.	Modos y Masa Participativa.	81
7.8.2.	Corte Basal ante Acciones Sísmicas.	82
7.8.3.	Derivas elásticas e inelásticas.....	84
7.8.4.	Relación Demanda/Capacidad en Columnas.....	87
7.8.5.	Criterio Columna Fuerte/Viga Débil	90
7.9.	Análisis de las Revisiones.	91
CAPITULO VIII		94
PROPUESTA DE MODIFICACION DEL SISTEMA		94
CONSTRUCTIVO HABITECHO		94
8.1.	Revisiones Realizadas.....	95
8.1.1.	Relación Demanda/Capacidad en columnas.....	95
8.1.2.	Criterio Columna Fuerte/Viga Débil.	97
8.1.3.	Curva de Demanda y Capacidad Sísmica	98
CAPITULO IX		102
ANALISIS DE RESULTADOS.....		102

9.1. Ensayos	102
9.1.1. Ductilidad	102
9.2. Análisis Estático No Lineal	102
9.2.1. Demanda/Capacidad.....	102
9.2.2. Derivas	103
9.3. Análisis Lineal.....	103
9.3.1. Derivas	103
9.3.2. Demanda/Capacidad.....	103
9.3.3. Columna Fuerte/Viga débil	103
9.4. Comparación del Método de Análisis Estático No lineal con el Método de Análisis Lineal.....	104
9.5. Propuesta de Modificación del Sistema Constructivo Habitecho	104
9.5.1. Demanda/Capacidad.....	104
9.5.2. Columna Fuerte/Viga Débil	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
Recomendaciones	106
BIBLIOGRAFIA.....	108
ANEXOS.....	111
1. Ensayos de Pórticos Realizados por el IMME.....	112
2. Detalles Constructivos	113
3. Viviendas Construidas.....	114
APENDICE	117

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo II

TABLA II - 1. VIVIENDAS TIPO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO HABITECHO.	9
TABLA II - 2. LOCALIZACIÓN DE VIVIENDAS A NIVEL NACIONAL.....	11
TABLA II - 3. VALORES RECOMENDADOS DEL FACTOR C_0	13
TABLA II - 4. VALORES RECOMENDADOS DEL FACTOR C_2	14

Capítulo IV

TABLA IV- 1. CARACTERÍSTICAS DE CERCHA ESTÁNDAR.....	26
--	----

Capítulo V

TABLA V- 1. DOSIFICACIÓN PARA $F'C=180\text{KG}/\text{CM}^2$	44
TABLA V- 2. RESULTADOS CONO DE ARENA.	45
TABLA V- 3 ACERO COLOCADO EN LAS COLUMNAS.....	48
TABLA V- 4 ACERO COLOCADO EN LAS VIGAS DE CARGA.	48
TABLA V- 5 ACERO COLOCADO EN LAS VIGAS DE RIOSTRAS 48	
TABLA V- 6 DUCTILIDAD DEL PÓRTICO CON MAMPOSTERÍA.....	50
TABLA V- 7 DUCTILIDAD DEL PÓRTICO SIN MAMPOSTERÍA.	52
TABLA V- 8. MOMENTOS CEDENTES CON MAMPOSTERÍA.....	54
TABLA V- 9 MOMENTOS CEDENTES SIN MAMPOSTERÍA.	55

Capítulo VI

TABLA VI- 1. SECCIONES TRANSVERSALES DE COLUMNA, VIGA DE CARGA Y DE RIOSTRA.	58
TABLA VI- 2 SECCIONES TRANSVERSALES DE NERVIOS Y DIAGONALES.....	58
TABLA VI- 3. PESOS DE LA ESTRUCTURA.	60
TABLA VI- 4 CARGAS NO ESTRUCTURALES DE PLANTA BAJA 61	
TABLA VI- 5 CARGAS NO ESTRUCTURALES DE PLANTA ALTA OCUPADA..... 61	
TABLA VI- 6 CARGAS NO ESTRUCTURALES DE PLANTA ALTA (TERRAZA CON ACCESO). 61	
TABLA VI- 7 CARGAS NO ESTRUCTURALES DE PLANTA TECHO. 62	
TABLA VI- 8 CARGAS NO ESTRUCTURALES DE ESCALERAS..... 62	
TABLA VI- 9 PESOS DE LA VIVIENDA UTILIZADOS EN SAP2000. 63	
TABLA VI- 10 ELECCIÓN DE LOS ESPECTROS DE RESPUESTA..... 65	
TABLA VI- 11 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LA CURVA DE CAPACIDAD SÍSMICA..... 66	

TABLA VI- 12 COMPARACIÓN DE DUCTILIDAD DESARROLLADA POR DIRECCIÓN.	70
TABLA VI- 13 FACTOR DE SEGURIDAD EN FUNCIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS.	70
TABLA VI- 14 DERIVA MÁXIMA DE LA ESTRUCTURA.....	71
TABLA VI- 15 COMPARACIÓN DE DERIVAS EN DIRECCIÓN “X” Y “Y”.	71
TABLA VI- 16 MASA PARTICIPATIVA POR DIRECCIÓN.	72
TABLA VI- 17 INCIDENCIA DEL EFECTO P-DELTA EN LAS COLUMNAS.	73

Capítulo VII

TABLA VII- 1. PESO DE LA VIVIENDA UTILIZADO EN ETABS.....	77
TABLA VII- 2. COMBINACIONES DE EFECTOS.	78
TABLA VII- 3 VALORES DE T^* , B Y P.	79
TABLA VII- 4. MASA PARTICIPATIVA POR DIRECCIÓN.....	81
TABLA VII- 5. RESULTADOS DE T^* , AD^* , M Y VO^*	82
TABLA VII- 6. REVISIÓN DEL CORTE BASAL	83
TABLA VII- 7. CORTES DE PISO EN CADA DIRECCIÓN.....	83
TABLA VII- 8. REVISIÓN CORTE BASAL DE PISO.	84
TABLA VII- 9. VALORES FINALES DE VO^*	84
TABLA VII- 10. DESPLAZAMIENTO LATERAL DE PISO.	84
TABLA VII- 11. DESPLAZAMIENTO LATERAL TOTAL POR DIRECCIÓN.	85
TABLA VII- 12. VALORES LÍMITES	86
TABLA VII- 13. VERIFICACIÓN DE LOS VALORES DE DERIVA DEL NIVEL 2.....	87
TABLA VII- 14. ACERO COLOCADO Y REQUERIDO EN COLUMNAS	89

Capítulo VIII

TABLA VIII- 1. DIMENSIONES Y ACERO MODIFICADO.....	95
TABLA VIII- 2 TABLA RESUMEN CURVA DEMANDA/CAPACIDAD.	101
TABLA VIII- 3 FACTORES DE SEGURIDAD DE LA PROPUESTA DE VIVIENDA.....	101

Capítulo IX

TABLA IX- 1. DUCTILIDAD Y FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA DE LOS ENSAYOS.....	102
--	-----

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Capítulo II

ILUSTRACIÓN II - 1. SISTEMA DE FALLAS DE VENEZUELA.	7
ILUSTRACIÓN II - 2. FOCO Y EPICENTRO DE UN SISMO.	8
ILUSTRACIÓN II - 3. ACERO DE REFUERZO.	10
ILUSTRACIÓN II - 4. MALLA ZEN-ZEN Y VACIADO DE CONCRETO.	11
ILUSTRACIÓN II - 5. ESQUEMA DEL CÁLCULO DE LA CURVA DE CAPACIDAD SÍSMICA.	15
ILUSTRACIÓN II - 6. MAPA DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE VENEZUELA.	17

CAPÍTULO IV

ILUSTRACIÓN IV- 1. DETALLE DE MALLA ZEN-ZEN Y PAPEL.	27
ILUSTRACIÓN IV- 2. VISTA DE PLANTA DE LA VIGA DE CARGA.	28
ILUSTRACIÓN IV- 3. SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA VIGA DE CARGA.	29
ILUSTRACIÓN IV- 4. SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA COLUMNA.	29
ILUSTRACIÓN IV- 5. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL NERVIO.	30
ILUSTRACIÓN IV- 6. SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA VIGA DE RIOSTRA.	31
ILUSTRACIÓN IV- 7. TRANSPORTE DE UNA UNIDAD DE VIVIENDA.	31
ILUSTRACIÓN IV- 8. REPLANTEO TRIANGULAR.	32
ILUSTRACIÓN IV- 9. DEMARCACIÓN DEL PERÍMETRO.	33
ILUSTRACIÓN IV- 10. PREPARACIÓN DEL TERRENO.	33
ILUSTRACIÓN IV- 11. VISTA PRELIMINAR DEL SUELO.	34
ILUSTRACIÓN IV- 12. COLOCACIÓN DE VIGAS DE CARGA EN SITIO.	34
ILUSTRACIÓN IV- 13. UNIÓN DE VIGAS DE CARGAS.	35
ILUSTRACIÓN IV- 14. MONTAJE DE VIGAS DE CARGAS.	35
ILUSTRACIÓN IV- 15. VISTA DE VIGAS Y COLUMNAS ARMADAS.	36
ILUSTRACIÓN IV- 16. VACIADO DE COLUMNA Y VIGA RIOSTRA.	37
ILUSTRACIÓN IV- 17. ENSAMBLAJES DE NERVIOS.	38
ILUSTRACIÓN IV- 18. VACIADO DE VIGAS DE CARGAS.	38
ILUSTRACIÓN IV- 19. COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS.	39
ILUSTRACIÓN IV- 20. VACIADO DE BOVEDILLAS.	39
ILUSTRACIÓN IV- 21. PANEL SANITARIO.	40
ILUSTRACIÓN IV- 22. VISTA DE ACABADO DE TECHO Y COLUMNAS.	41
ILUSTRACIÓN IV- 23. VISTA DE UNA UNIDAD DE VIVIENDA TERMINADA.	41

Capítulo V

ILUSTRACIÓN V- 1 ASENTAMIENTO VS FUERZA.....	45
ILUSTRACIÓN V- 2. UBICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	46
ILUSTRACIÓN V- 3. VISTA DE PLANTA VIGA RIOSTRA.....	47
ILUSTRACIÓN V- 4. VISTA DE PERFIL PÓRTICO HABITECHO.	47
ILUSTRACIÓN V- 5 ACERO EXPUESTO DE LA COLUMNA.	49
ILUSTRACIÓN V- 6 FUERZA VS DESPLAZAMIENTO DEL ENSAYO DEL PÓRTICO.....	50
ILUSTRACIÓN V- 7. FUERZA VS DESPLAZAMIENTO DEL ENSAYO DEL PÓRTICO SIN MAMPOSTERÍA Y CON FRISO.....	51
ILUSTRACIÓN V- 8. FUERZA VS DESPLAZAMIENTO DEL ENSAYO DEL PÓRTICO SIN MAMPOSTERÍA Y SIN FRISO.....	51
ILUSTRACIÓN V- 9. ENVOLVENTE DE FUERZA VS DESPLAZAMIENTO DE ENSAYO Y MODELO CON MAMPOSTERÍA.	53
ILUSTRACIÓN V- 10 MODELO MATEMÁTICO CON MAMPOSTERÍA.	53
ILUSTRACIÓN V- 11. ENVOLVENTE DE FUERZA VS DESPLAZAMIENTO DE ENSAYO Y MODELO SIN MAMPOSTERÍA.	54
ILUSTRACIÓN V- 12. MODELO MATEMÁTICO SIN MAMPOSTERÍA..	55

Capítulo VI

ILUSTRACIÓN VI- 1.VISTA DE PERFIL DEL MODELO.	56
ILUSTRACIÓN VI- 2 VISTA DE PLANTA DEL MODELO.....	57
ILUSTRACIÓN VI- 3 ESPECTROS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS.	65
ILUSTRACIÓN VI- 4 CURVA DEMANDA/CAPACIDAD EN DIRECCIÓN “X”. SISMO 500 AÑOS.....	66
ILUSTRACIÓN VI- 5 CURVA DEMANDA/CAPACIDAD EN DIRECCIÓN “Y”. SISMO 500 AÑOS	67
ILUSTRACIÓN VI- 6 CURVA DE DEMANDA/CAPACIDAD EN DIRECCIÓN “X”. SISMO 1000 AÑOS.....	67
ILUSTRACIÓN VI- 7 CURVA DEMANDA/CAPACIDAD EN DIRECCIÓN “Y”. SISMO 1000 AÑOS.....	68
ILUSTRACIÓN VI- 8 CURVA DEMANDA/CAPACIDAD EN DIRECCIÓN “X” CON MODELO BILINEAL.....	69
ILUSTRACIÓN VI- 9. CURVA DEMANDA/CAPACIDAD EN DIRECCIÓN “Y” CON MODELO BILINEAL.	69
ILUSTRACIÓN VI- 10 CRITERIO PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL.	74

Capítulo VII

ILUSTRACIÓN VII- 1. VIVIENDA MODELADA EN ETABS.....	76
ILUSTRACIÓN VII- 2. ESPECTRO DE DISEÑO ELÁSTICO.....	80
ILUSTRACIÓN VII- 3. CORTE DE PISO ANTE LAS ACCIONES SÍSMICAS.....	83
ILUSTRACIÓN VII- 4. DESPLAZAMIENTO LATERAL POR PISO.....	85
ILUSTRACIÓN VII- 5. REVISIÓN DEMANDA CAPACIDAD ELEVACIÓN 2.....	87
ILUSTRACIÓN VII- 6. REVISIÓN DEMANDA CAPACIDAD ELEVACIÓN 3.....	88
ILUSTRACIÓN VII- 7. NOMENCLATURA DE COLUMNAS.....	89
ILUSTRACIÓN VII- 8. RELACIÓN COLUMNA FUERTE/ VIGA DÉBIL PARA ELEVACIÓN 2.	90
ILUSTRACIÓN VII- 9. RELACIÓN COLUMNA FUERTE/ VIGA DÉBIL PARA LA ESTRUCTURA.	91

Capítulo VIII

ILUSTRACIÓN VIII- 1 DEMANDA/CAPACIDAD DE LA ESTRUCTURA ELEVACIÓN 2.	96
ILUSTRACIÓN VIII- 2 DEMANDA/CAPACIDAD DE LA ESTRUCTURA ELEVACIÓN 3.....	96
ILUSTRACIÓN VIII- 3 COLUMNA FUERTE/ VIGA DÉBIL. ELEVACIÓN 2.	97
ILUSTRACIÓN VIII- 4 COLUMNA FUERTE/ VIGA DÉBIL. ELEVACIÓN 3.	98
ILUSTRACIÓN VIII- 5 CURVA DEMANDA/CAPACIDAD EN DIRECCIÓN “X” SISMO 500 AÑOS.	99
ILUSTRACIÓN VIII- 6 CURVA DEMANDA/CAPACIDAD EN DIRECCIÓN “Y” SISMO 500 AÑOS.	99
ILUSTRACIÓN VIII- 7 CURVA DEMANDA/CAPACIDAD EN DIRECCIÓN “X” SISMO 1000 AÑOS.	100
ILUSTRACIÓN VIII- 8 CURVA DEMANDA/CAPACIDAD EN DIRECCIÓN “Y” SISMO 1000 AÑOS.	100

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el tema habitacional en Venezuela despierta gran inquietud debido al desabastecimiento de viviendas a lo largo de la historia; resultando un elevado porcentaje de la población sin poder optar por una vivienda digna que contemple los servicios básicos y a su vez sea una estructura sismorresistente avalada y verificada por las normas Venezolanas. En consecuencia se presenta un problema a nivel Nacional específicamente en la parte central del país donde las soluciones de interés social en las que predominan aspectos favorables como sistemas constructivos de bajo costo y tiempos menores de ejecución no han sido evaluadas ante solicitudes sísmicas.

El sistema constructivo Habitecho cumple con los requisitos de interés social; sin embargo no ha sido verificado como una estructura sismorresistente. Debido a estos dos aspectos sumados a la gran cantidad de viviendas construidas con este sistema en diversas zonas del territorio nacional surge la necesidad de evaluar dicho sistema mediante herramientas de computación conocidas como SAP 2000 y ETABS.

En este trabajo especial de grado se presenta una evaluación bajo el análisis no lineal estático mediante el método FEMA-356 con la ayuda del programa SAP2000 donde se obtendrá una curva de capacidad resistente sísmica representativa al desempeño de la estructura, con dicho estudio y el análisis lineal realizado con la ayuda del programa ETABS mediante el método de análisis dinámico espacial de superposición modal con 3 grados de libertad por piso se tendrán parámetros a verificar bajo la norma COVENIN 1756-2001 como lo son: corte basal, derivas máximas, demanda/capacidad, efecto de columna fuerte/viga débil, entre otros.

CAPITULO I

1.1 Planteamiento del Problema

En Venezuela la demanda habitacional que existe excede significativamente el número de viviendas que son ejecutadas y provisionadas tanto por el sector público como por el privado. Este déficit alcanzó 1,5 millones de viviendas para el año 2005 según la Cámara Venezolana de la Construcción, en la actualidad se estiman cifras sobre los 2 millones 500 mil viviendas (Primicias24, 3/6/2010). Acarreando como consecuencia que gran parte de la población venezolana acceda al pago de altos costos de alquiler, construcción de viviendas informales, invasión de terrenos desalojados o no aptos para su uso.

La necesidad de soluciones al problema habitacional incentiva el desarrollo de métodos constructivos que permitan optimizar los tiempos de construcción, disminuir los costos de inversión y mano de obra, para obtener viviendas accesibles a la población venezolana. Entre los nuevos métodos constructivos se encuentra el sistema constructivo Habitecho, el cual brinda facilidad a las personas para construir su vivienda utilizando tecnología e insumos nacionales de fácil manipulación, bajo peso y sencilla instalación.

El sistema constructivo Habitecho fue creado por el Arquitecto Baudilio González y llevado a cabo por la Corporación Donbau S.A. empresa fundada en el año 1954 y orientada al desarrollo de nuevos sistemas constructivos. Existen diversas construcciones con el sistema constructivo Habitecho en distintas zonas de Venezuela; entre ellas se pueden mencionar las comunidades de El Viñedo y La Vaquera, Municipio Girardot, Estado Aragua con más de cien casas de dos niveles, las cuales se encuentran habitadas.

Se cuenta en Venezuela con numerosas propuestas de sistemas constructivos no tipificados los cuales resulta conveniente estudiar mediante ensayos y modelos teóricos que permitan garantizar su seguridad estructural ante eventos sísmicos. Puesto que las zonas de mayor amenaza sísmica coinciden con las ciudades más pobladas del país como Caracas, Valencia, Maracay, entre otras.

Lo innovador del sistema constructivo Habitecho no permite que se encuentre tipificado entre los parámetros de las Normas Sísmicas y de Construcción Venezolanas norma COVENIN (1756-2001 y 1753-2000) respectivamente, por lo cual no ha sido posible verificar si es capaz de resistir las fuerzas sísmicas estipuladas por estas normas.

Con este Trabajo Especial de Grado se busca verificar los parámetros sismorresistentes del sistema constructivo Habitecho modelando una estructura tipo del sistema mediante un programa computarizado donde se pueda analizar su comportamiento ante un evento sísmico y así mismo comprobar si cumple con las normas antes mencionadas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el sistema constructivo Habitecho ante las solicitaciones sísmicas especificadas por la normativa venezolana (COVENIN 1756-2001).

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Analizar los resultados obtenidos por los ensayos de pórticos a escala real contruidos por el sistema Habitecho realizados por el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Universidad Central de Venezuela.
2. Modelar los pórticos ensayados y una vivienda tipo del sistema constructivo Habitecho mediante el programa de computación SAP2000.
3. Realizar el análisis no lineal estático de los pórticos ensayados y de una vivienda tipo del Sistema Constructivo Habitecho.
4. Comparar los resultados obtenidos en el ensayo físico con los resultados de los modelos realizados mediante el programa el programa SAP2000.
5. Contrastar los resultados obtenidos de los ensayos y modelos con la norma sísmica venezolana (COVENIN 1756-2001)

1.3 Justificación y aportes

Uno de los motivos que impulsa a realizar esta investigación es la necesidad de conocer si el sistema constructivo Habitecho cumple con los requerimientos sísmicos de la norma venezolana; con el fin de avalarlo como un sistema confiable en cuanto a su sismorresistencia.

Asimismo los resultados de este Trabajo Especial de Grado podrán constituir un aporte al estudio y análisis del sistema constructivo Habitecho como alternativa constructiva eficiente y económica que permita satisfacer la demanda habitacional que sufre el país.

Siendo Venezuela un país con un elevado peligro sísmico la investigación a realizar resulta de gran importancia dada la necesidad existente de garantizar la seguridad de las personas que habitan las viviendas ya construidas y próximas a construir con este sistema ante un evento sísmico.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Sismología

En Venezuela una de las amenazas naturales más importantes a considerar es el riesgo sísmico producto del movimiento relativo entre las placas de El Caribe y América del Sur. La Academia de Ciencias Físicas Matemáticas y Naturales (1997) encontró que durante el periodo de 1530 a 1997 ocurrieron más de 130 terremotos que causaron algún tipo de daño, evidenciando la alta actividad sísmica que se presenta en el territorio venezolano.

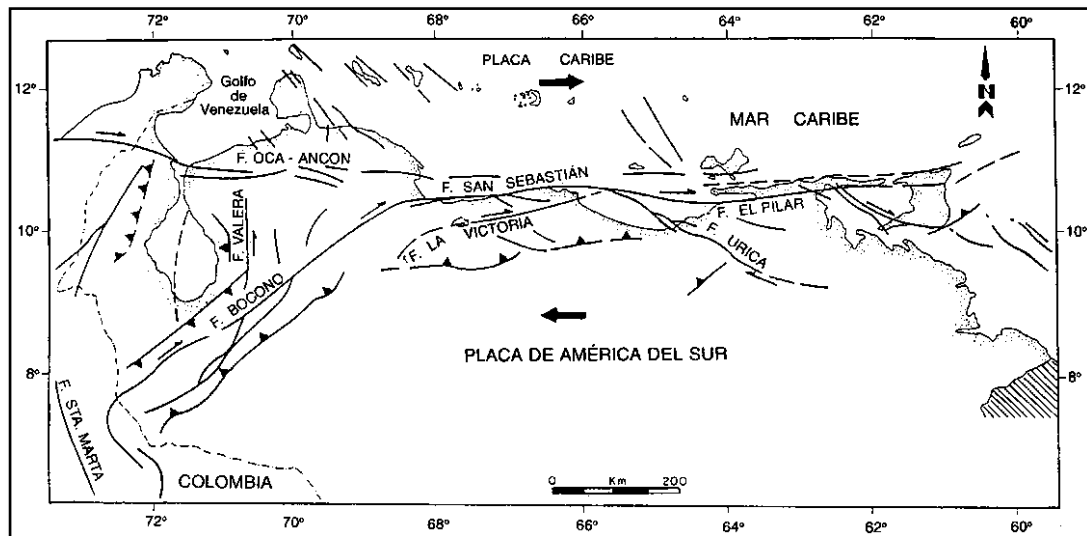
Existen lugares propensos a la ocurrencia de sismos como por ejemplo en las zonas llamadas fallas, donde se producen fracturas asociadas a los límites de las placas tectónicas dando lugar a movimientos de reajuste en el interior y en la superficie de la tierra.

La Academia de Ciencias Físicas Matemáticas y Naturales (1997) señala que la zona de mayor actividad sísmica en Venezuela corresponde a la franja de 100 km de ancho que se orienta a lo largo del sistema de fallas de Boconó - San Sebastián y El Pilar. Además de este sistema de fallas existen otros sistemas menores como por ejemplo: Oca-Ancón, Valera, La Victoria y Urica capaces de producir sismos importantes (ver Ilustración II-1).

Entre los sismos más relevantes que ha sufrido Venezuela se pueden mencionar: el sismo de 1941 en la Isla de Cubagua, el cual tuvo una magnitud de Mb 7,9 siendo el sismo de mayor intensidad registrado hasta la fecha. Le sigue el conocido terremoto

de 1812 con una magnitud de Mb 7,7 produciendo estragos en la ciudad de Caracas y Mérida. El Terremoto de Caracas en 1967 con intensidad de 6,5° en la escala de Richter. Y por último el Terremoto de Cariaco en 1997 de magnitud de 7,0.

Ilustración II - 1. Sistema de Fallas de Venezuela.



Fuente: Organización Panamericana de la Salud, 1997.

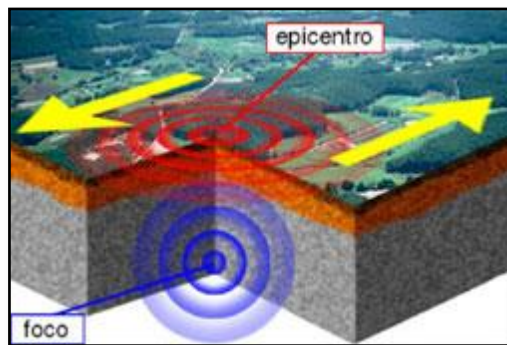
Debido a la enorme importancia que representa en la ingeniería sismorresistente la evaluación cuantitativa de un sismo cabe mencionar las diversas escalas de magnitud e intensidad que existen.

La escala de magnitud más utilizada a nivel mundial es la escala de Richter o también conocida como escala de magnitud local (ml); se fundamenta en que la amplitud de las ondas sísmicas es una medida de la cantidad de energía liberada. Esta escala es particularmente útil en la determinación de la magnitud de terremotos pocos profundos y fue desarrollada por Charles Richter en la década de 1930. Para terremotos profundos se utiliza la escala de Magnitud de Ondas de Cuerpo (mb) elaborada por Gutenberg en 1945.

Existen también escalas que permiten medir subjetivamente los efectos o daños causados por un sismo en personas, animales, estructuras y terreno en un lugar en particular. Entre estas se encuentra la escala de Mercalli es una escala de XII puntos, desarrollada para evaluar la intensidad de los terremotos a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras.

Por otra parte el lugar puntual idealizado de la tierra donde se produce el sismo se denomina foco sísmico o hipocentro y el epicentro es la proyección vertical del foco sobre la superficie terrestre. Esta proyección corresponde a la normal sobre el hipocentro, es decir, une en línea recta al hipocentro y epicentro tal como se aprecia en la Ilustración II-2.

Ilustración II - 2. Foco y Epicentro de un Sismo.



Fuente: Glosario Sismológico Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas.

Como se pudo observar la alta actividad sísmica que presenta Venezuela hace imprescindible el estudio de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras, lo que puede definirse como el límite en que se sobrepasa el nivel de capacidad de respuesta previsto ante una amenaza sísmica conocida.

2.2 Descripción General del Sistema Constructivo Habitecho

El sistema constructivo Habitecho en su trayectoria en materia constructiva a lo largo del territorio venezolano, ha modelado y ejecutado 6 viviendas tipo con dimensiones y distribuciones diferentes, acercándose a las necesidades de cada zona donde se ha ejecutado dichas obras. A continuación se muestra la Tabla II-1 donde se puede apreciar los diferentes tipos de viviendas.

Tabla II - 1. Viviendas tipo del sistema constructivo Habitecho.

NOMBRE	MODELO	DESCRIPCIÓN
Jonás	H80-1N-T2A-TP 3H 2B	80 m ² , con 1 nivel techo 2 aguas y techo plano 3 habitaciones y 2 baños.
Villa	H100 2N 4H 2B	100 m ² , con 2 niveles techo 2 aguas, techo plano, 4 habitaciones y 2 baños
Cubanita con escalera	H50 1N-TP-E 2H 1B	52 m ² , con 2 habitaciones y 1 baño, 1 nivel con terraza.
Vaquera	H90 2N-T2A TE 3H 2B	70 m ² , con terraza (20) m ² , 2 niveles, techo 2 aguas, 3 habitaciones y dos baños
Llanerita	H50-1N-TP-P 2H 1B	52 m ² , (MODELO H50-1N-TP-P 2H 1B) con 1 nivel , 2 habitaciones y 1 baño con porche
Llanera	H72-1N-TP-T2A-P 3H 2B	72 m ² , con 3 habitaciones y 2 baños con porche

Fuente: Elaboración propia.

El prototipo de vivienda Habitecho estudiada en este Trabajo Especial de Grado es el modelo (H90 2N 3H 2B) llamada la Vaquera de 90 m² con terraza de 20m², 2 niveles, techo a 2 aguas, 3 habitaciones y 2 baños. Este sistema se basa elementos de concreto que utilizan cerchas como refuerzo. Las cerchas forman parte de las losas, vigas de

carga, riostra y columnas En algunos elementos se colocan refuerzos adicionales con cabillas de bajo diámetro (Ver Ilustración II-3).

Las vigas y columnas se envuelven con malla zen-zen. (Ver Ilustración II-4) que funciona como molde donde se vacía el concreto sustituyéndose de esta manera el encofrado tradicional. Para evitar la pérdida de finos en el concreto se utiliza papel adherido a la malla zen-zen. La técnica de Habitecho no utiliza la madera como herramienta de construcción por lo tanto una de las ventajas del sistema es que al utilizarse menos materiales al momento de construir se reducen los gastos considerablemente.

Ilustración II - 3. Acero de Refuerzo.



Fuente: Corporación Donbau S.A.

El primer trabajo que se despliega con esta tecnología es la construcción de la Villa Bolivariana para los Juegos Deportivos nacionales 2003, en el que se culminaron alrededor de 500 casas en un lapso de 6 meses.

Ilustración II - 4. Malla Zen-Zen y vaciado de concreto.



Fuente: Corporación Donbau S.A.

2.2.1. Construcciones Existentes

Tabla II - 2. Localización de viviendas a nivel nacional.

PERIODO	ENTE CONTRATANTE	ESTADO Y/O UBICACIÓN	ZONA	DESCRIPCION
2003-2004	Gobernación del estado Cojedes INDHUR	San Carlos-Edo. Cojedes	San. Carlos	450 viviendas Villa Deportiva Bolivariana Cojedes 2003
2004 – 2005	Red de tiendas Prosein. Mil Ceramicas	En todo el país	Varias	200 viviendas
2005	Interconstructora 26, C.A.	Barcelona Estado Anzoátegui	Barcelona	Centro de Recuperación Integral (CRI) Barrio Adentro 2
2005	Interconstructora 26, C.A.	Barcelona Estado Anzoátegui	Barcelona	Sala de Recuperación Integral (SRI) Barrio Adentro 2
2005	Interconstructora 26, C.A.	Barcelona Estado Anzoátegui	Barcelona	Centro de Diagnóstico Integral (CDI) Barrio Adentro 2
2006	O.C.V. Villas de Aragua	Villa de Cura, Estado Aragua	Villa de Cura	Terrazas de Aragua
2006	Mancomunidad de consejos comunales de el Viñedo y la Vaquera	Maracay, Estado Aragua	San Vicente y La Vaquera.	2.037 Sustituciones de Ranchos (en ejecución)

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Método de Análisis Estático no Lineal

En el diseño sismorresistente es fundamental verificar el desempeño sísmico de las estructuras ante las diversas acciones sísmicas a las que puede verse sometida durante su vida útil. Siendo el objetivo principal conocer el comportamiento estructural de la edificación con el fin de evitar colapsos durante sismos de gran intensidad o daños considerables durante sismos moderados; frecuentes en la mencionada vida útil de las construcciones.

Existen varios criterios para afirmar el buen desempeño de una estructura frente a un evento sísmico; el primero es asegurar que la estructura trabaje dentro del rango lineal de los materiales, lo cual es ideal pero poco viable. El segundo criterio utilizado para el diseño de la gran mayoría de edificios, consiste en permitir que la estructura incurra en el rango inelástico, con la finalidad de aumentar su capacidad de disipación de energía, disminuyendo las fuerzas de diseño y a su vez reduciendo considerablemente los costos de construcción.

En un estudio sobre la evaluación de los métodos de análisis estático no-lineal López y Del Re Ruiz (2008) afirmaron que la determinación precisa de la respuesta de las estructuras ante la acción de los movimientos sísmicos requiere de técnicas de análisis dinámico no-lineal (ADNL), para incorporar la variación en el tiempo de las propiedades inelásticas de los materiales y determinar la historia de las respuestas. Sin embargo estas técnicas exigen un gran volumen y tiempo de cálculo aún con los veloces procesadores del siglo XXI, lo que hace en general impráctica su aplicación en el diseño estructural.

El daño estructural ante eventos sísmicos se encuentra directamente asociado con la demanda de desplazamientos, siendo estos los que proporcionan un comportamiento más real de la estructura. El Método de Coeficiente de Desplazamientos (MCD)

permite encontrar el desempeño sísmico de las estructuras, durante la ocurrencia de eventos sísmicos de moderados a severos mediante la determinación del desplazamiento lateral máximo. La idea de limitar los desplazamientos en las estructuras es controlar los daños que se admiten en la misma.

Considerando lo explicado anteriormente se decidió trabajar con un estudio de análisis estático no lineal utilizando las verificaciones que recomienda La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA 356) con el MCD; la cual propone la Ecuación II-1 para encontrar el desplazamiento máximo en el tope de un edificio.

$$D_t = C_0 \times C_1 \times C_2 \times C_3 \times S_a \times \frac{T_e^2}{4\pi^2} \quad \text{Ecuación II- 1. Desplazamiento máximo.}$$

C_0 es un factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral y el desplazamiento en el tope del edificio con valores que van desde 1 para edificaciones de un piso hasta 1,5 para más de 10 pisos. A continuación la Tabla II-3 presenta las recomendaciones del factor C_0 .

Tabla II - 3. Valores recomendados del factor C_0 .

NUMERO DE PISOS	VALOR DE C_0
1	1,0
2	1,2
3	1,3
5	1,4
Más de 10 pisos	1,5

Fuente: FEMA 356-2000.

C_1 es un factor que relaciona el desplazamiento inelástico máximo esperado con el desplazamiento calculado para la respuesta elástica lineal.

FEMA 356-2000 recomienda estos valores para el factor C_1

$$C_1 = 1 \quad T_e \geq T^*$$

$$C_1 = 1,5 \quad T_e < 0,1$$

C_2 es un factor que toma en cuenta los efectos de degradación de rigidez, pérdida de resistencia y el estrangulamiento de los ciclos histeréticos.

Tabla II - 4. Valores recomendados del factor C_2 .

NIVEL DE DESEMPEÑO	C2
Inmediatamente ocupacional	1,0
Seguridad de vida	1,3
Prevención de colapso	1,5

Fuente: FEMA 356-2000.

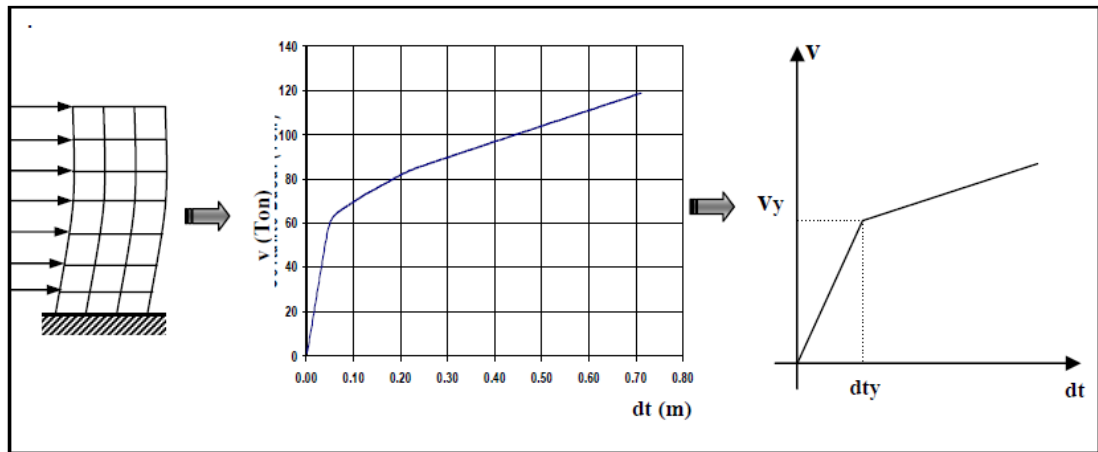
C_3 representa el incremento de desplazamiento, debido al efecto P- Δ . Para estructuras con rigidez post fluencia positiva el valor de $C_3 = 1$. Caso contrario se usa una serie de ecuaciones recomendadas por FEMA 356-2000. Por otra parte S_a representa la aceleración espectral elástica asociada al periodo fundamental efectivo T_e .

El MCD hace uso de la curva de capacidad sísmica resistente de la estructura, la cual se obtiene mediante la Técnica del pushover. Dicha técnica consiste en aplicar cargas laterales cíclicas crecientes en una dirección hasta llevar al colapso la estructura Aguiar (2003).

En la Ilustración II-5 se puede observar la Técnica de Pushover aplicada a un pórtico plano el cual es sometido a las cargas laterales antes mencionadas. Para cada incremento de carga lateral se obtiene una relación entre el corte basal V_o y el desplazamiento lateral máximo dt ; lo cual permite determinar la curva de capacidad de la estructura como se muestra en la parte central de la ilustración. De la grafica de capacidad se obtiene el modelo bilineal respectivo, conformado por dos zonas definidas como zona elástica y zona inelástica; tal y como se puede apreciar a la

derecha de la ilustración. El punto de cruce de las dos rectas formadas tiene como nombre punto de fluencia, este se forma al tiempo que una sección del pórtico alcanza su momento de agrietamiento por lo cual deja de comportarse elásticamente y entra en el rango inelástico.

Ilustración II - 5. Esquema del Cálculo de la Curva de Capacidad Sísmica.



Fuente: Roberto Aguiar Falconí. Monografías de Ingeniería Sísmica.

Cabe señalar que en el año 1954 Turner, Clough, Martin y Topp presentaron el MCD también conocido como el Método de las Rigideces, pero debido al desarrollo incipiente de la informática este método resulto impráctico para la época. Hoy en día haciendo uso de programas como SAP2000, IDARC, entre otros se puede encontrar de manera simplificada la curva de la capacidad sísmica resistente; facilitando en gran medida el MCD y con ello la determinación de la demanda sísmica a la que puede estar sometida una estructura.

2.4. Método de Análisis Lineal

Los proyectos de ingeniería civil de cualquier índole y magnitud en Venezuela están obligados al cumplimiento de normas de diseño y construcción, para garantizar así la seguridad estructural de las obras.

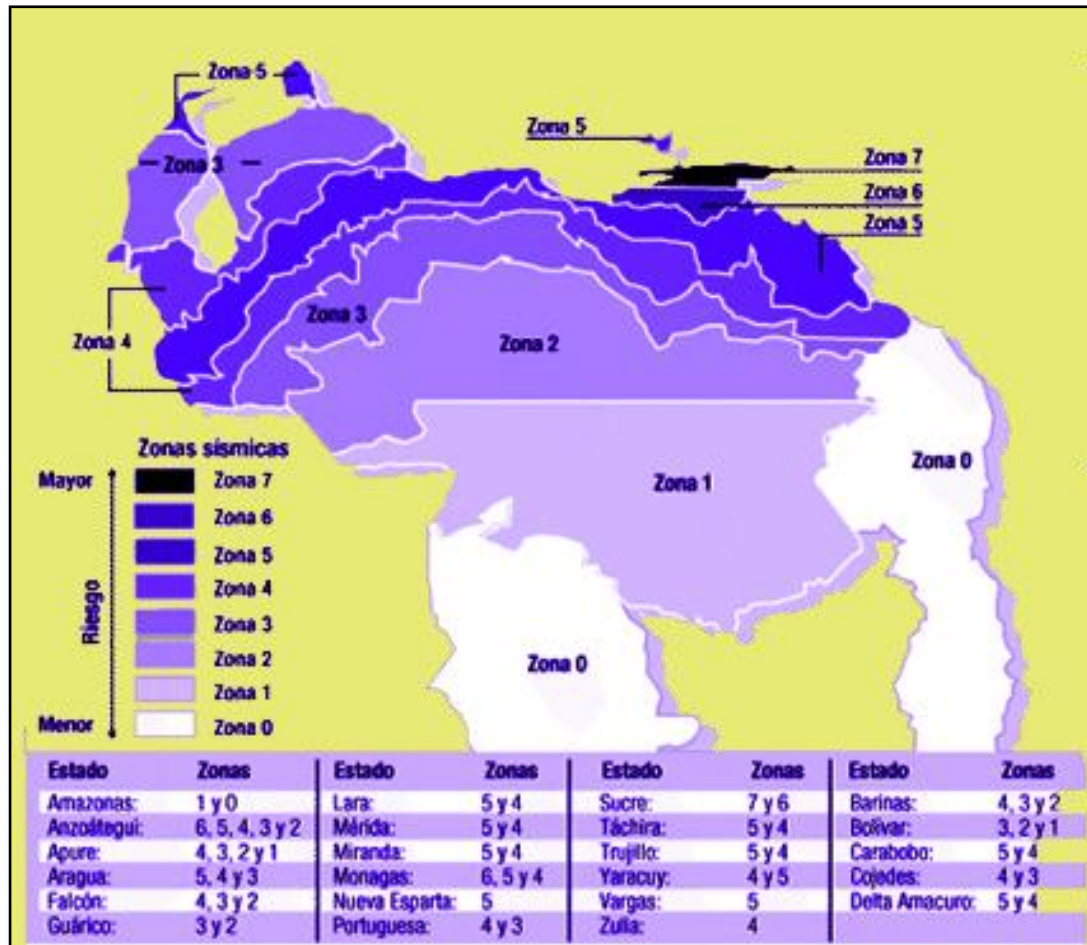
Siguiendo los parámetros descritos en la norma COVENIN 1756-2001 para edificaciones regulares que no excedan los 10 pisos de altura se recomienda el uso del método de Análisis Estático Equivalente; sin embargo para el caso de este Trabajo Especial de Grado se realizó un estudio más refinado recurriendo al método de Análisis Dinámico Espacial, con la finalidad de obtener resultados más próximos al comportamiento de la estructura.

En esta sección se presenta una recopilación de los capítulos y definiciones de la norma de Edificaciones Sismorresistentes COVENIN (1756-2001) utilizados en esta investigación.

2.4.1. Capítulo 4.

Debido a su comportamiento sísmico, Venezuela ha sido dividida en 8 zonas, las cuales se indican en el Mapa de Zonificación representado en la Ilustración II-6, mediante el cual se determina la zona sísmica a la que corresponde una estructura según su ubicación geográfica en el territorio nacional.

Ilustración II - 6. Mapa de zonificación sísmica de Venezuela.



Fuente: Mapa de zonificación (<http://tembloresysismos.blogspot.com>).

La zonificación descrita anteriormente permite definir el coeficiente de aceleración horizontal; el cual representa el cociente de la aceleración horizontal máxima entre la aceleración de la gravedad.

2.4.2. Capítulo 5

Considerando las características del perfil geotécnico del terreno de fundación se puede puntualizar la forma espectral, así como también el factor de corrección para el coeficiente de aceleración horizontal.

2.4.3. Capítulo 6

Este capítulo clasifica las estructuras según su uso, tipos de sistemas estructurales resistente a sismos y nivel de diseño requerido; con lo cual define el espectro de diseño a utilizar así como el factor de reducción de respuesta, siendo este ultimo un factor que divide las ordenadas del espectro de respuesta elástica para obtener el espectro de diseño.

Los espectros de diseño se obtienen generalmente mediante procedimientos estadísticos que consideran el efecto de varios terremotos, es decir, representan una envolvente de los espectros de respuesta de los terremotos típicos de una zona, suavizados mediante el factor de reducción de respuesta correspondiente al sistema resistente.

En su forma más simple el factor de reducción de respuesta, R, toma en consideración la ductilidad “D”, siendo esta la capacidad que poseen los componentes de un sistema estructural de hacer incursiones alternantes en el dominio inelástico, sin pérdida apreciable de su capacidad resistente, norma COVENIN (2002-1988), con lo que la norma COVENIN (1756-2001) comentarios, estipula la Ecuación II-1 Relacionando directamente la ductilidad con el factor “R”.

$$R = \frac{D}{0,8} \quad \text{Ecuación II- 2 Relación Ductilidad-Factor de Respuesta}$$

Donde:

R= Factor de Reducción de Respuesta.

D= Ductilidad Global.

2.4.4. Capítulo 9

Este capítulo presenta en su sección 9.6.2.1 las consideraciones necesarias para el cálculo de la respuesta dinámica de la estructura; considerando el numero de modos a realizar y el corte basal de la estructura según el método de análisis dinámico espacial de superposición modal con tres grados de libertad por nivel. Cabe indicar que el corte basal es el producto del peso de la estructura por la máxima aceleración horizontal resultante del análisis en el espectro elástico del diseño.

2.4.5. Capítulo 10

Este apartado muestra las consideraciones estipuladas para el cálculo de los desplazamientos y derivas máximas de las estructuras, las cuales son comparadas con un límite máximo de 0,018 para estructuras pertenecientes al grupo 2, es de recalcar que se entiende por deriva máxima a la diferencia de los desplazamientos máximos horizontales entre dos niveles distintos desde un mismo punto de referencia con respecto al eje vertical.

CAPITULO III

METODO

Para el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado se llevará a cabo una investigación teórica que proporcione la información y conceptos necesarios que permitan de forma práctica evaluar el sistema constructivo Habitecho ante sollicitaciones sísmicas.

3.1. Recolección de Información

La recopilación de información referente al sistema constructivo Habitecho se efectuará con el fin de conocer aspectos como la descripción del sistema, materiales empleados, métodos de montaje o ensamblado, y estudios asociados al comportamiento de la estructura. De igual forma se realizará una revisión de los parámetros sísmicos que se deben considerar al momento de evaluar el comportamiento de una estructura ante un evento sísmico según la norma sísmica venezolana (COVENIN 1756-2001) y la norma extranjera FEMA-356.

Por otra parte se obtendrán los resultados de los ensayos ante carga lateral realizado por el IMME a los diferentes pórticos contruidos por el sistema constructivo Habitecho.

La investigación se basará principalmente en:

- Libros, Monografías y revistas.

- Informes de investigación.
- Red Global de Información Digital (Internet).
- Fuente directa IMME.
- Fuente directa Corporación Donbau S.A.

3.2. Procesamiento de la Información

Posterior a la fase de recopilación de los datos obtenidos en los ensayos realizados por el IMME, se procesarán para obtener los resultados, gráficas y tablas necesarias para su comprensión.

La información concerniente al sistema constructivo Habitecho se organizará de forma clara y precisa lo cual facilite su futura interpretación siguiendo los siguientes parámetros:

- Descripción del sistema.
- Materiales constructivos.
- Componentes estructurales del sistema.
- Proceso constructivo.

3.3. Calibración de los Ensayos con un Modelo de Pórticos

Se ajustarán dos modelos matemáticos con los resultados de los ensayos:

- Modelo con mampostería: Este modelo constara de un pórtico, más diagonales que simulen la mampostería.

- Modelo sin mampostería: se cuenta con información de dos ensayos sin mampostería se realizara la calibración de un solo modelo matemático.

El procedimiento en el desarrollo de ambos modelos matemáticos será el de prueba y error, cambiando las propiedades de los elementos como módulos de elasticidad y momentos cedentes. Estos análisis de ajuste del modelo con la realidad de los ensayos se realizaran con el programa SAP2000.

3.4. Análisis Estático No Lineal

Haciendo uso de los resultados experimentales arrojados por la calibración como los momentos cedentes de cada elemento se llevará a cabo el análisis estático no lineal mediante el MCD con la herramienta SAP2000, en donde se definirán los parámetros característicos del sistema constructivo como lo son: materiales utilizados para su construcción, las dimensiones de las secciones de las columnas y vigas del sistema, así como el espectro de diseño y solicitaciones de la vivienda.

El sistema será evaluado mediante los procedimientos usados por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, de los Estados Unidos de Norte América. Rehabilitación Sísmica de Edificios FEMA (356-2000) bajo las recomendaciones dadas en la Norma 1756-2001 Edificaciones Sismorresistentes para estructuras no tipificadas.

Del producto de la evaluación se obtendrán resultados con lo que se concluirá el comportamiento sismorresistente de la vivienda estructural Habitecho.

3.5. Análisis Lineal

Se realizara un Análisis Dinámico Espacial de Superposición Modal con Tres Grados de Libertad por Nivel a una vivienda tipo del sistema constructivo Habitecho, siguiendo los lineamientos especificados en la norma venezolana para Edificaciones Sismorresistentes 1756-2001.

Utilizando el programa ETABS se ejecutará el modelado del sistema estructural de la vivienda, al igual que el realizado anteriormente en SAP2000, de lo que se obtendrán resultados en cuanto al desempeño sismorresistente de los elementos estructurales; los cuales serán revisados con la norma anteriormente mencionada.

3.6. Revisión con la Norma Sísmica Venezolana y norma extranjera FEMA-356

Una vez obtenidos los resultados anteriormente mencionados de los dos análisis se procederá a revisarlos con las normas FEMA-356 y COVENIN 1756-2001; con lo cual se definirá en ambos estudios el comportamiento de la vivienda estructural Habitecho.

Revisiones consideradas en el análisis no lineal:

- Curva de capacidad sísmica resistente. (FEMA-356)
- Ductilidad desarrollada en el sistema.
- Deriva máxima desarrollada. (COVENIN 1756-2001)
- Modos y masas participativas. (COVENIN 1756-2001)
- Efecto P-delta ($P-\Delta$).

Revisiones consideradas en el análisis lineal:

- Modos y masas participativas. (COVENIN 1756-2001)

- Corte Basal ante acciones sísmicas. (COVENIN 1756-2001)
- Derivas elásticas e inelásticas. (COVENIN 1756-2001)
- Relación Demanda/Capacidad en Columnas sometidas ante cargas axiales y momentos. (COVENIN 1753-2006)
- Columna Fuerte/Viga Débil. (COVENIN 1753-2006)

En consecuencia se obtendrá el desempeño de la estructura por dos metodologías distintas, para lograr como resultado, el reflejo más próximo y real del comportamiento sismorresistente del sistema constructivo Habitecho.

Considerando factores del procedimiento constructivo, como por ejemplo el paso de tuberías a lo largo de las columnas, discontinuidades del acero de refuerzo en vigas y columnas, entre otras, las cuales no pueden ser apreciadas en la evaluación sismorresistente, quedará estudiar en conjunto todos estos parámetros en el marco ingenieril y de seguridad estructural, fundamentalmente para arrojar conclusiones y recomendaciones acorde a lo planteado en este Trabajo Especial de Grado.

CAPITULO IV

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

A continuación se presenta una descripción del sistema constructivo Habitecho. Los detalles y características del mismo permitirán definirlo como un sistema no tipificado, siguiendo las normas que rigen la construcción venezolana COVENIN (1753-2006 y 1756-2001). Entre las discrepancias existentes entre este sistema con el tipificado por las normas venezolanas se encuentran por ejemplo el uso, colocación y tipo del acero de refuerzo, la presencia de vigas no prismáticas, el proceso de vaciado del concreto, entre otras mencionadas y explicadas en este capítulo.

4.1. Materiales Constructivos

4.1.1. Concreto

“Material constituido por dos partes: una es un producto pastoso y moldeable, que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo, y la otra son trozos pétreos que quedan englobados en esa pasta” (agregados gruesos y agregados finos). “La pasta está constituida por agua y un producto conglomerante, que es el cemento”. Grases, Porrero, Ramos y Velazco (2008).

Para la construcción de los elementos de concreto que conforman las viviendas del sistema constructivo Habitecho se requiere que el concreto a utilizar presente una resistencia de diseño de 180kg/cm^2 a los 28 días y un asentamiento entre 10 y 15cm.

4.1.2. Mortero de Pega

Mezcla compuesta por cemento Portland, agregado fino y agua, la cual puede tener o no función estructural; por lo general son usados en mampostería (pega, relleno y acabados). R. Salamanca Correa. (s/f)

4.1.3. Acero de Refuerzo

La forma más común del acero para servir como refuerzo al concreto es la barra con resaltes o corrugada. Para el refuerzo de la vivienda la Vaquera se utilizan barras de 8,5 - 7 - 5,2 y 5mm en elementos como vigas, columnas y nervios.

Otro tipo de acero de refuerzo que se utiliza en el sistema constructivo Habitecho es la armadura tipo cercha estándar, la cual es producida por SIDETUR, con alambres trefilados de alta resistencia, unidos entre sí por un proceso de electrosoldadura y cuyas características se presentan en la Tabla IV-1.

Tabla IV- 1. Características de Cercha Estándar.

TIPO	ALTURA DE LA CERCHA	INCLINACIÓN DE LAS DIAGONALES	PESO	LONGITUD
	cm	grados	kgf	m
C-8	8,0	40,5	5,71	2,4
C-10	10,0	46,2	5,87	6,0

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.4. Metal Desplegado o Malla Zen-Zen

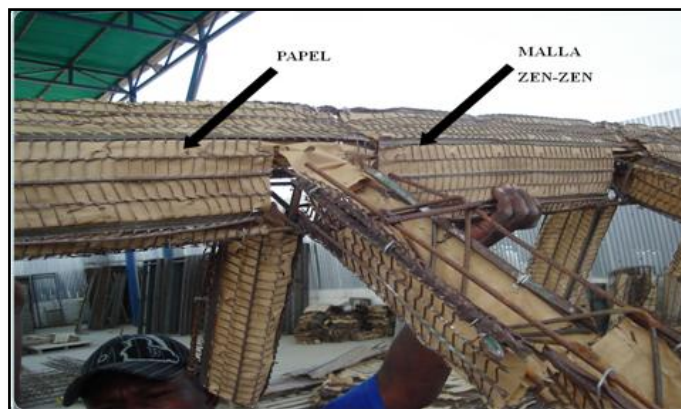
El metal despegado o malla zen-zen es el resultado del estampado en frío de una chapa de metal de acero formada de una sola pieza, sin costura ni soldadura, que presenta una serie de rombos o diamantes. El proceso de corte y estirado multiplica su dimensión original, y le confiere una gran rigidez y resistencia, logrando una estructura metálica más liviana.

Este metal tiene como función adherir la mezcla del mortero de friso o de acabado final a la sección, así mismo se utiliza como encofrado perdido en el vaciado de las secciones.

4.1.5. Papel

Todos los elementos del sistema constructivo Habitecho vaciados con concreto, y armados con acero de refuerzo, son recubiertos con un papel que actúa como encofrado; descartando el uso de la madera como encofrado. Su función consiste en evitar el paso del concreto en estado fresco así como también la pérdida de finos. (Ver Ilustración IV-1).

Ilustración IV- 1. Detalle de Malla Zen-Zen y Papel.



Fuente: Corporación Donbau S.A.

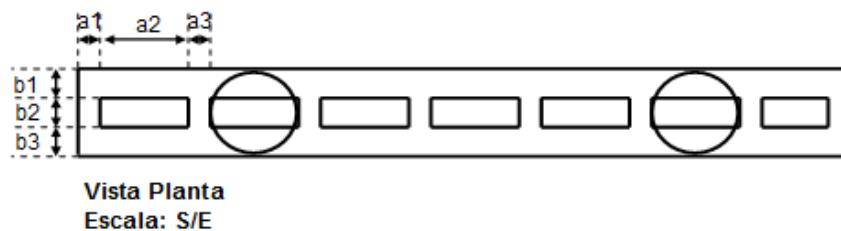
4.2. Componentes Estructurales del Sistema

Los componentes que conforman las viviendas del sistema constructivo Habitecho son fabricados en talleres, a través de sistemas de producción industrial, utilizando materia prima nacional. Se presenta una descripción de cada uno de estos componentes estructurales donde se puede apreciar sus características geométricas, distribución de acero y dimensiones.

4.2.1. Viga de Carga

Están conformadas por dos nervios longitudinales unidos por nervios transversales como se puede observar en la Ilustración IV-2. Las vigas poseen orificios que permiten insertar las columnas para armar los pórticos de la vivienda.

Ilustración IV- 2. Vista de Planta de la Viga de Carga.



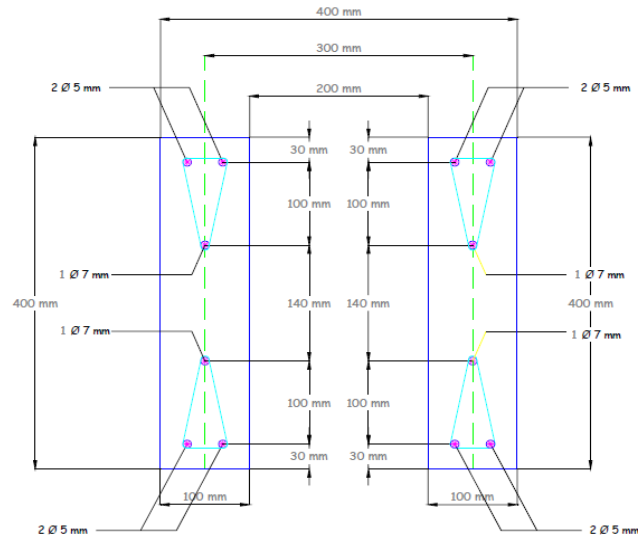
Leyenda:

- $a1=a3$ = Ancho de nervio transversal.
- $a2$ = Luz libre entre nervios.
- $b1=b3$ =Ancho de nervio longitudinal.
- $b2$ = Ancho de luz libre.

Fuente: Corporación Donbau S.A.

Cada uno de los nervios longitudinales poseen la siguiente cantidad de acero de refuerzo: dos barras de 7mm, cuatro barras de 5mm y dos cerchas estándar tipo C-8. Se puede observar en la Ilustración IV-3, el corte transversal de una viga del sistema.

Ilustración IV- 3. Sección Transversal de la Viga de Carga.

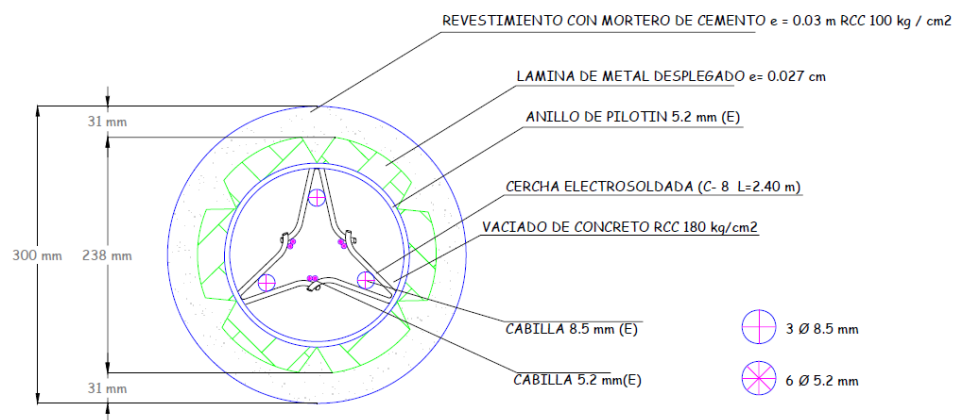


Fuente: Corporación Donbau S.A.

4.2.2. Columna

La vivienda a estudiar posee 6 columnas en planta, de sección circular, con diámetro de 30cm. El acero de refuerzo se basa en tres cerchas estándar tipo C-8, 3 barras de 8,5mm y 6 barras de 5,2mm como se muestra en la Ilustración IV-4.

Ilustración IV- 4. Sección Transversal de la Columna.

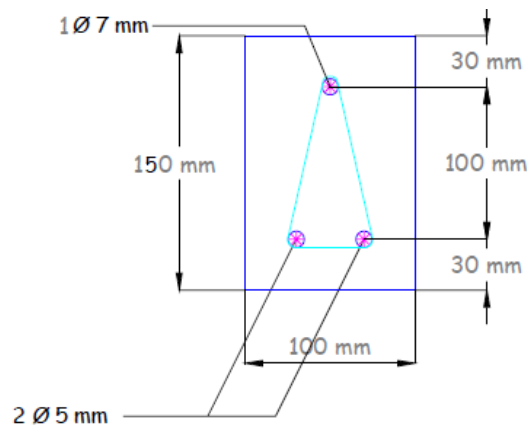


Fuente: Corporación Donbau S.A.

4.2.3. Nervios Transversales

Los nervios transversales de la losa se encuentran ubicados de forma perpendicular a las vigas de carga. Los nervios son colocados entre pórticos, cada 60cm, con una sección transversal aproximada de 10 x 15cm. y su longitud es igual a la distancia entre pórticos. Su distribución de acero se indica en la Ilustración IV-5.

Ilustración IV- 5. Sección Transversal del Nervio.

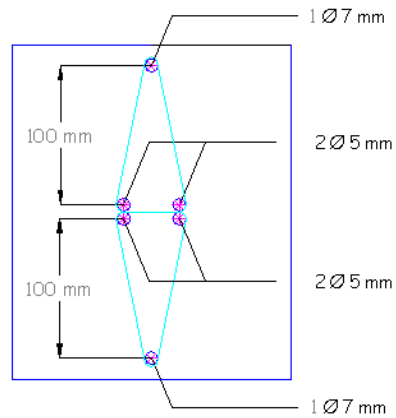


Fuente: Corporación Donbau S.A.

4.2.4. Vigas de Riostra

El sistema de fundación utilizado es una losa apoyada en vigas de riostras, unidas entre sí por los nodos creados en las bases de las columnas, dichas vigas cuentan con un acero de refuerzo constituido por dos cerchas tipo C-10 colocadas y apreciadas en la Ilustración IV-6

Ilustración IV- 6. Sección Transversal de la Viga de Riostra



Fuente: Corporación Donbau S.A.

4.3. Proceso Constructivo

La construcción y ensamblaje del sistema Habitecho permite prescindir de equipos especializados, ya que los componentes del sistema son livianos y de sencilla manipulación e instalación. El proceso constructivo se inicia con el traslado de las piezas necesarias para armar la unidad de vivienda.

Ilustración IV- 7. Transporte de una Unidad de Vivienda.



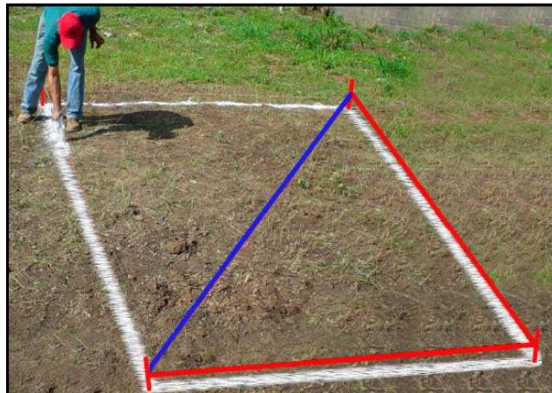
Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

Una vez en sitio se procede a desmontar y ordenar todos los componentes de la unidad y sus accesorios, para posteriormente llevar a cabo los pasos que se indican a continuación.

4.3.1. Replanteo

Con una cuerda suministrada por el sistema Habitecho se replantea en el piso nivelado un triángulo rectángulo, cuyos catetos posean las mismas dimensiones de los lados que conforman la planta de la vivienda. Se realiza de igual manera el triángulo rectángulo opuesto, con lo que se formará el rectángulo de esquinas (A/B/C/D) las cuales conviene demarcar (Ver Ilustración IV-8).

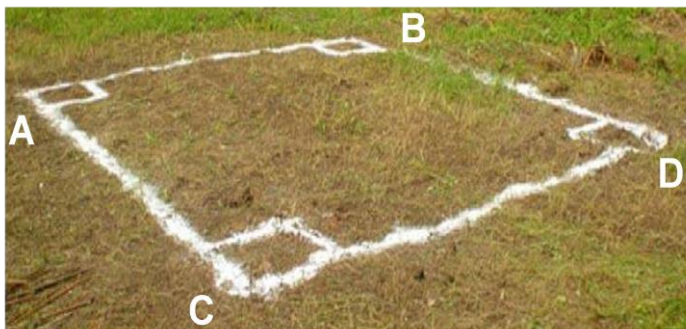
Ilustración IV- 8. Replanteo Triangular.



Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

Se traza el perímetro con cal y se dibuja un cuadrado de 60 x 60cm en cada esquina; el cual se excavará con 30 cm de profundidad. Luego se procederá a preparar la mezcla de concreto pobre y se vaciará en cada cavidad una base de 5 cm de espesor aproximadamente, dependiendo de la nivelación.

Ilustración IV- 9. Demarcación del Perímetro.



Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

Ilustración IV- 10. Preparación del terreno.



Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

4.3.2. Excavación

Para la excavación de las fundaciones se debe realizar previamente un estudio de suelo, que permita conocer las dimensiones necesarias de la misma. Una vez conocida dichas dimensiones se procede a unir los centros de cada cuadrado excavado, trazando una línea recta entre ellos hasta formar un rectángulo.

Ilustración IV- 11. Vista Preliminar del suelo.



Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

4.3.3. Armado de Pórticos

Para el armado de los pórticos se selecciona las vigas de carga, desplegándolas y colocándolas alineadas con el replanteo. Los amarres necesarios se realizan con lazadas dobles para unir los dos ángulos superiores de la viga y sellar con el mismo material de la malla zen-zen, pre-cortado en la unión de la viga.

Ilustración IV- 12. Colocación de vigas de Carga en Sitio.



Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

Con las vigas armadas se insertan las columnas en los orificios de las vigas, hasta ajustar a tope con los anillos de la columna y la viga. Haciendo amarres necesarios en

cuatro puntos en la parte superior de la viga y la columna, de forma tal que garantice la unión de la viga y la columna formando entre sí un ángulo de 90°.

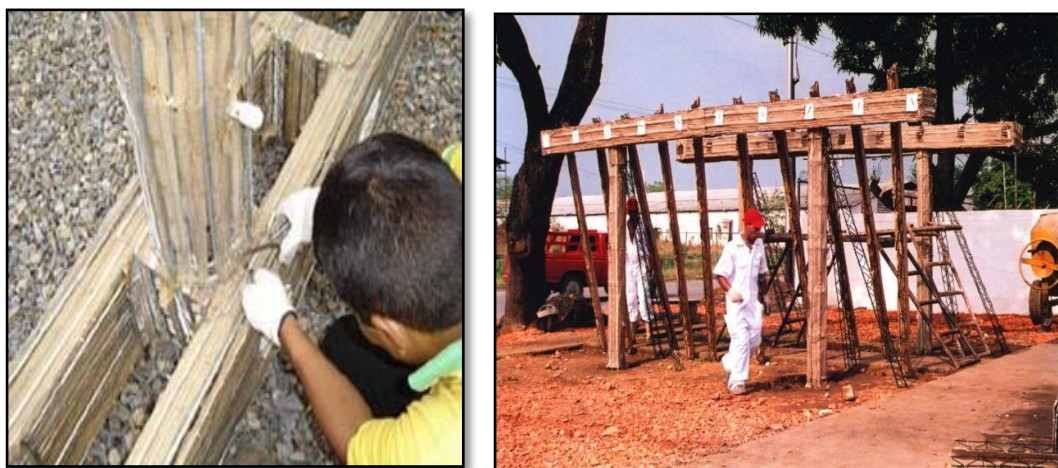
Ilustración IV- 13. Unión de Vigas de Cargas.



Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

Una vez armado los pórticos se presentan en el terreno, y se procede a levantarlos (ver Ilustración IV-14).

Ilustración IV- 14. Montaje de Vigas de Cargas.



Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

4.3.4. Colocación de vigas riostra

Con los pórticos armados, se identifican y se colocan las vigas de riostra en las zanjas excavadas; se amarran a las columnas y se continúa con la instalación de las conexiones eléctricas a través de una tubería flexible (amarilla). Se deben ubicar las vigas de riostra largas en la zanja debajo de las vigas de carga, y las cortas en las zanjas perpendiculares. Posteriormente se anclan las vigas de riostra en las orejas de empalme previstas en las columnas.

Ilustración IV- 15. Vista de vigas y Columnas Armadas.

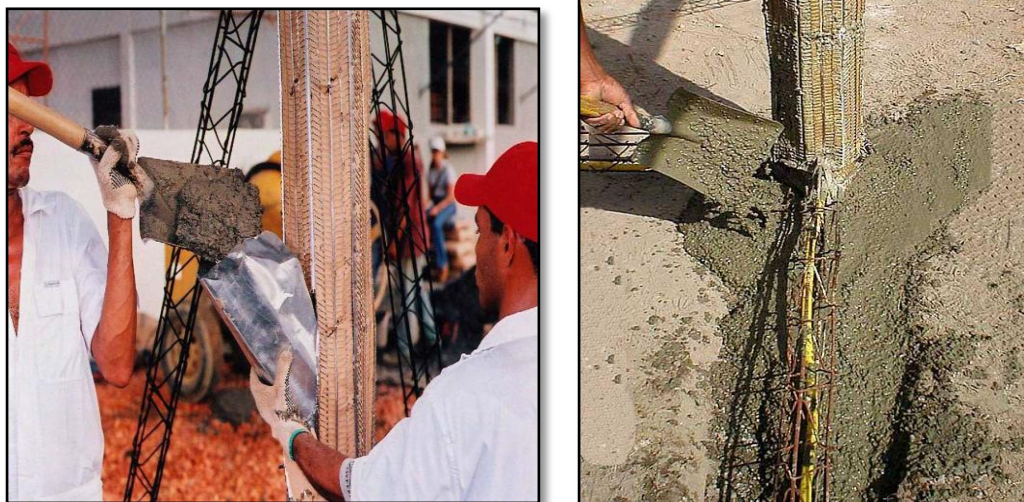


Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

4.3.5. Vaciado de Columnas y Vigas Riostra

Se vacían las mitades de las columnas hasta una altura aproximada de 1,20m. Luego se vacian las cuatro bases de las columnas y las cuatro vigas de riostra. (Ver Ilustración IV-16).

Ilustración IV- 16. Vaciado de Columna y Viga Riostra.



Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

4.3.6. Armado y colocación de Nervios

Se identifican y seleccionan los paquetes de nervios a usar en las diferentes zonas del techo, dichos nervios vienen unidos por barras perpendiculares al sentido de los nervios, por facilidad de transporte. (Ver Ilustración izquierda IV-17). Los cortes para separar los nervios deben efectuarse en el tope de la cabilla fina del nervio.

Ilustración IV- 17. Ensamblajes de Nervios.



Fuente: Construcciones ContruVeloz S.A.

4.3.7. Vaciado de Vigas de Carga

Estos vaciados se hacen desde la escalera, es decir, a la altura de la cintura del operador. Se inicia el vaciado de la mezcla en los voladizos de la viga, repartiendo el contenido en tramos, cubriendo las cerchas inferiores de la viga hasta la altura de los nervios, como se indica en las Ilustraciones IV-17 y IV-18. Se inicia el vaciado de la mezcla en el tramo central de la viga, desde los extremos hacia el centro hasta cubrir toda la viga.

Ilustración IV- 18. Vaciado de Vigas de Cargas.



Fuente: Construcciones ContruVeloz S.A.

4.3.8. Colocación y vaciado de Bovedillas

Se debe colocar una línea de bovedillas y vaciar inmediatamente la mezcla de concreto, luego repetir la operación hasta finalizar el vaciado del techo. Esto evita el uso de puntales. El vaciado se debe hacer desde el nervio hasta la parte superior de la viga.

Ilustración IV- 19. Colocación de Bovedillas.



Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

Ilustración IV- 20. Vaciado de Bovedillas.

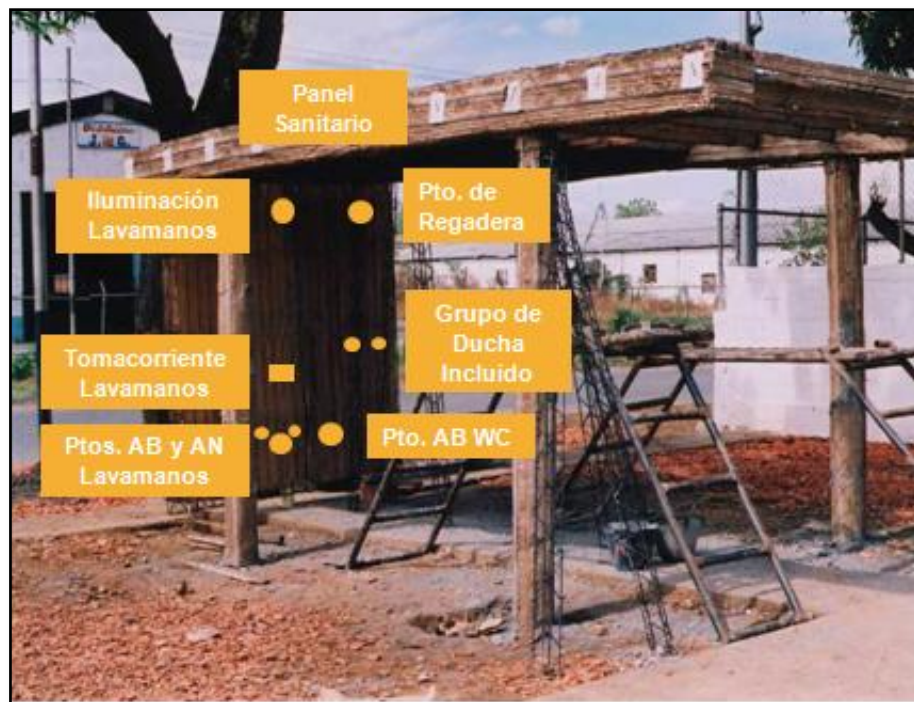


Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

4.3.9. Instalaciones Eléctricas y Sanitarias

Las instalaciones eléctricas se desarrollan en las columnas de la estructura para facilitar la labor constructiva. Por otra parte los respectivos puntos de luz, de aguas blancas y negras del baño, vienen incluidos en el panel sanitario como se muestra en la Ilustración IV-21.

Ilustración IV- 21. Panel Sanitario



Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

4.3.10. Frisado y Acabados

Una vez identificado los puntos de las instalaciones eléctricas y sanitarias se vacía la losa de piso y frisado de vigas, columnas y techo, obteniéndose una estructura como la que se observa en la Ilustración IV-22.

Según el tipo de revestimiento a colocar varía el tiempo de construcción de los acabados. En el caso de utilizar bloques de trincotes, se logra una apariencia como la que se muestra en la Ilustración IV-23.

Ilustración IV- 22. Vista de Acabado de Techo y Columnas.



Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

Ilustración IV- 23. Vista de una Unidad de Vivienda Terminada.



Fuente: Construcciones ConstruVeloz S.A.

Es importante señalar que el proceso constructivo que emplea el sistema Habitecho es considerablemente más rápido que el método tradicional de construcción,

disminuyendo costos de materiales y mano de obra. Teniendo como ejemplo el descrito anteriormente, en el que se logra construir un espacio habitable de 24m² en 7 días.

CAPITULO V

ENSAYOS Y CALIBRACIÓN

Debido a las discrepancias del sistema constructivo Habitecho con los sistemas tipificados, resulta complejo obtener resultados directos que se acerquen al comportamiento real de la estructura mediante los procedimientos regulares; por lo que se realizaron ensayos de carga lateral en un sólo sentido y controlado por desplazamiento a tres pórticos, los mismos construidos por el personal de la empresa Donbau S.A. El orden en que se realizaron los ensayos coincide con el que se explica en el presente capítulo.

5.1. Ensayos Preliminares Realizados por el IMME

En la construcción de los pórticos se utilizó un concreto diseñado y elaborado por el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) garantizando condiciones y resistencias deseadas contempladas en la sección 5.1.1. En cuanto al suelo utilizado como soporte en los ensayos de los pórticos se recolectó diversas muestras, con la finalidad de obtener sus características.

5.1.1. Ensayos de Cilindros de Concreto

Los materiales usados para el diseño de los cilindros de concreto fueron los siguientes.

- Piedra picada tamaño máximo ½” con peso específico de 2,6 kg/m³
- Arena natural color amarillo con peso específico de 2,55 kg/m³

- Cemento portland Tipo I.

Considerando el análisis de los agregados realizado por el IMME se procedió al diseño de la mezcla haciendo uso de los siguientes parámetros:

Tabla V- 1. Dosificación para $F'c=180\text{kg/cm}^2$.

- $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$
- Desviación estándar de 40 kg/cm^2
- Relación agregado fino-grueso de 0,46
- Asentamiento de 15 cm.

DOSIFICACION	
material	Kg
Cemento	296
Agua	185
Piedra	967
Arena	824

Fuente: IMME.

Durante la mezcla del concreto para las probetas se obtuvo un asentamiento de 10 cm por medio del ensayo del cono de Abrams. En cuanto a la distribución de los ensayos se realizaron 15 probetas de 6" de diámetro y 12" de altura, para ensayarlas a los 7, 14 y 28 días. Considerando los resultados obtenidos por el IMME y los criterios de la norma COVENIN 1753-2002, para muestras menores a 10 probetas se cumplió con una resistencia de 182 kg/cm^2 ; por lo que se adoptó una resistencia promedio de 180 kg/cm^2 .

5.1.2. Características del Suelo

Para la determinación de la densidad de campo, el IMME realizó el ensayo del cono de arena siguiendo la metodología indicada en la norma ASTM D-1556. Las muestras se tomaron del suelo compactado utilizado en los ensayos del sistema constructivo Habitecho. La Tabla V-2 presenta los resultados arrojados por dicho ensayo.

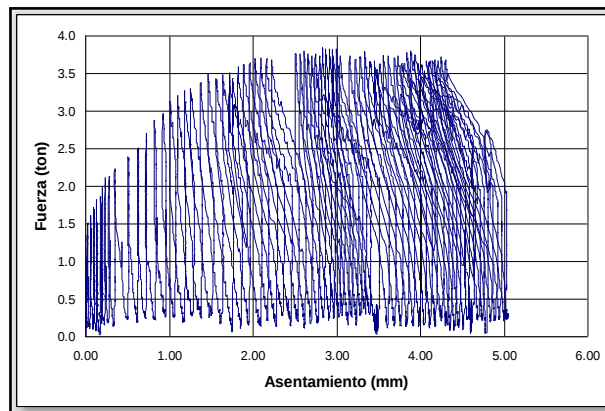
Tabla V- 2. Resultados Cono de Arena.

DENSIDAD DE CAMPO	VALOR
Densidad Húmeda (kg/m ³)	2.026
Densidad Seca (kg/m ³)	1.935
Porcentaje de Humedad (%)	4.676

Fuente: Instituto de Materiales y Modelos Matemáticos (I.M.M.E).

El asentamiento por carga lateral se obtuvo con la ayuda de extensómetros ubicados en la base de los pórticos arrojando unos 2mm. Para el diseño del modelo matemático capaz de reproducir dichos asentamientos fue necesario tomar en cuenta aspectos y parámetros como los esfuerzos verticales y laterales distribuidos en cada una de las zapatas al igual que el esfuerzo que ejerció el puntal colocado para evitar el volcamiento. Teniendo esto en cuenta el modelo matemático arrojado se muestra en la Ilustración V-1.

Ilustración V- 1 Asentamiento vs Fuerza.



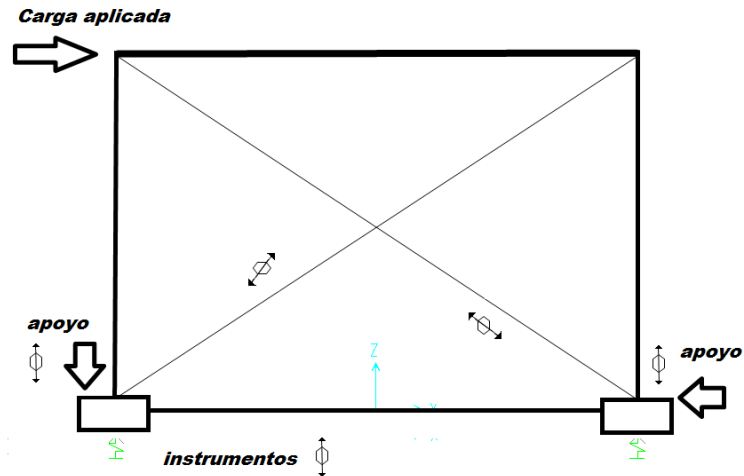
Fuente: Instituto de Materiales y Modelos Matemáticos (I.M.M.E).

5.2. Diseño de Ensayo Pushover

Se acondicionó una capa de suelo compactado de 30cm de profundidad con la ayuda de un pistón, sobre dicha capa se colocó el pórtico y se siguió compactando por capas hasta cubrir las zapatas.

Los desplazamientos producto de las cargas alternantes tipo pushover obtuvieron mediante extensómetros colocados en puntos claves del pórtico para tener lectura de sus distintos movimientos. Se presenta un esquema en la Ilustración V-2 donde se puede observar la posición de los instrumentos.

Ilustración V- 2. Ubicación de los Instrumentos de Medición.



Fuente: Instituto de Materiales y Modelos Matemáticos (I.M.M.E).

5.3. Dimensiones del pórtico

Los pórticos ensayados mantienen las mismas características, variando entre ellos el acabado y la mampostería. Dichos prototipos están conformados por dos columnas, una viga de carga y una viga de riostra, con dimensiones especificadas en las Ilustraciones V-3 y V-4.

Technical drawing of a mechanical part with the following dimensions:

- Top horizontal dimension: 65
- Left vertical dimension: 20
- Bottom horizontal dimension: 360
- Bottom horizontal dimension (from left face to start of second hole): 10.8
- Bottom horizontal dimension (from start of second hole to right face): 60
- Right vertical dimension: 30

47

Se realizó el cálculo de área de acero cuyos resultados se muestran en la Tablas V-3, V-4 y V-5, donde se describe en detalle la cantidad estimada de acero para cada elemento estructural de los pórticos ensayados.

Tabla V- 3 Acero Colocado en las Columnas.

TIPO DE ACERO	CANTIDAD	Ø (cm)	ÁREA (cm)
Alambre Superior	3	0,85	1,702
Alambre Inferior	6	0,52	1,274
Alambre Diagonal	9	0,45	1,431
Barra longitudinal	6	0,85	3,405
total (cm2)			7,813

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla V- 4 Acero Colocado en las Vigas de Carga.

TIPO DE ACERO	CANTIDAD	Ø (cm)	ÁREA (cm)
Alambre Superior	4	0,85	2,270
Alambre Inferior	8	0,52	1,699
Alambre Diagonal	12	0,45	1,909
total (cm2)			5,877

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla V- 5 Acero Colocado en las Vigas de Riostras

TIPO DE ACERO	CANTIDAD	Ø (cm)	ÁREA(cm)
Alambre Superior	2	0,85	1,135
Alambre Inferior	4	0,52	0,849
Alambre Diagonal	6	0,45	0,954
total (cm2)			2,939

Fuente: Elaboración Propia.

Al culminar los ensayos, el IMME recurrió a la destrucción de los pórticos, procedimiento que facilita el transporte de los materiales fuera del laboratorio con lo que se pudo capturar la posición real del acero de refuerzo de la columna mostrado en la Ilustración V-5.

Ilustración V- 5 Acero Expuesto de la Columna.



Fuente: Elaboración Propia.

Es importante acotar que los resultados obtenidos en la calibración son específicos para el área de acero calculado en cada elemento, cualquier alteración en este aspecto cambiaría el comportamiento de las secciones y por ende de la estructura.

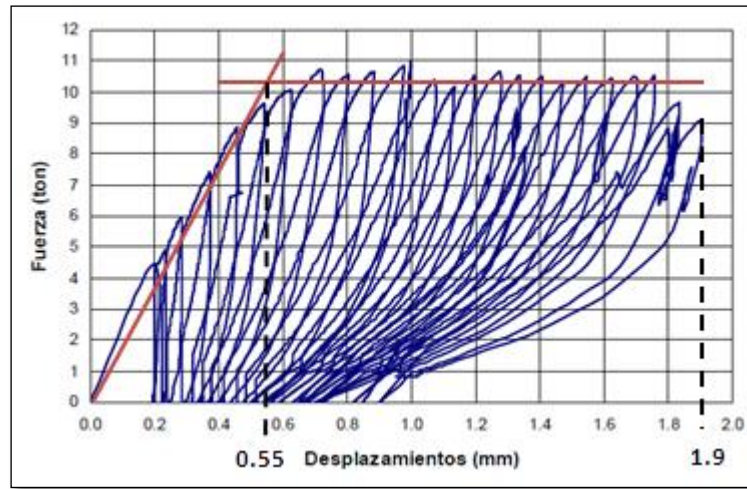
5.5. Ensayos Realizados

5.5.1. Ensayo de pórtico con mampostería

El ensayo se realizó proporcionando una carga con incremento variado, controlando los desplazamientos los cuales presentaron aumento promedio de un milímetro en cada ciclo; con un total de 24 ciclos. Dicho ensayo se detuvo por razones de seguridad del laboratorio en el punto en que se observó una degradación de rigidez significativa mostrada en la Ilustración V-6.

La ductilidad del pórtico se obtuvo por el método de “Iguales Áreas”, el cual proporciona el punto donde la estructura incursiona en el rango inelástico llamado punto de fluencia (ver Ilustración V-6). Los valores obtenidos de ductilidad se reportan en la Tabla V-6.

Ilustración V- 6 Fuerza vs Desplazamiento del ensayo del Pórtico con Mampostería y Método de Áreas Iguales.



Fuente: Instituto de Materiales y Modelos Matemáticos (I.M.M.E).

$$D = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_y}$$

Ecuación V- 1 Ductilidad.

Donde:

Δ_{max} : Desplazamiento Máximo.

Δ_y : Desplazamiento Cedente.

Tabla V- 6 Ductilidad del Pórtico con Mampostería.

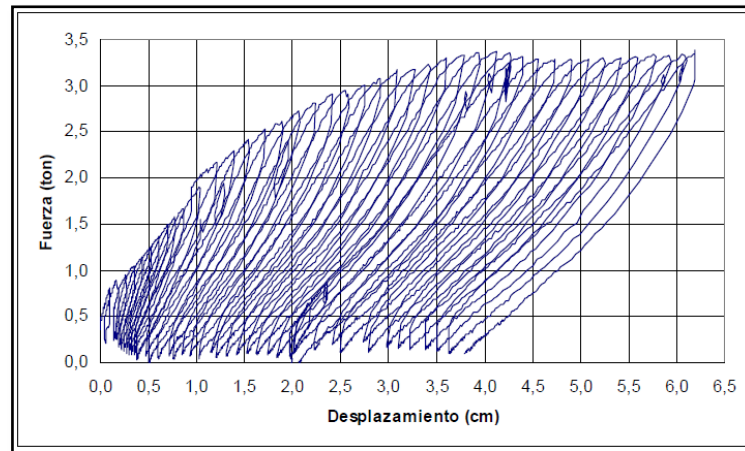
DESPLAZAMIENTO ULTIMO (cm)	DESPLAZAMIENTO ELASTICO (cm)	DUCTILIDAD
1,9	0,55	3,5

Fuente: Elaboración Propia.

5.5.2. Ensayo de Pórtico sin Mampostería con friso

Este ensayo se realizó siguiendo los mismos parámetros tomados en cuenta en el primer ensayo, con la diferencia de que se obtuvieron 42 ciclos. En la Ilustración V-7 se puede observar el comportamiento del pórtico en cuanto a fuerza vs desplazamiento.

Ilustración V- 7. Fuerza vs Desplazamiento del ensayo del Pórtico sin Mampostería y con Friso.

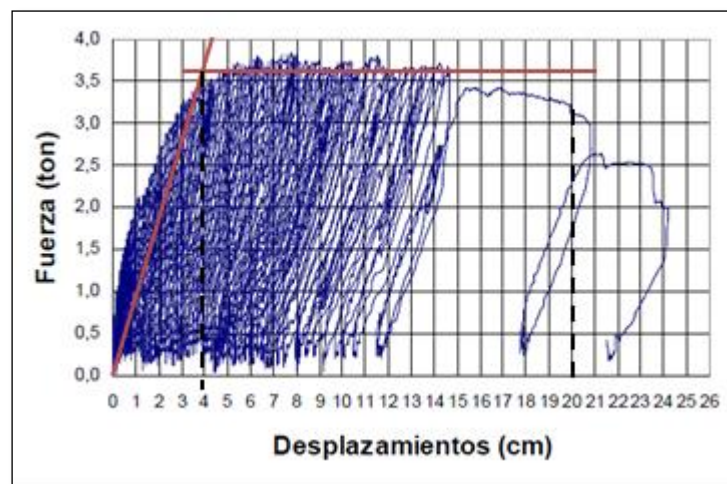


Fuente: Instituto de Materiales y Modelos Matemáticos (I.M.M.E).

5.5.3. Ensayo de Pórtico sin Mampostería sin Friso

En este ensayo se realizó la misma metodología que los dos primeros ensayos, resultando para este caso 82 ciclos, los cuales se pueden apreciar en el Ilustración V- 8. La ductilidad del pórtico se obtuvo de igual forma que para el pórtico con mampostería y los resultados obtenidos se reportan en la Tabla V-8.

Ilustración V- 8. Fuerza vs Desplazamiento del ensayo del Pórtico sin Mampostería y sin Friso.



Fuente: Instituto de Materiales y Modelos Matemáticos (I.M.M.E).

Tabla V- 7 Ductilidad del Pórtico sin Mampostería.

DESPLAZAMIENTO ULTIMO (cm)	DESPLAZAMIENTO ELASTICO (cm)	DUCTILIDAD
20	4	5

Fuente: Elaboración Propia.

5.6. Calibración de los Modelos Matemáticos

Se realizaron calibraciones con la ayuda del programa SAP 2000 donde se hicieron los ajustes con respecto a los ensayos realizados. El procedimiento llevado a cabo fue de ensayo y error, hasta conseguir una curva de capacidad sísmica resistente semejante a la envolvente de la gráfica “Fuerza vs Desplazamiento” de los ensayos. De la curva arrojada por el modelo realizado se obtiene el momento cedente de cada uno de los elementos estructurales; posteriormente utilizados en el modelado de la estructura.

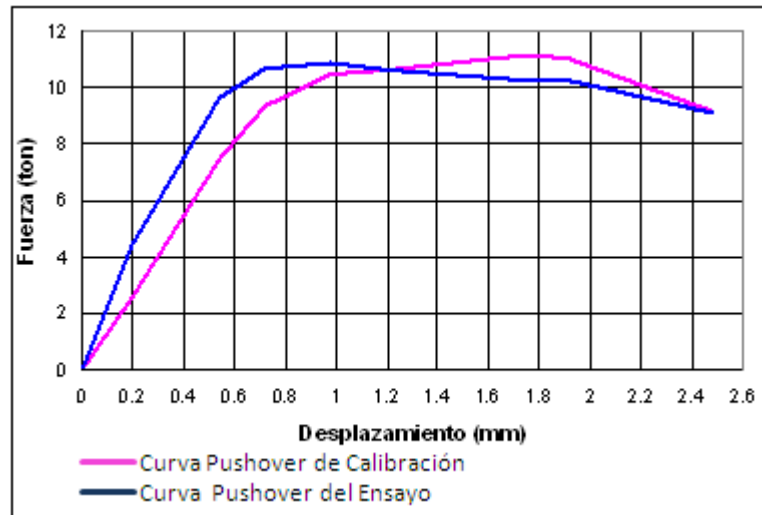
Para representar los pórticos ensayados se realizaron dos modelos matemáticos; donde uno representa el pórtico con mampostería y el otro sin mampostería; cabe destacar que a la viga de carga no se le asignó comportamiento inelástico en correspondencia con su comportamiento durante los ensayos.

5.6.1. Pórtico con Mampostería

Se consiguió la similitud entre la curva de capacidad sísmica del modelo calibrado y la envolvente del comportamiento del pórtico ensayado, al colocar una diagonal principal más dos diagonales secundarias en el modelo a calibrar (ver Ilustración V-9). Dichas diagonales semejan la resistencia ejercida por la mampostería en el ensayo realizado. La Ilustración V-10 muestra el modelo matemático con los elementos diagonales cuyas dimensiones son: para la principal una sección transversal de 7x3

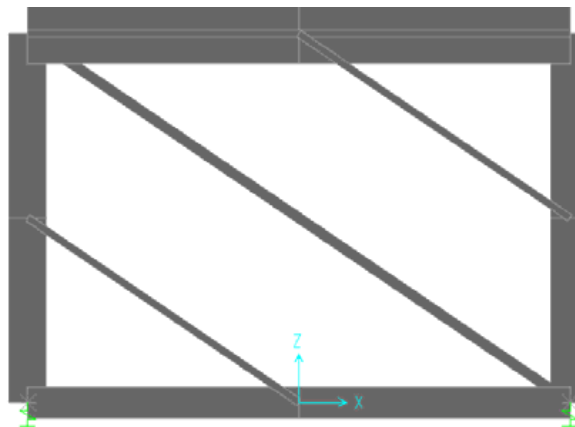
cm y para las secundarias 7x2cm. Se presenta en la tabla V-6 los momentos cedentes obtenidos para cada uno de los elementos estructurales.

Ilustración V- 9. Envoltente de Fuerza vs Desplazamiento de Ensayo y Modelo con Mampostería.



Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración V- 10 Modelo Matemático con Mampostería.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla V- 8. Momentos Cedentes Con Mampostería.

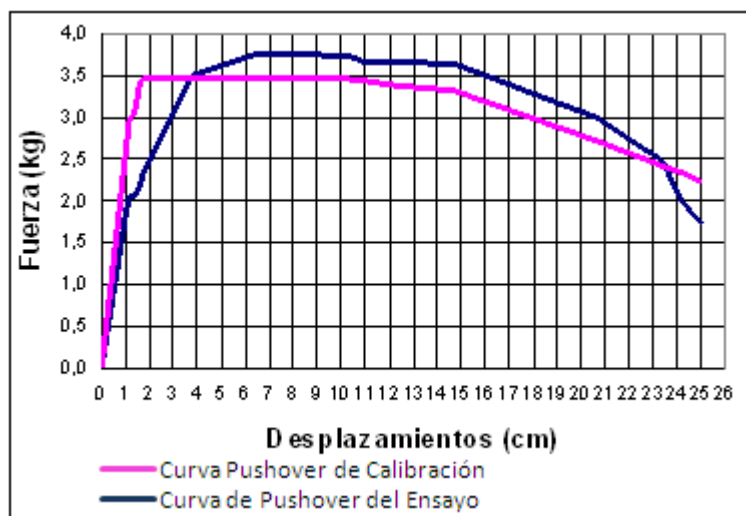
MOMENTO CEDENTE	
Elemento	My (kg.m)
Columna	2.700
Viga Riostra	1.600
Viga de Carga	Comportamiento elástico

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2. Pórtico sin Mampostería

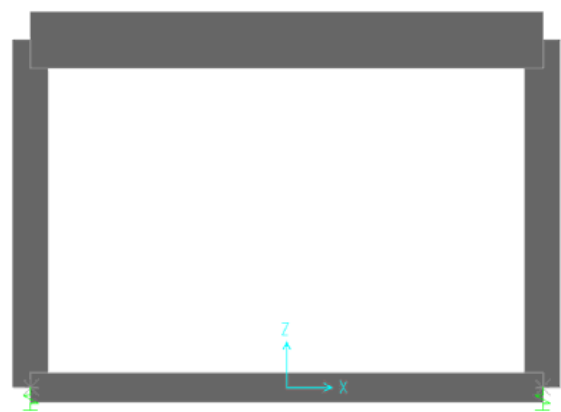
Las vigas y columnas utilizadas en este modelo son las mismas utilizadas en el modelo con mampostería. De igual forma se realizó un proceso iterativo donde se logro el mejor ajuste del comportamiento real del ensayo con el modelo matemático, apreciándose la similitud en la Ilustración V-11. Se presenta el esquema del pórtico sin mampostería en la Ilustración V-12. Así también la tabla V-7 reporta los momentos cedentes obtenidos para cada uno de los elementos estructurales.

Ilustración V- 11. Envolvente de Fuerza vs Desplazamiento de Ensayo y Modelo sin Mampostería.



Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración V- 12. Modelo Matemático sin Mampostería.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla V- 9 Momentos Cedentes sin Mampostería.

MOMENTO CEDENTE	
Elemento	My (kg.m)
Columna	2.700
Viga Riostra	1.600
Viga de Carga	Comportamiento elástico

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO VI

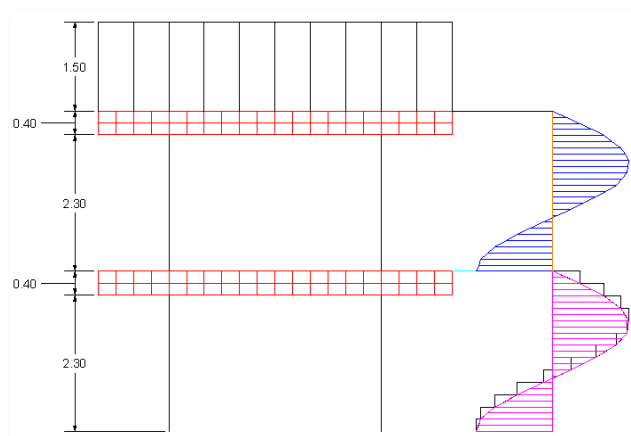
ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL DEL SISTEMA HABITECHO

6.1. Descripción

En este capítulo se presenta el análisis no lineal del sistema estructural de la vivienda Habitecho con el programa “SAP 2000”, el cual facilita de manera considerable la revisión de la estructura mediante el análisis estático no lineal, obteniendo como principales resultados la demanda de las fuerzas cortantes, desplazamiento, ductilidad desarrollada, deriva máxima alcanzada, entre otros. La estructura se conforma por dos niveles conectados con una escalera tipo caracol.

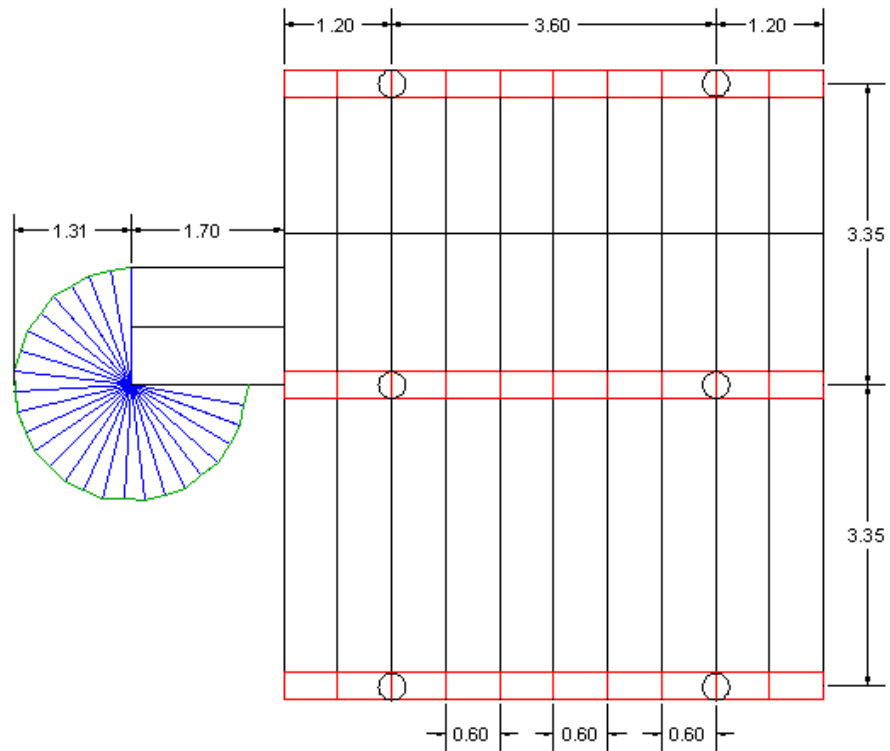
Se puede observar a continuación las ilustraciones VI-1. y VI-2 donde se detalla una vista de perfil y planta respectivamente de la vivienda a modelar.

Ilustración VI- 1.Vista de perfil del modelo.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración VI- 2 Vista de planta del modelo.

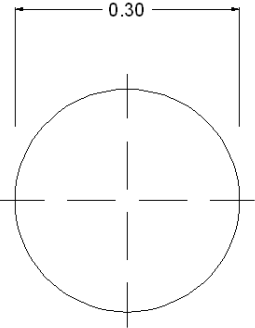
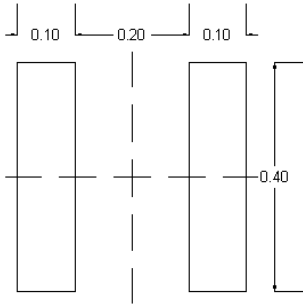
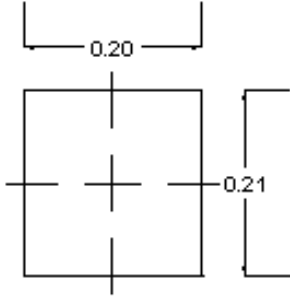


Fuente: Elaboración propia.

6.2. Secciones Transversales

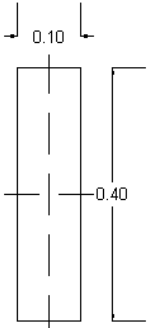
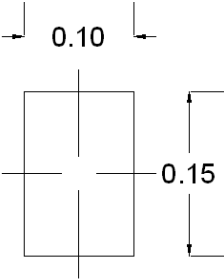
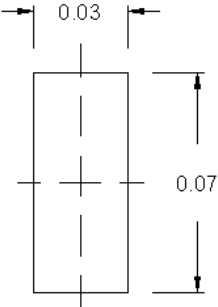
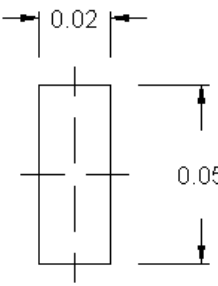
El modelado de la estructura se realizó definiendo las secciones transversales de los principales elementos como: vigas, columnas, nervios de refuerzo y diagonales; las tablas VI-1 y VI-2 presentan las dimensiones de cada una de estas secciones.

Tabla VI- 1. Secciones transversales de Columna, Viga de Carga y de Riostra.

COLUMNA	VIGA DE CARGA	VIGA DE RIOSTRA
		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla VI- 2 Secciones transversales de Nervios y Diagonales.

NERVIO (10X40)cm.	NERVIO (10X15)cm.	DIAGONAL (7X3)cm.	DIAGONAL (5X2)cm.
			

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Normas Utilizadas

- El estudio de las cargas se realizó en concordancia con la norma: “CRITERIO Y ACCIONES MÍNIMAS PARA EL PROYECTO DE EDIFICACIONES. COVENIN - MINDUR 2002-88”; específicamente el capítulo 3 donde se muestra las características de los materiales, de las secciones y combinaciones de cargas.
- Para el estudio sísmico se considero lo estipulado en las normas COVENIN 1756-1.2001 (Edificaciones Sismorresistentes Parte 1: Requisitos) y 1756-2.2001 (Edificaciones Sismorresistentes Parte 2: Comentarios).
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, de los Estados Unidos de Norte América. Rehabilitación Sísmica de Edificios FEMA (356-2000)

6.3. Materiales Usados Para el Diseño

6.3.1. Concreto

La estructura modelada está realizada en concreto armado, siendo el concreto el principal material utilizado con las siguientes características:

- Resistencia a compresión del concreto utilizado en la infraestructura y superestructura es de $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días.
- Modulo de elasticidad $E_c = 202.587,76 \text{ Kg/cm}^2$.
- Peso específico del concreto armado $\gamma_c = 2500 \text{ Kg/m}^3$.

6.3.2. Acero de Refuerzo

Otro material utilizado en la elaboración de las viviendas es el acero de refuerzo el cual presenta las siguientes características.

- Resistencia cedente del acero de refuerzo en el concreto armado $f_y = 5.000 \text{ Kg/cm}^2$.
- Resistencia a la rotura del acero de refuerzo en el concreto $f_y = 5.500 \text{ Kg/cm}^2$.

6.4. Cargas utilizadas en el diseño

Los pesos propios de los elementos estructurales del sistema fueron calculados considerando el área de las secciones y los pesos específicos de los distintos materiales especificados anteriormente. La tabla VI-3 reporta el peso propio de la estructura por secciones.

Tabla VI- 3. Pesos de la estructura.

PESO DE LAS SECCIONES	
Sección	Peso (kg)
Nervios Transversales	6.763,74
Vigas de carga	5.400,00
Columnas	5.738,59
Losas (entrepiso, techo)	16.291,47
Muros (Pared escalera)	2.056,26
Total	36.250,05

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte se definieron las cargas permanentes y variables de la estructura según lo establecido en la norma COVENIN 2002-1988; las tablas presentadas a continuación clasifican dichas cargas en función de su nivel y uso.

Tabla VI- 4 Cargas no Estructurales de Planta Baja

CARGA PERMANENTE			CARGA VARIABLE			
Descripción	Carga (kg/m²)		Descripción			Carga (kg/m²)
Acabado Superior: Baldosas de gres o cerámica sobre mortero de 3 cm de espesor. (Art. 4.5.)	80		Uso: Viviendas Unifamiliares y Multifamiliares. (Art. 5.2.1)			175
Tabiquería. (Art. 4.4)	150		Total			175
Total	230					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla VI- 5 Cargas no Estructurales de Planta Alta Ocupada

CARGA PERMANENTE			CARGA VARIABLE			
Descripción	Carga (kg/m²)		Descripción			Carga (kg/m²)
Acabado Superior: Baldosas de gres o cerámica sobre mortero de 3 cm de espesor. (Art. 4.5.)	80		Uso: Viviendas Unifamiliares y Multifamiliares. (Art. 5.2.1)			175
Tabiquería. (Art. 4.4)	150		Total			175
Acabado Inferior (Art 7.1.)	19					
Total	230					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla VI- 6 Cargas no Estructurales de Planta Alta (Terraza Con Acceso).

CARGA PERMANENTE			CARGA VARIABLE			
Descripción	Carga (kg/m²)		Descripción			Carga (kg/m²)
Acabado Superior: Baldosas de gres o cerámica sobre mortero de 3 cm de espesor. (Art. 4.5.)	80		Uso: Viviendas Unifamiliares, Azoteas o terrazas destinadas a un uso determinado. (Art. 5.2.4.1)			100
Tabiquería. (Art. 4.4)	0					
Acabado Inferior (Art 7.1.)	19		Total			100
Total	99					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla VI- 7 Cargas no Estructurales de Planta Techo.

CARGA PERMANENTE			CARGA VARIABLE			
Descripción	Carga (kg/m ²)		Descripción	Carga (kg/m ²)		
Acabado Superior: Tejas Asfálticas. (Art. 4.1)	8		Uso: Techos inaccesibles Pendiente mayor del 15 %. (Art. 5.2.4.2)	50		
Impermeabilización (Tabla. 4.3)	6					
Acabado Inferior (Art 7.1.)	19					
Total	33		Total			50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla VI- 8 Cargas no Estructurales de Escaleras.

CARGA PERMANENTE			CARGA VARIABLE			
Descripción	Carga (kg/m ²)		Descripción	Carga (kg/m ²)		
Acabado Superior: Baldosas de gres o cerámica sobre mortero de 3 cm de espesor. (Art. 4.5.)	80		Uso: Viviendas Unifamiliares y Multifamiliares. (Art. 5.2.1) Pendiente mayor del 15 %. (Art. 5.2.4.2)	300		
Escalones	100					
Acabado Inferior (Art 7.1.)	19					
Total	199		Total			300

Fuente: Elaboración propia.

En definitiva se obtuvo el peso total de la estructura conformado por la carga permanente y carga variable como se presenta en la Tabla VI-9. La carga permanente comprende tanto el peso propio de la estructura como las cargas señaladas anteriormente.

Tabla VI- 9 Pesos de la vivienda Utilizados en SAP2000.

NIVEL	CP (Kg)	CV (Kg)	CP+0,25CV
1	32.550,32	1.907,52	34.457,84
2	14.769,83	470,73	15.240,56
TOTAL (Kg)			49.698,40

Fuente: Elaboración propia.

6.5. Condiciones del Análisis Estático no Lineal

En este análisis se utilizaron los resultados de la calibración presentados en el capítulo V.

Los momentos cedentes de cada elemento presentados en las tablas V-6 y V-7 se incorporaron a las características del modelo de la vivienda para obtener un modelo más realista. El análisis se realizó en tres etapas utilizando el programa SAP2000.

6.5.1. Análisis de Cargas Gravitacionales

Es un procedimiento que permite conocer las cargas que se ejercen sobre los distintos elementos estructurales que integran la construcción según su funcionamiento; es decir, las cargas permanentes y variables.

Para ello, el programa cuantifica y acumula las cargas que se generan desde el último nivel de la estructura hasta el primer nivel; de esta forma se consigue obtener el peso total que la vivienda transmite a su fundación y a su vez, las cargas que la fundación transmite al suelo.

6.5.2. Análisis de Carga Lateral

Consiste en cargar la estructura en ambas direcciones aplicándole un análisis tipo pushover como anteriormente se ha explicado, donde se formaran las llamadas rotulas plásticas en los distintos elementos estructurales ocasionando colapsos locales hasta finalmente obtener el colapso general de la estructura.

Los distintos elementos estructurales se encuentran condicionados por el análisis pushover, el cual produce efectos de flexión debido a la fuerza ejercida. Aspirando reproducir dichos efectos se colocó rótulas de flexión pura en sitios predeterminados de los dispositivos estructurales donde teóricamente se deben producir ante eventos sísmicos.

Por otra parte los elementos diagonales creados en la calibración simulan la resistencia y comportamiento que ofrecen los muros estos elementos cuentan con rotulas axiales, tendiendo a contraerse o estirarse según sea el pórtico que las contiene.

6.6. Solicitaciones Sísmicas

El análisis sísmico presente en la mayoría de las normativas, permite la determinación de las fuerzas probables, mediante espectros de diseño que contienen la información sobre el peligro sísmico de una zona determinada

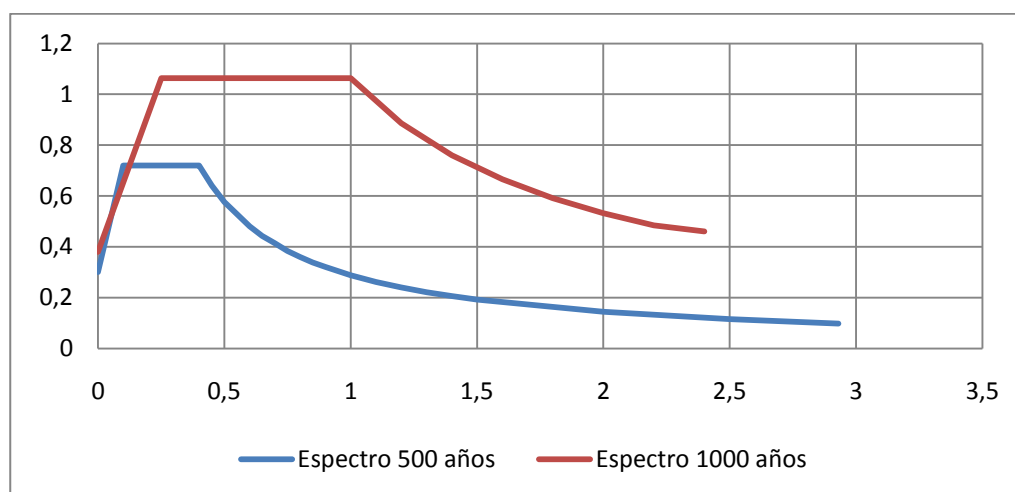
La sollicitación sísmica se incorporó mediante dos espectros en zona 5, suelo S2 y para periodos de retorno de 500 y 1000 años (ver Tabla VI-10), recomendados por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, de los Estados Unidos de Norte América. Rehabilitación Sísmica de Edificios FEMA (356-2000). Observados en la Ilustración VI-3.

Tabla VI- 10 Elección de los Espectros de Respuesta.

SISMO	VIDA UTIL	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA	PERIODO DE RETORNO
Raro	50 años	10%	475 años
Muy Raro	100 años	10%	970 años

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración VI- 3 Espectros Utilizados en el Análisis.



Fuente: Elaboración propia.

6.6.1. Revisiones Realizadas

6.6.2. Curva de Demanda y Capacidad Sísmica

Al comparar la curva de capacidad sísmica del sistema estructural Habitecho con la demanda, para los distintos espectro de respuestas de 500 y 1000 años se obtiene la demanda cortante y demanda de desplazamiento en cada dirección presentadas en la Tabla VI-11.

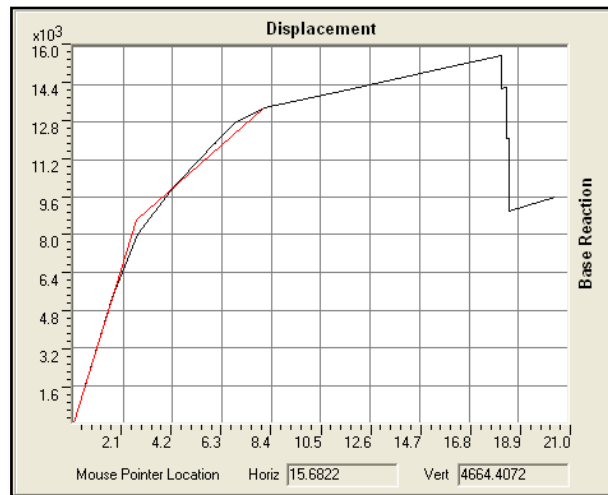
En las ilustraciones VI-4, VI-5, V-6 y V-7 se presentan las relaciones de demanda contra capacidad.

Tabla VI- 11 Comparación de resultados de la Curva de Capacidad Sísmica.

PERIODO DE RETORNO (años)	DIRECCIÓN DEL ANALISIS	DEMANDA DE CORTANTE (Kg)	DEMANDA DE DESPLAZAMIENTOS (cm)
500	"X"	13.416,91	8,10
	"Y"	26.628,60	1,03
1000	"X"	-	-
	"Y"	27.439,21	1,19

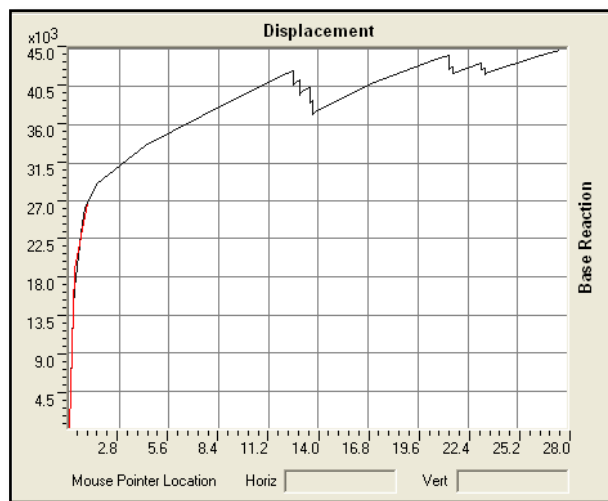
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración VI- 4 Curva Demanda/Capacidad en Dirección "X". Sismo 500 años



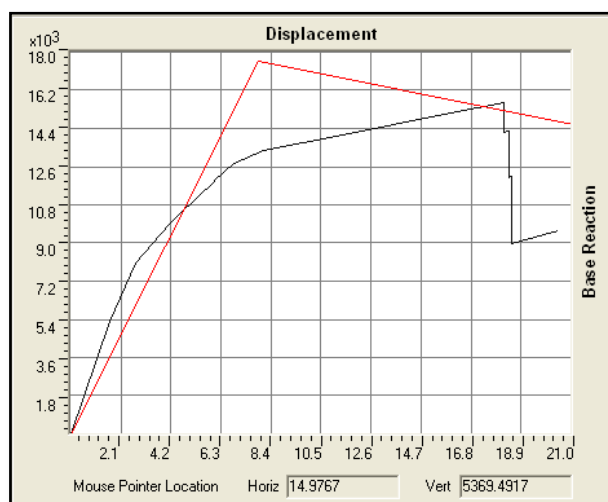
Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración VI- 5 Curva Demanda/Capacidad en Dirección “Y”. Sismo 500 años



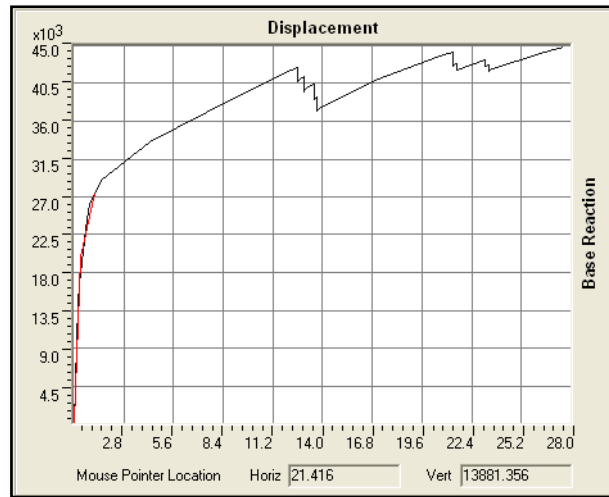
Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración VI- 6 Curva de Demanda/Capacidad en Dirección “X”. Sismo 1000 años



Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración VI- 7 Curva Demanda/Capacidad en Dirección “Y”. Sismo 1000 años



Fuente: Elaboración Propia.

6.6.3. Ductilidad Desarrollada

Se obtuvo la ductilidad desarrollada para cada curva de demanda sísmica por el método de “Iguales Áreas” el cual proporciona el punto de fluencia, ver Ilustraciones VI-8 y VI-9. La ductilidad del sistema se calculo mediante la Ecuación VI-1; cuyos resultados se reportan en la Tabla VI-12.

$$D = \frac{\Delta_{desarrollado}}{\Delta_y}$$

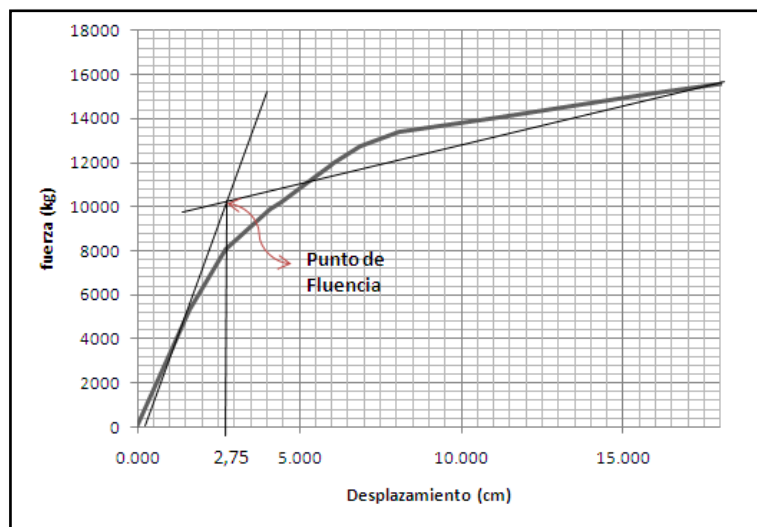
Ecuación VI- 1 Ductilidad Desarrollada.

Donde:

$\Delta_{desarrollado}$: Demanda de desplazamiento.

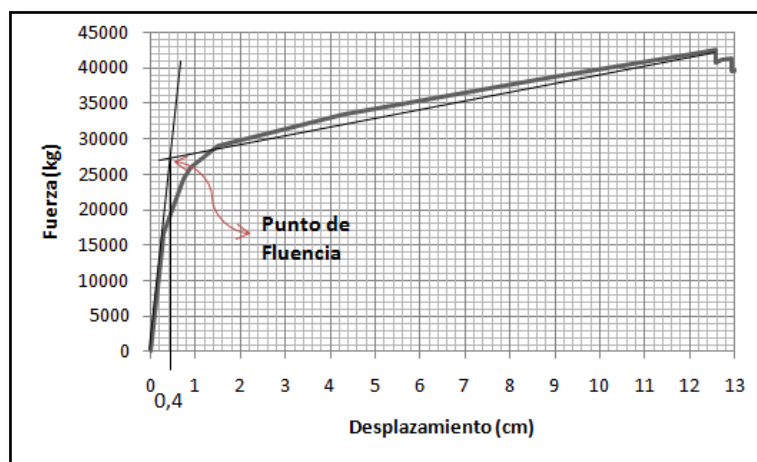
Δ_y : Desplazamiento cedente.

Ilustración VI- 8 Curva Demanda/Capacidad en Dirección “X” con Modelo Bilineal.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VI- 9. Curva Demanda/Capacidad en Dirección “Y” con Modelo Bilineal.



Fuente: Elaboración Propia.

Con los datos de demanda de desplazamiento y desplazamiento último se puede determinar un factor de seguridad por la ecuación VI-2; la cual indica lo próximo que la estructura esta por fallar luego de alcanzar la demanda exigida. En la Tabla VI-13 se expresan dichos factores asociados a cada dirección de estudio.

$$F_{seguridad} = \frac{\Delta_{ultimo}}{\Delta_{desarrollado}} \quad \text{Ecuación VI- 2 Factor de Seguridad}$$

Tabla VI- 12 Comparación de Ductilidad Desarrollada por Dirección.

PERIODO DE RETORNO (años)	DIRECCIÓN DEL ANALISIS	DEMANDA DESPLAZAMIENTO (cm)	DESPLAZAMIENTO ELASTICO (cm)	DUCTILIDAD
500	"X"	8,10	2,75	3,0
	"Y"	1,03	0,40	2,6
1000	"X"	-	-	-
	"Y"	1,19	0,40	3,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla VI- 13 Factor de Seguridad en función de los desplazamientos.

PERIODO DE RETORNO (años)	DIRECCIÓN DEL ANALISIS	DEMANDA DESPLAZAMIENTO (cm)	DESPLAZAMIENTO ULTIMO (cm)	FACTOR DE SEGURIDAD
500	"X"	8,10	18,19	2,20
	"Y"	1,03	12,59	12,3
1000	"X"	-	18,19	-
	"Y"	1,19	12,59	10,6

Fuente: Elaboración Propia.

6.6.4. Derivas Máximas Desarrolladas

Considerando el desplazamiento en los 2 niveles de un punto específico propuesto para el análisis del pushover se obtuvieron las derivas máximas de la estructura mediante la Ecuación VI-3.

$$\delta_i = \frac{\Delta_i - \Delta_{i-1}}{h} \times 100\% \quad \text{Ecuación VI- 3. Deriva máxima.}$$

Donde:

δ_i : Deriva máxima desarrolla.

Δ_i : Desplazamiento lateral.

h : Altura del entrepiso.

Tabla VI- 14 Deriva máxima de la Estructura.

PERIODO DE RETORNO (años)	DIRECCIÓN DEL ANALISIS	DESPLAZAMIENTO (cm)		DERIVA MAXIMA DESARROLLADA (%)
		PISO 1	PISO 2	
500	X	3,88	8,10	1,56
	Y	0,63	1,03	0,15
1000	X	-	-	-
	Y	0,67	1,19	0,19

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la deriva inelástica se compararon con el valor límite estipulado en el Capítulo 10 de la norma COVENIN 1756-2001. Dicha verificación se llevo a cabo mediante el cociente obtenido de dividir la deriva máxima del sistema entre el valor límite, parámetro el cual debe ser menor o igual a 1 (Ver Tabla VI-15).

$$\delta_i < 0,018 \quad \text{Ecuación VI- 4. Verificación Valores límites.}$$

Tabla VI- 15 Comparación de Derivas en Dirección “X” y “Y”.

PERIODO DE RETORNO (años)	DIRECCIÓN DEL ANALISIS	DERIVA MAXIMA DESARROLLADA (%)	D MAXIMA/ D NORMATIVA
500	X	1,56	0,87
	Y	0,15	0,08
1000	X	-	-
	Y	0,19	0,11

Fuente: Elaboración Propia.

6.6.5. Modos y Masas participativas

Se presentan a continuación los modos de vibración actuantes con su respectivo periodo del sistema, utilizados en el diseño y análisis de la vivienda.

Tabla VI- 16 Masa Participativa por Dirección.

MODO	PERIODO (s)	SUMATORIA UX (%)	SUMATORIA UY (%)	TIPO
1	0.561	77	0.000001083	Traslacional X
2	0.303	77.2	0.0003369	Torsional
3	0.236	77.2	22.7	Traslacional Y
4	0.205	96.7	22.7	Traslacional X
5	0.117	96.7	90.5	Traslacional Y
6	0.063	96.7	90.5	Torsional
Total Masa		96.7	90.5	

Fuente: Elaboración propia.

6.6.6. Efecto P-delta (P-Δ)

Las columnas del modelo realizado fueron ajustadas por flexión; es decir, no se considero el efecto de carga axial en el comportamiento inelástico. Debido a esto se realizó un análisis el cual representa el efecto P-Δ que dichas cargas producen sobre la estructura.

El efecto P-Δ se obtuvo mediante los desplazamientos por piso y sus respectivas masas participantes, con lo cual se llevo a cabo la revisión del momento global de la estructura y su incidencia en cada una de las columnas. Dicho momento se obtiene por medio de la ecuación VI-5 y sus resultados se reportan en la Tabla VI-17.

$$M_{\text{global}} = \Delta_i \times W_i + \Delta_{i-1} \times W_{i-1} \quad \text{Ecuación VI- 5 Momento Global.}$$

Donde:

Δ_i : Desplazamiento del piso con en el cual se alcanza la demanda sísmica.

W_i : Peso del piso actuante.

Tabla VI- 17 Incidencia del Efecto P-delta en las columnas.

PERIODO DE RETORNO (años)	DIRECCIÓN DEL ANALISIS	MOMENTO GLOBAL (kg-m)	INCIDENCIA EN UNA COLUMNA (%)
500	X	2570,99	11,14
	Y	373,45	3,16
1000	X	*4200,00	15,84
	Y	410,05	4,64

*Valor Estimado

Fuente: Elaboración Propia.

6.7. Análisis de las Revisiones

Se observo que la sumatoria de la masa participativa de los 6 modos utilizados en el análisis de la estructura, arroja valores de 96.7% y 90.5% en la dirección “X” y “Y” respectivamente; cumpliendo a cabalidad con la norma COVENIN 1756-2001 la cual exige un porcentaje de masa participativa mayor al 90%.

En el caso de los desplazamientos de la estructura se obtuvieron resultados positivos; ya que se encuentran dentro del rango estipulado en norma COVENIN 1756-2001 y fueron verificados mediante las derivas máximas desarrolladas; las cuales arrojaron valores de 0,016 y 0,0015 en la dirección “X” y “Y” respectivamente; cumpliendo con el valor límite de 0,018.

Con la finalidad de estimar el daño causado por un evento sísmico, se considera la deriva máxima desarrollada y se compara con el estudio publicado por Ghobarah (1997) ver Ilustración VI-10.

Ilustración VI- 10 Criterio para la Evaluación del Desempeño Estructural.

Dañ o →	Menor	Reparable	Irreparable	Severo	Extremo
Desempeño	Agrietamiento	Fluencia de acero	Inicio de Mecanismo	Mecanismo Global	Degradación notable de resistencia
Descripción de los daños	Grietas ligeramente visibles	Grietas	Grietas abiertas y pérdida de recubrimiento	Grietas muy anchas y mayor pérdida de recubrimiento	Deformaciones permanentes visibles
Índice de daño	0.05	0.14	0.40	0.60	Mayor de 0.60
Cuantificación de desempeño	Grietas menores de 0.3 mm.	Grietas menores de 1 mm.	Grietas entre 1 y 2 mm.	Grietas mayores de 2 mm.	Grietas anchas y profundas. Dilatación de los elementos
Drift de piso	0.005	0.011	0.023	0.046	> 0.060
Drift global	0.003	0.008	0.018	0.040	>0.049

Fuente: Ghobarah (1997)

La dirección “Y” supone un daño menor no considerable, tal como grietas ligeramente visibles y un índice de daño de 0,05. La dirección “X” presentaría un daño irreparable con un índice de 0,40.

Por otra parte la incidencia del efecto $P-\Delta$ sobre la capacidad resistente de las columnas arrojo como valor máximo 11,14% para el análisis en la dirección “X” para un sismo de 500 años. Con la finalidad de obtener la incidencia para un sismo de 1000 años en la dirección “X” se estimo un momento global de 4200 kg-m, con lo cual se obtuvo un valor máximo de 16% de incidencia en cuanto a su capacidad. De estos valores se pudo observar que el efecto P-delta genera una fuerza adicional sobre las columnas para las demandas exigidas.

Cabe destacar que el presente estudio se realizó tanto para el espectro de respuesta recomendado por las normas Venezolanas como para el espectro de respuesta con periodo de retorno de 1000 años estipulado por FEMA-356. Siendo este ultimo más conservador, por lo cual exige un mejor desempeño de la estructura.

CAPITULO VII

ANALISIS LINEAL DEL SISTEMA HABITECHO

Se realizó el modelado de una unidad de vivienda estructurada de igual forma que la realizada mediante el programa SAP2000; con elementos y propiedades semejantes a las viviendas construidas alrededor del país, siendo así un modelo representativo para su estudio.

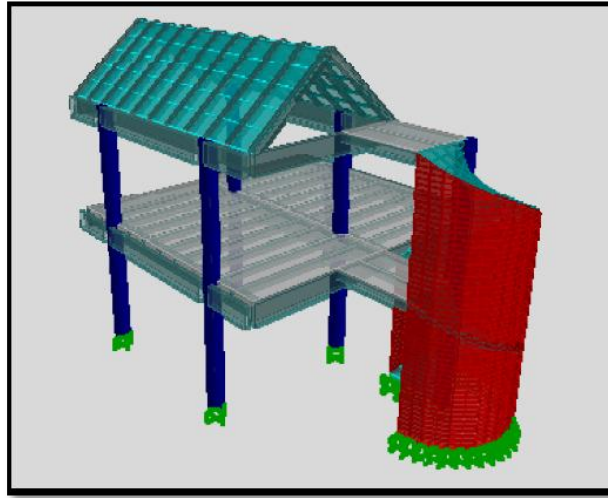
Siguiendo los lineamientos de la norma sísmica venezolana COVENIN (1756-2001) se realizó un análisis dinámico espacial de superposición modal con 3 grados de libertad por piso mediante el programa ETABS, con lo cual se realizó la revisión de varios criterios permitiendo estimar el comportamiento de la estructura ante un evento sísmico.

7.1. Descripción General del Sistema

La vivienda unifamiliar modelada posee las mismas dimensiones y geometría especificadas en el Capítulo VI, Ilustraciones VI-1 y VI-2. Esta estructura se encuentra conformada por pórticos en la dirección “Y” y nervios transversales en la dirección “X”.

Las secciones transversales de las vigas, columnas y nervios que constituyen la vivienda representada mediante el programa ETABS son las mismas utilizadas en el modelado realizado en SAP2000. El detallado de estas secciones se aprecia en el Capítulo VI sección 6.2. La Ilustración VII-1 presenta una vista 3D de dicha vivienda.

Ilustración VII- 1. Vivienda Modelada en ETABS



Fuente: Elaboración propia.

7.2. Normas utilizadas

- El estudio de las cargas se realizó en concordancia con la norma: “Criterio y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones. COVENIN - MINDUR 2002-88” específicamente en el capítulo 3 donde se muestra las características de los materiales, secciones y combinaciones de cargas.
- Para el estudio sísmico se consideró lo estipulado en las normas COVENIN 1756-2001 (Edificaciones Sismorresistentes Parte 1: Requisitos) y 1756-2001 (Edificaciones Sismorresistentes Parte 2: Comentarios).
- Norma: “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural” FONDONORMA (1753-2006).
- Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05).

7.3. Materiales Usados Para el Diseño

Siendo una vivienda de concreto reforzado sus elementos estructurales se encuentran constituidos en su totalidad por concreto y acero de refuerzo cuyas características fueron especificadas en el capítulo VI sección 6.3.

7.4. Cargas utilizadas en el diseño

La vivienda modelada en SAP2000 y ETABS posee las mismas dimensiones y elementos estructurales, por lo que se considera valido el análisis de carga realizado en el capítulo VI-4 y cuyos resultados se expresan en función de la carga permanente, y carga variable a la que se encuentra sometida una estructura según las normas COVENIN (2002-1988) en la Tabla VII-1.

Tabla VII- 1. Peso de la Vivienda Utilizado en ETABS

NIVEL	CM (Kg)	CV (Kg)	CM+0,25CV
1	32.550,32	1.907,52	34.457,84
2	14.769,83	470,73	15.240,56
TOTAL (Kg)			49.698,40

Fuente: Elaboración propia

7.5. Combinaciones de Efectos

Las combinaciones de efectos de carga y sismos a las que se sometió la estructura son las señaladas en la Tabla VII-2.

Tabla VII- 2. Combinaciones de Efectos.

COMBINACIONES	
COMBO 1	1.4PP+1.4SCP
COMBO 2	1.2PP+1.2SCP+1.6CV+0.50CVT
COMBO 3	1.2PP+1.2SCP+1.6CV+1.6CVT
COMBO 4	1.2PP+1.2SCP+0.5CV+Sx+0.30Sy
COMBO 5	1.2PP+1.2SCP+0.5CV+0.30Sx+Sy
COMBO 6	0.90PP+0.90SCP+Sx+0.30Sy
COMBO 7	0.90PP+0.90SCP+0.30Sx+Sy

Fuente: Elaboración propia.

7.6. Solicitaciones Sísmicas

Para el modelado de la vivienda unifamiliar se consideraron las características de las construcciones realizadas en Villa de Cura, Estado Aragua las cuales se encuentran dentro de la zona sísmica 5 del País; según la norma COVENIN (1756-2001) Edificaciones Sismorresistentes, por lo que se catalogan de peligro sísmico elevado arrojando un coeficiente de aceleración horizontal (A_0) de 0,30.

Para definir el espectro de diseño a utilizar se adoptó una forma espectral S2 con su respectivo factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal $\varphi=0,9$; con la finalidad de tener resultados de perfiles geotécnicos con características comunes en el territorio nacional. Por otra parte al ser una estructura para vivienda de baja ocupación se corresponde al grupo B2 por lo que se le asocia un factor de importancia $\alpha=1$.

Conocida la forma espectral S2 se puede hallar el periodo máximo (T^*), el factor de magnificación promedio (β) y el exponente que define la rama descendente del espectro (p) Tal como se muestra en la Tabla VII-3.

Tabla VII- 3 Valores de T^* , β Y p .

Forma Espectral	T^*	β	p
S1	0,4	2,4	1
S2	0,7	2,6	1
S3	1	2,8	1
S4	1,3	3	0,8

Fuente: Norma COVENIN (1756-2001 Parte 1)

Así mismo se tuvo en cuenta que la vivienda está conformada por pórticos estructurales, los cuales deben resistir la totalidad de las acciones sísmicas quedando enmarcada como estructura TIPO 1.

Considerando que las viviendas a estudiar se encuentran conformadas por dos pisos menores a 8 metros de altura y construidas en una zona sísmica de alta amenaza se realizaron los análisis correspondientes para un Nivel de diseño 2 (ND2). En consecuencia se puede definir el factor de reducción de respuesta $R=4$ según el artículo 6.4 de la norma COVENIN (1756-2001).

El período característico de variación de respuesta dúctil (T^+) para estructuras con factor de reducción de respuesta menor a 5 vino dado por la Ecuación VII-2.

$$T^+ = 0,1(R - 1) \text{ Ecuación VII- 1. Variación de Respuesta Dúctil.}$$

$$T^+ = 0,27 \cong 0,3 \text{ s.}$$

El periodo fundamental de una estructura Tipo I fue estimado por la Ecuación VII-3:

$$T = C_t \times h_n^{0,75} \text{ Ecuación VII- 2. Periodo Fundamental.}$$

Donde:

$C_t = 0,07$ (estructura de concreto armado).

$h_n = 6,9$ (altura de la edificación medida desde el ultimo nivel hasta el primer nivel).

$$T = 0,29 \cong 0,30 \text{ s.}$$

La ordenada del espectro de diseño a utilizar en el análisis sísmico de la vivienda se obtuvo mediante la Ecuación VII-4.

$$Ad = \frac{\alpha \varphi A_0 \left[1 + \frac{T}{T_+} (\beta - 1) \right]}{1 + \left(\frac{T}{T_+} \right)^c (R - 1)} \quad \text{Ecuación VII- 3. Ordenada del Espectro de Diseño.}$$

Donde:

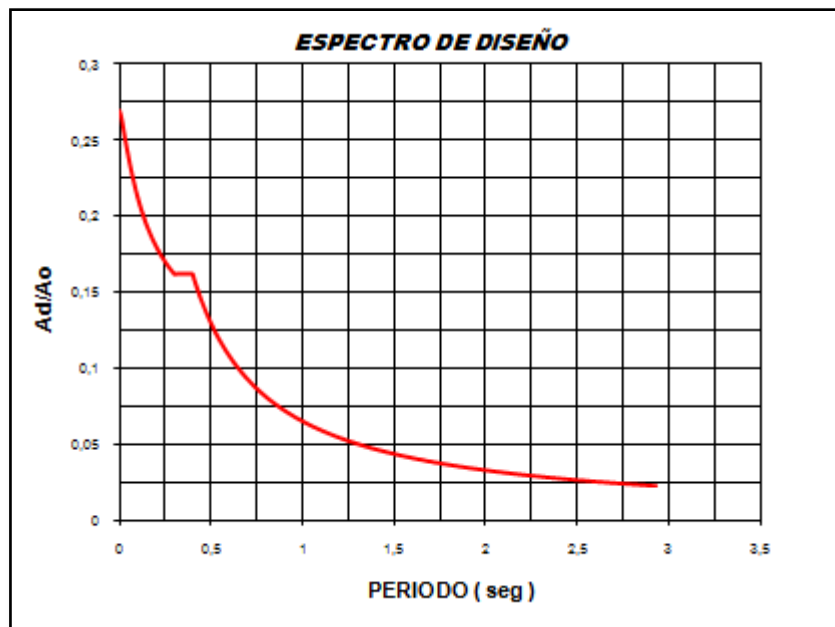
$$c = \sqrt[4]{R/\beta} \quad \text{Ecuación VII- 4.}$$

$$c = 1,10$$

$$Ad = 0,18 \text{ s.}$$

La Ilustración VII-2 presenta el espectro de diseño realizado para ambas direcciones considerando los coeficientes, parámetros y valores mencionados anteriormente.

Ilustración VII- 2. Espectro de Diseño Elástico



Fuente: Elaboración Propia

7.7. Determinación de los modos de vibración

Para edificios de menos de 3 pisos el número de modos de vibración para cada dirección viene dado por la Ecuación VII-6 según los criterios del artículo 9.4.4 y del artículo 9.6.2.1 de la Norma COVENIN (1756-2001).

$$N_3 = 3N_1 \quad \text{Ecuación VII- 5. Numero de Modos}$$

N_1 : es igual al número de pisos de la estructura.

$$N_3 = 6$$

7.8. Revisiones Realizadas.

7.8.1. Modos y Masa Participativa.

La Tabla VII-6 presenta los porcentajes de masa participativa en cada uno de los modos de vibración realizados en el análisis de la estructura.

Tabla VII- 4. Masa Participativa por Dirección.

MODO	PERIODO (s)	SUMATORIA UX (%)	SUMATORIA UY (%)
1	0,471	78,988	0,012
2	0,325	79,133	37,535
3	0,264	79,304	86,363
4	0,157	92,989	86,700
5	0,102	93,045	96,463
6	0,092	95,985	97,312
Total Masa		95,985	97,312

Fuente: Elaboración propia

7.8.2. Corte Basal ante Acciones Sísmicas.

La fuerza cortante basal mínima se obtuvo siguiendo los lineamientos estipulados en los artículos 9.3.1 y 9.6.2.1 de norma COVENIN (1756-2001).

$$V_o^* = \mu * A_d' * W \quad \text{Ecuación VII- 6. Corte Basal}$$

Donde:

A_d' = Ordenada del espectro de diseño para $T'=1,6T$.

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

μ = Mayor de los valores dados por las Ecuaciones VII-8 y VII-9 cuyo resultado final se reporta en la Tabla VII-7.

$$\mu' = 1,4 * \left(\frac{N+9}{2*N+12} \right) \quad \text{Ecuación VII- 7.}$$

$$\mu'' = 0,8 + \frac{1}{20} * \left(\frac{T}{T^*} - 1 \right) \quad \text{Ecuación VII- 8.}$$

Tabla VII- 5. Resultados de T' , A_d' , μ y V_o^*

T' (s)	μ'	μ''	μ final	A_d' (s)	V_o^* (kg)
0,48	0,96	0,77	0,96	0,163	7.817,81

Fuente: Elaboración propia

El valor $\frac{V_o^*}{W}$ debe ser mayor o igual que el coeficiente sísmico mínimo establecido en el Artículo 7.1. de la norma COVENIN (1756-2001) de lo cual se obtiene la Ecuación VII-10 cuyo resultado se reporta en la Tabla VII-8.

$$\frac{V_o^*}{W} \geq \frac{\alpha * A_0}{R} \quad \text{Ecuación VII- 9. Coeficiente Sísmico.}$$

Tabla VII- 6. Revisión del Corte Basal

$\frac{V_o^*}{W}$	$\frac{\alpha * A_0}{R}$	CUMPLE
0,157	0,077	Si

Fuente: Elaboración propia

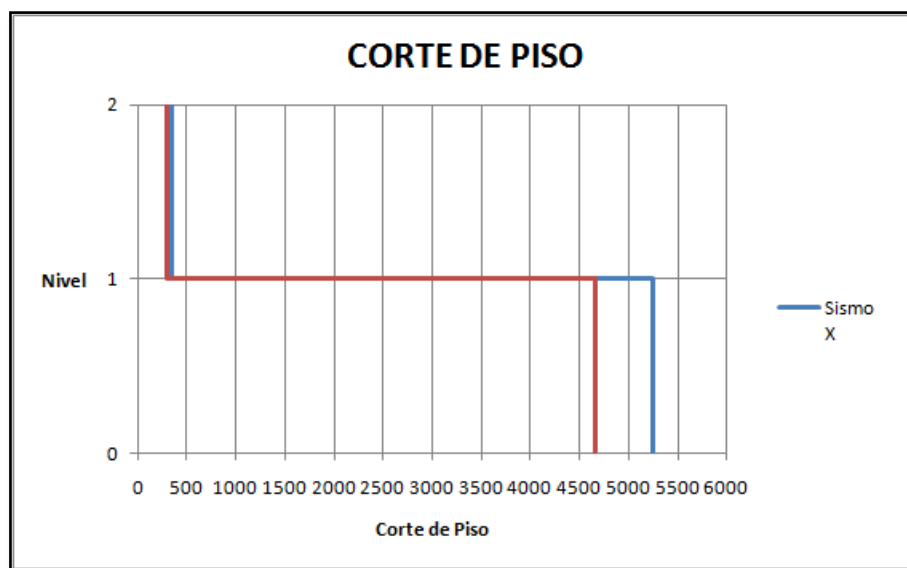
Se obtuvo los cortes de piso en cada dirección de estudio, los cuales se presentan en la Tabla VII-9 y se aprecian gráficamente en la Ilustración VII-3. Se realizó su revisión verificando que sean mayores que el corte basal mínimo. Se reportan los resultados obtenidos en la Tabla VII-10.

Tabla VII- 7. Cortes de Piso en cada Dirección

CORTE DE PISO		
NIVEL	V_{0X} (kg)	V_{0Y} (kg)
2	348,95	292,8
1	5251,34	4657,08
PB	5251,34	4657,08

Fuente: Elaboración propia

Ilustración VII- 3. Corte de Piso ante las Acciones Sísmicas.



Fuente: Elaboración propia

Tabla VII- 8. Revisión Corte Basal de Piso.

Dirección	V_0	V_0^*	CUMPLE
"X"	5251,34	7.817,81	NO
"Y"	4657,08	7.817,81	NO

Fuente: Elaboración propia

Considerando que el corte basal mínimo es mayor al corte basal obtenido en cada dirección se procedió a multiplicar estos últimos valores por el coeficiente $\frac{V_0^*}{V_0}$ acorde con el artículo 9.6.2.1 de norma COVENIN 1756-2001; por lo que los valores finales de V_0^* se reportan en la Tabla VII-11.

Tabla VII- 9. Valores Finales de V_0^* .

Dirección	V_0^* (Kg)
"X"	7878,79
"Y"	7822,15

Fuente: Elaboración propia

7.8.3. Derivas elásticas e inelásticas

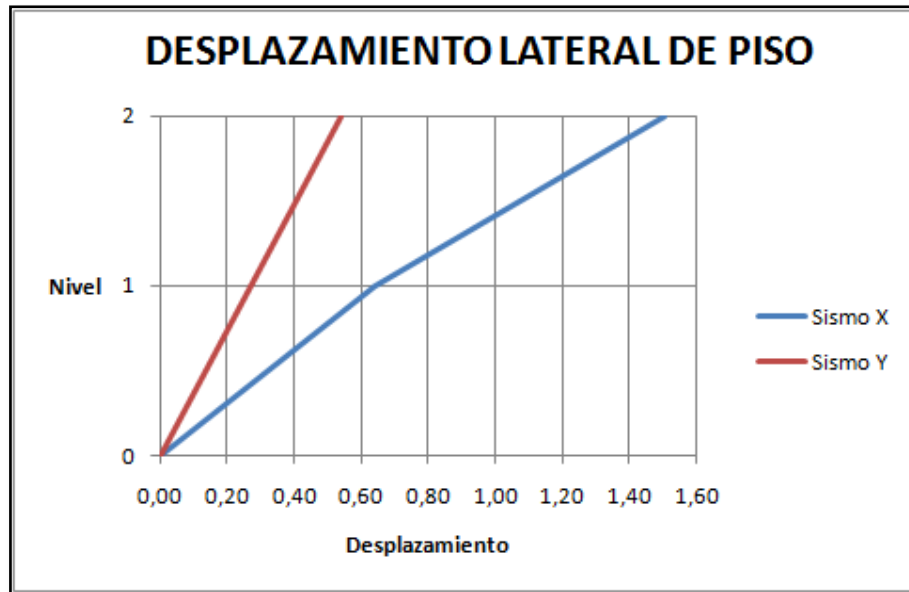
Los desplazamientos laterales en cada dirección obtenidos se reportan en la Tabla VII-12, así como también se pueden observar gráficamente en las Ilustraciones VII-4 para cada dirección.

Tabla VII- 10. Desplazamiento Lateral de Piso.

NIVEL	Δe_{s_x} (cm)	Δe_{s_y} (cm)
Piso 2	1,506	0,538
Piso 1	0,639	0,269

Fuente: Elaboración propia

Ilustración VII- 4. Desplazamiento Lateral por Piso.



Fuente: Elaboración propia

Con los valores de desplazamiento lateral de cada nivel se obtuvo el desplazamiento lateral total Δ_i , dado por la Ecuación VII-11 estipulada en el artículo 10.1 de la norma COVENIN (1756-2001) y cuyos resultados se presentan en la Tabla VII-13.

$$\Delta_i = 0,8 * R * \Delta_{ci} \quad \text{Ecuación VII- 10. Desplazamiento Lateral Total.}$$

Donde:

Δ_{ci} : desplazamiento lateral elastico del nivel i.

Tabla VII- 11. Desplazamiento Lateral Total por Dirección.

NIVEL	ΔS_x (cm)	ΔS_y (cm)
Piso 2	4,820	1,721
Piso 1	2,044	0,859

Fuente: Elaboración propia

Siendo el valor de los desplazamientos cero para la planta baja se realizo el cálculo de la deriva para el piso 2 de la vivienda, acorde con lo establecido en el artículo 10.1; arrojando los siguientes resultados:

$$\delta_i = \Delta_i - \Delta_{i-1} \quad \text{Ecuación VII- 11. Deriva.}$$

$$\delta_x=2,770 \text{ cm(Deriva del piso 2 en dirección "X")}$$

$$\delta_y=0,862 \text{ cm(Deriva del piso 2 en dirección "Y")}$$

Estos valores son verificados mediante la Ecuación VII-13 tomando como valor límite el estipulado en la Tabla VII-14 para edificaciones pertenecientes al grupo B2 y cuyos elementos no estructurales son susceptibles de sufrir daños por deformaciones de la estructura. Los resultados de la verificación se presentan en la Tabla VII-15.

$$\frac{\delta_i}{(h_i-h_{i-1})} < 0,018 \quad \text{Ecuación VII- 12. Verificación Valores Límites.}$$

Tabla VII- 12. Valores Límites

TIPO Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS	EDIFICACIONES		
	GRUPO A	GRUPO B1	GRUPO B2
NO ESTRUCTURALES			
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

Fuente: Norma COVENIN 1756-2001

Tabla VII- 13. Verificación de los Valores de Deriva del Nivel 2.

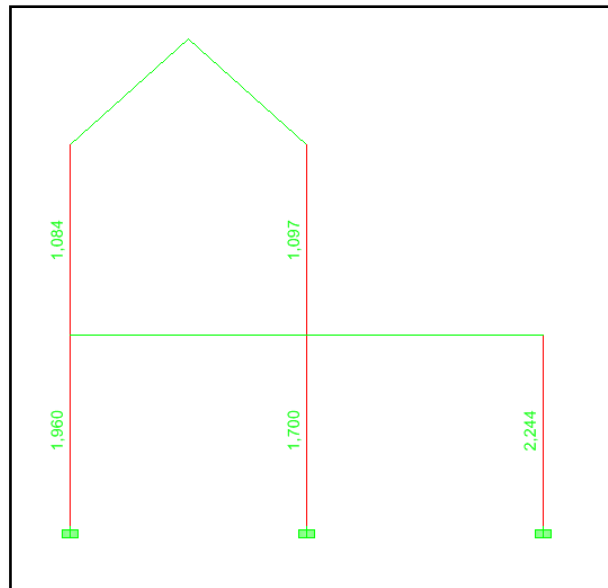
DIRECCIÓN	$\frac{\delta i}{(h_i - h_{i-1})}$	VALOR LIMITE	CUMPLE
Dirección X	0,0103	0,0180	SI
Dirección Y	0,0032	0,0180	SI

Fuente: Elaboración propia

7.8.4. Relación Demanda/Capacidad en Columnas.

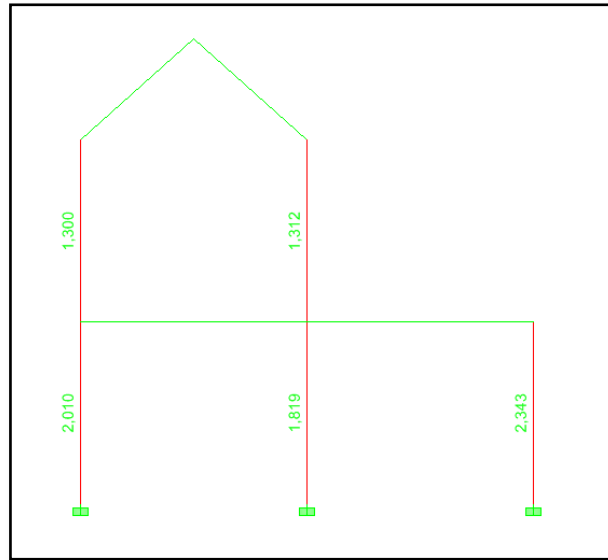
Esta verificación se realizó con la finalidad de comprobar la resistencia de los miembros estructurales mediante la relación demanda/capacidad de las columnas. Se puede observar en la Ilustración VII-5 y VII- 6 las columnas representadas en color rojo poseen valores mayores a la unidad; lo cual significa que sobrepasan la relación antes mencionada.

Ilustración VII- 5. Revisión Demanda Capacidad Elevación 2



Fuente: Elaboración propia

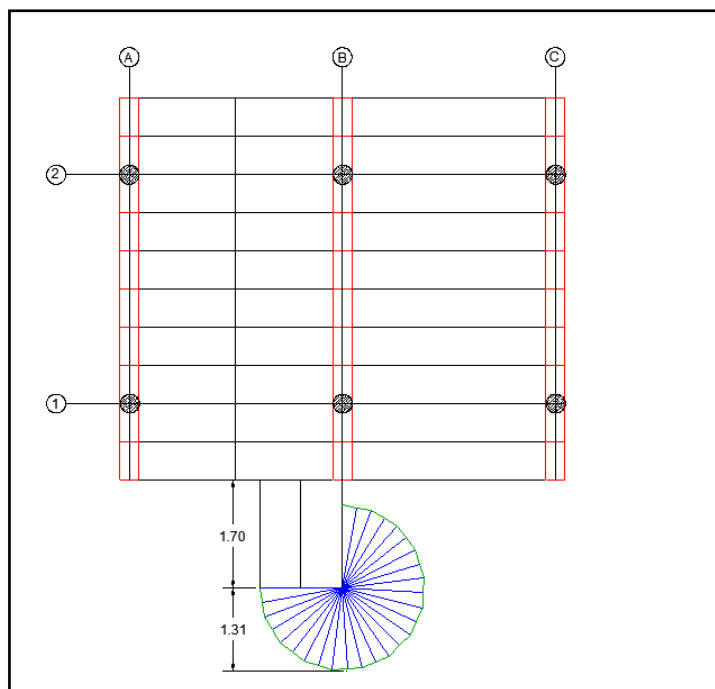
Ilustración VII- 6. Revisión Demanda Capacidad Elevación 3



Fuente: Elaboración propia

La Tabla VII-16 presenta la cantidad de acero que poseen las columnas, el acero requerido y la deficiencia de acero, donde esta ultima viene representada por la diferencia, expresada en porcentaje, entre el acero requerido y el acero colocado; según la nomenclatura indicada en la Ilustración VII- 7

Ilustración VII- 7. Nomenclatura de Columnas



Fuente: Elaboración propia

Tabla VII- 14. Acero Colocado y Requerido en Columnas

NIVEL	COLUMNA	DIÁMETRO (cm)	AREA (cm ²)	AREA DE ACERO		
				Colocado	Requerido	Diferencia (%)
1	1A	30	706,86	2,9	41,29	92,98
1	1B	30	706,86	2,9	31,93	90,92
1	1C	30	706,86	2,9	Excede el máx. Permitido	-
1	2A	30	706,86	2,9	Excede el máx. Permitido	-
1	2B	30	706,86	2,9	36,41	92,04
1	2C	30	706,86	2,9	Excede el máx. Permitido	-
2	1A	30	706,86	2,9	7,09	59,07
2	1B	30	706,86	2,9	7,09	59,07
2	2A	30	706,86	2,9	9,46	69,33
2	2B	30	706,86	2,9	9,64	69,90

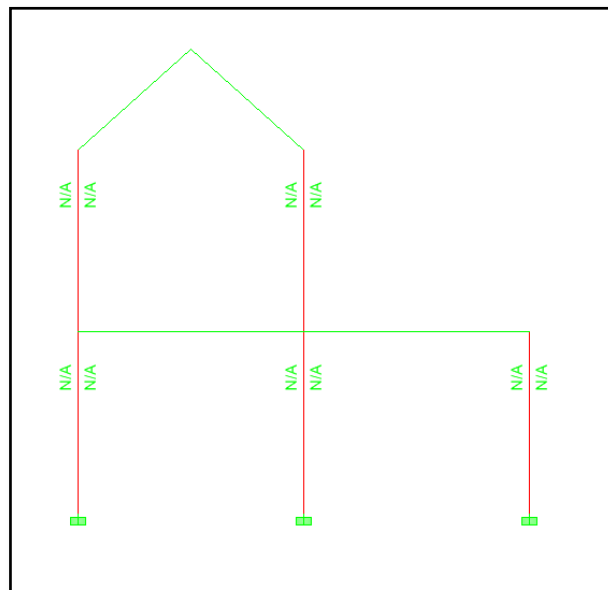
Fuente: Elaboración Propia.

7.8.5. Criterio Columna Fuerte/Viga Débil

Esta verificación se realizó con la finalidad de comprobar que las columnas posean mayor capacidad resistente y de disipación de energía que las vigas, implicando que los mecanismos cinemáticos que se formen ante una acción sísmica sean los más deseables; es decir, las rótulas plásticas se formen en las vigas y no en las columnas.

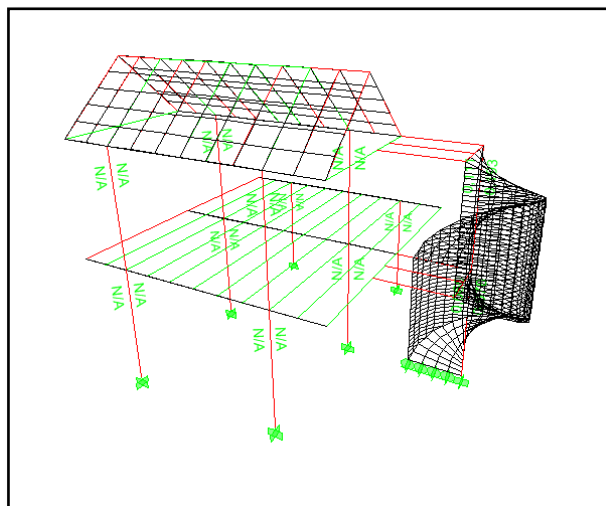
En las Ilustraciones VII-8 y VII-9 se puede observar como las columnas de toda la estructura se encuentran representadas en color rojo, además indican N/A, lo que significa que no cumplen con lo indicado anteriormente.

Ilustración VII- 8. Relación Columna fuerte/ Viga débil para Elevación 2.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VII- 9. Relación Columna fuerte/ Viga débil para la Estructura.



Fuente: Elaboración propia

7.9. Análisis de las Revisiones.

Las revisiones realizadas anteriormente permiten estimar la respuesta de la estructura ante acciones sísmicas. Se puede observar como los 6 modos de vibración realizados corresponden satisfactoriamente a un porcentaje de masa participativa mayor al 90% de la masa total de la estructura siendo 95,985% y 97,312% en la dirección “X” y “Y” respectivamente; cumpliendo con lo establecido en el artículo 9.6.2 de la Norma COVENIN 1756-2001.

En cuanto al corte basal estático de la estructura se obtuvieron resultados favorables, puesto que el valor de V_o/W es superior al coeficiente sísmico estipulado. Por otra parte los valores del corte basal dinámico no cumplieron con el corte basal mínimo, por lo que se incrementaron siguiendo lo estipulado en el artículo 9.6.2.1 de la Norma COVENIN 1756-2001, obteniendo como resultado final un corte basal de 7878,79 Kg en la dirección “X” y 7822,15 Kg en la dirección “Y”.

En cuanto a las derivas obtenidas se puede apreciar que cumplen con el valor límite establecido en la norma COVENIN 1756-2001; donde el valor límite permitido para la estructura es de 0,018 y el máximo obtenido es de 0,0103 en la dirección “X”.

Haciendo referencia a Ghobarah (2004) se puede tener noción del desempeño de la estructura ante eventos sísmicos basados en la deriva máxima; la Tabla VI-9 presentada en el Capítulo VI; permite estimar un índice de daño de 0,14 el cual se considera reparable y cuyos efectos se verían representados por grietas menores a 1mm.

Con respecto a la revisión de demanda/capacidad de las columnas se puede apreciar que el sistema muestra fallas considerables, ya que ninguna de las columnas soporta la demanda exigida ante las solicitudes establecidas; presentando una deficiencia en la capacidad resistente, para el nivel 1 de 81,9% hasta 134,3% y para el nivel 2 de 0,084% hasta 31,0%. Esta diferencia se debe a que las columnas del nivel 1 soportan mayores solicitudes ocasionando momentos globales para dicho nivel superiores que en nivel 2; ya que estos momentos globales se ven afectados tanto por el peso de la estructura como por el efecto P-Delta.

Se puede observar que la insuficiencia en la capacidad resistente de las columnas está asociada a la discrepancia entre el acero de refuerzo colocado y el acero de refuerzo requerido como se muestra en la Tabla VII-16, en la cual resaltan valores hasta de 92,98% de diferencia, como también se observan 3 columnas para el nivel 1 donde el área de acero requerida excede el 6% permitido (42,42cm² de acero).

Por otra parte el criterio de columna fuerte/ viga débil asociado a que la sumatoria de momentos máximos probables en las columnas sea mayor o igual a 1.20 veces la sumatoria de momentos máximos probables en las vigas que concurren a una junta. Se verificó que esta relación no se cumple en ninguna junta lo que podría resultar una falla determinante para la estructura puesto que las rótulas plásticas se están

formando inicialmente en las columnas creando mecanismos que podrían conllevar al colapso prematuro de la estructura ante un evento sísmico.

CAPITULO VIII

PROPUESTA DE MODIFICACION DEL SISTEMA

CONSTRUCTIVO HABITECHO

Dados los resultados de la estructura ante eventos sísmicos se pudo corroborar las limitaciones del sistema en cuanto al desempeño de disipación de energía en la rama inelástica. Asimismo se observó que el comportamiento de los elementos estructurales es comprometido y sobrepasado, debido a una mayor demanda en relación a su capacidad máxima, lo que conlleva al colapso de la estructura.

Cumpliendo los objetivos y alcances de este trabajo especial de grado se realizaron modificaciones al sistema estructural Habitecho, donde se mejora el desempeño de la vivienda mediante cambios efectuados a los modelos realizados tanto en SAP2000 como en ETABS, considerando que dichos cambios afecten lo menos posible el enfoque económico del sistema.

Considerando las fallas del sistema en cuanto a la verificación de columna fuerte-viga débil se disminuyó la sección transversal de las vigas colocadas en la dirección “Y”; así como también se aumento el acero de refuerzo de las columnas, obligando a las vigas a ser las encargadas de disipar energía. Por otra parte se coloco vigas en la dirección “X”, con la finalidad de asegurar una mejor distribución de las solicitaciones, comprometiendo en menor porcentaje la estabilidad de dicha dirección.

Tomando en cuenta las modificaciones anteriormente mencionadas se realizó la revisión del los criterios para los cuales la estructura original no cumplía. La tabla

VIII-1 presenta las dimensiones y acero de refuerzo modificado para cada uno de los elementos estructurales del sistema.

Tabla VIII- 1. Dimensiones y Acero Modificado

SECCION	DIMENSIONES (cm)	AREA DE ACERO (cm ²)
Viga Dirección "X"	15x40	2,85
Viga Dirección "Y"	15x25	2,85
Columna	30	11,04

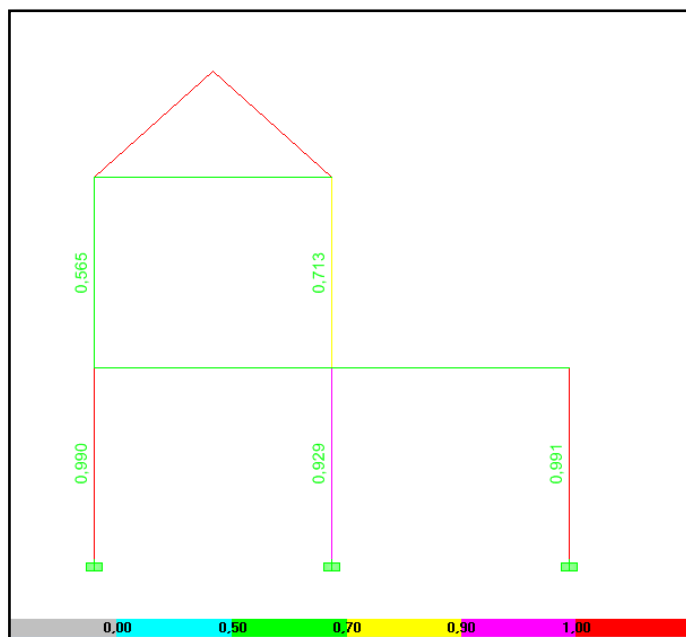
Fuente: Elaboración propia.

8.1. Revisiones Realizadas

8.1.1. Relación Demanda/Capacidad en columnas

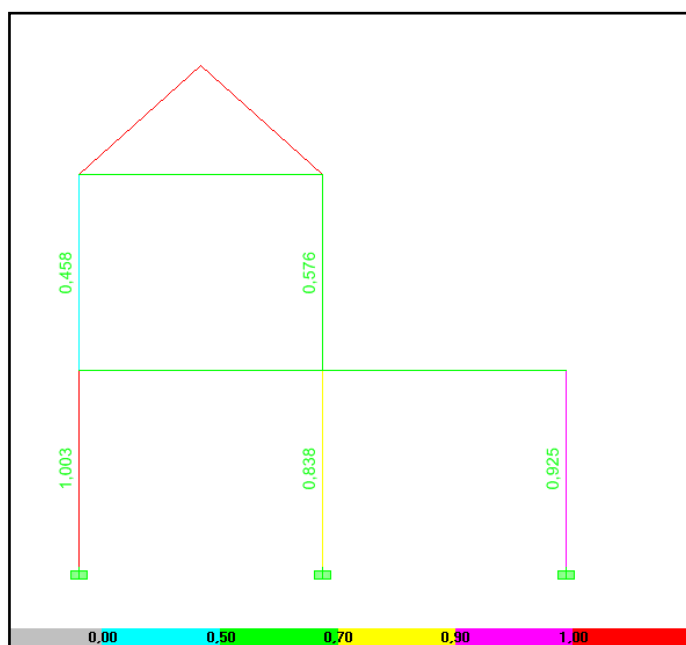
Con las modificaciones realizadas se puede observar que las columnas de la estructura satisfacen este requerimiento, a excepción de la columna 2A presentada en la ilustración VIII-2 la cual presenta un 0,003% de demanda superior a la capacidad. Porcentaje insignificante en comparación a los valores de hasta 134,3% de deficiencia en capacidad resistente presentado en el análisis de la estructura original.

Ilustración VIII- 1 Demanda/Capacidad de la Estructura Elevación 2.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración VIII- 2 Demanda/Capacidad de la estructura Elevación 3.

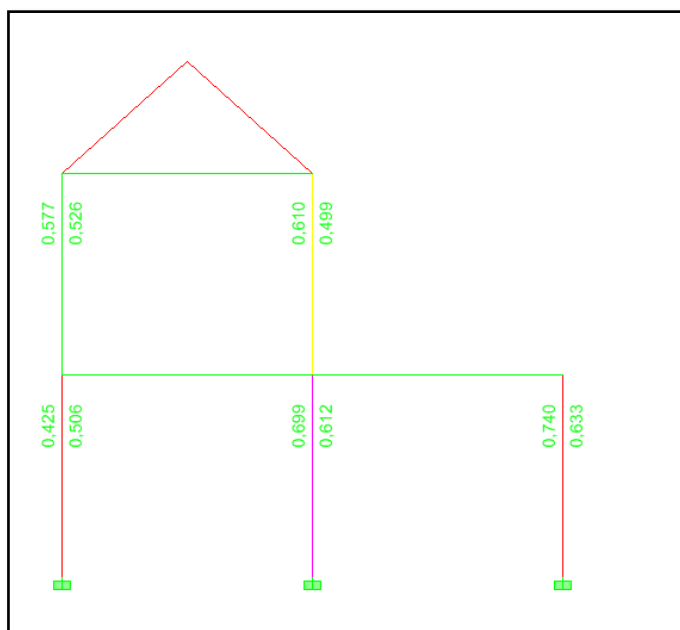


Fuente: Elaboración propia

8.1.2. Criterio Columna Fuerte/Viga Débil.

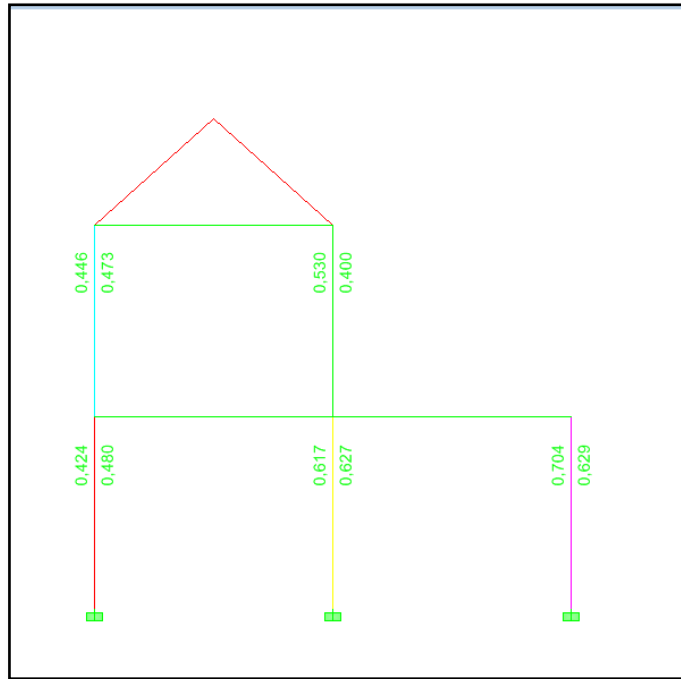
Se puede observar en las Ilustraciones VIII-3 y VIII-4 que todas las columnas del sistema presentan valores inferiores a la unidad; con lo cual cumplen con el criterio establecido en el capítulo VII sección 7.8.5.

Ilustración VIII- 3 Columna fuerte/ Viga débil. Elevación 2.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración VIII- 4 Columna fuerte/ Viga débil. Elevación 3.

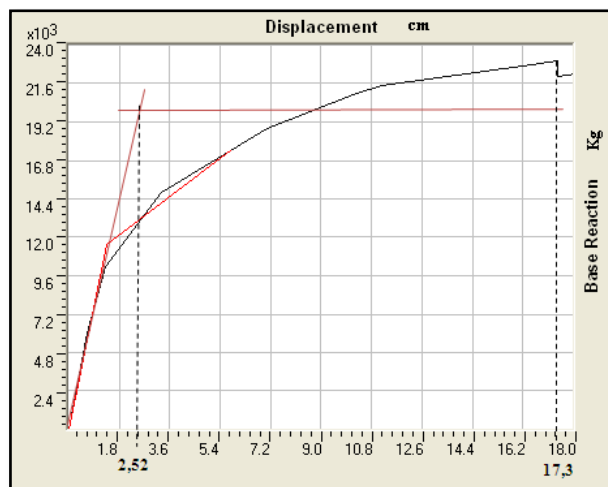


Fuente: Elaboración propia.

8.1.3. Curva de Demanda y Capacidad Sísmica

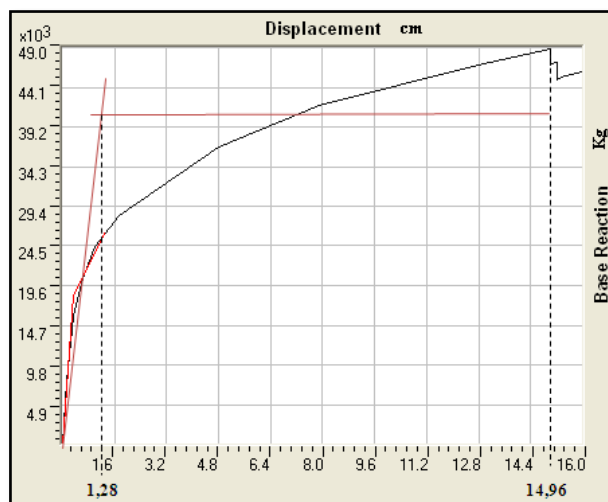
Para las modificaciones realizadas, la capacidad de la estructura supera la demanda exigida tanto por el sismo de 500 años como el de 1000 años en ambas direcciones. Se presenta las diferentes curvas en las Ilustraciones VIII-5, VIII-6, VIII-7 y VIII-8.

Ilustración VIII- 5 Curva Demanda/Capacidad en Dirección “X” Sismo 500 años.



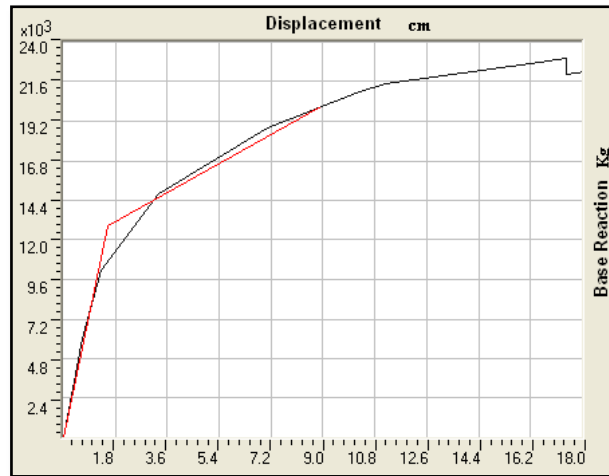
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración VIII- 6 Curva Demanda/Capacidad en Dirección “Y” Sismo 500 años.



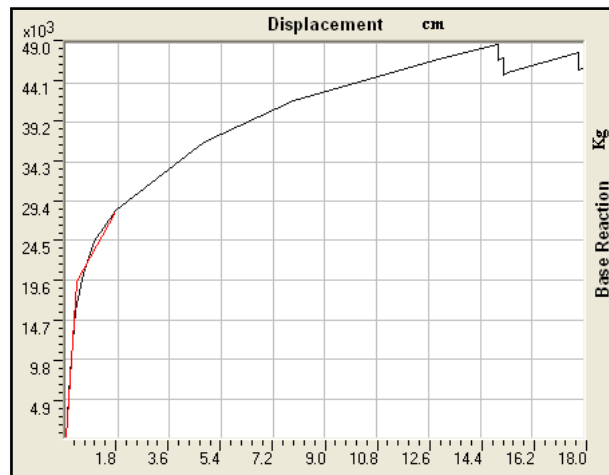
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración VIII- 7 Curva Demanda/Capacidad en Dirección “X” Sismo 1000 años.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración VIII- 8 Curva Demanda/Capacidad en Dirección “Y” Sismo 1000 años.



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla VIII-2 presenta un resumen del comportamiento de la estructura, indicando los cortes basales y desplazamientos para los diferentes sismos en cada dirección, así mismo se estimó el factor de seguridad resultante los cuales se muestran en la Tabla VIII-3.

Tabla VIII- 2 Tabla Resumen Curva Demanda/Capacidad.

PERIODO DE RETORNO (años)	DIRECCIÓN DEL ANALISIS	DEMANDA DE CORTANTE (Kg)	DEMANDA DE DESPLAZAMIENTOS (cm)
500	X	17.497,64	5,84
	Y	26.194,30	1,34
1000	X	20.084,05	8,94
	Y	28.149,75	1,71

Fuente: Elaboración propia.

Tabla VIII- 3 Factores de seguridad de la propuesta de vivienda.

PERIODO DE RETORNO (años)	DIRECCIÓN DEL ANALISIS	DESPLAZAMIENTO DESARROLLADO (cm)	DESPLAZAMIENTO ULTIMO (cm)	FACTOR DE SEGURIDAD
500	X	5,84	18,19	3,1
	Y	1,34	12,59	9,4
1000	X	8,94	18,19	2,0
	Y	1,71	12,59	7,4

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IX

ANALISIS DE RESULTADOS

9.1. Ensayos

9.1.1. Ductilidad

La tabla IX-1 presenta la ductilidad global obtenida de los ensayos de los pórticos; la cual cumple con las ductilidades establecidas en la norma COVENIN 1756-2001, relacionadas con el factor de reducción de respuesta para una estructura tipificada de pórticos de concreto reforzado, usando la ecuación II-2.

Tabla IX- 1. Ductilidad y Factor de Reducción de Respuesta de los Ensayos.

PORTICO	DUCTILIDAD GLOBAL	R (Art.C-6.4)	R (Art. 6.4)
Con Mampostería	3,5	4,38	4
Sin Mampostería	5	6,25	4

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo se estima que la ductilidad global de la vivienda será inferior que la ductilidad calculada para cada uno de los pórticos ensayados.

9.2. Análisis Estático No Lineal

9.2.1. Demanda/Capacidad

Se pudo observar que la dirección “Y” del sistema constructivo Habitecho cumple con demanda exigida por las fuerzas sísmicas utilizadas en esta investigación, a

diferencia de la dirección “X” la cual no posee la capacidad suficiente para disipar la demanda exigida por el sismo de 1000 años establecido por la norma FEMA 356.

9.2.2. Derivas

Los valores de deriva obtenidos mediante este análisis cumplen con el valor límite establecido en la norma COVENIN 1756-2001.

9.3. Análisis Lineal

9.3.1. Derivas

Así como en el análisis no lineal los valores obtenidos de deriva en el análisis lineal cumplen con lo estipulado en la norma COVENIN 1756-200; sin embargo se puede apreciar que en la dirección “Y” se obtuvo una deriva mayor en el análisis lineal esto debido a que para el análisis no lineal se considero la mampostería la cual otorga mayor rigidez a los pórticos ubicados en dicha dirección.

9.3.2. Demanda/Capacidad

Se puede observar que ninguna columna del sistema cumple con la revisión de demanda capacidad; en consecuencia al déficit de acero que poseen las columnas.

9.3.3. Columna Fuerte/Viga débil

Se pudo apreciar que ninguna junta cumple con el criterio de columna fuerte/viga débil; lo cual resulta congruente con el comportamiento de los pórticos ensayados en el IMME; ya que las vigas presentaron un comportamiento elástico mientras que las columnas fueron las responsables de disipar la energía.

9.4. Comparación del Método de Análisis Estático No lineal con el Método de Análisis Lineal.

De los resultados obtenidos en el análisis lineal se puede observar que la capacidad de la estructura no cumple con las solicitaciones sísmicas, a diferencia del análisis no lineal en el cual la estructura cumple con la demanda exigida para un sismo de 500 años pero presenta deficiencia al resistir un sismo de 1000 años; por lo cual se puede afirmar que el análisis lineal exige un mayor desempeño a la estructura.

9.5. Propuesta de Modificación del Sistema Constructivo Habitecho

9.5.1. Demanda/Capacidad

Se puede observar que al realizar las modificaciones propuestas al sistema, las columnas de ambos niveles cumplen con la relación demanda/capacidad; ya que la cantidad de acero de refuerzo colocado tanto en vigas como en columnas es superior al mínimo requerido.

9.5.2. Columna Fuerte/Viga Débil

Es de recalcar que al realizar los cambios mencionados en las dimensiones de la viga y el acero de refuerzo de las columnas, la revisión de columna fuerte/viga débil se cumple en todas las juntas de la estructura; con lo cual las vigas son las encargadas de disipar energía en el sistema.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las conclusiones producto de los análisis de los ensayos y modelos matemáticos realizados del sistema constructivo Habitecho.

Por las ductilidades obtenidas de los ensayos realizados al sistema constructivo Habitecho se puede concluir que este sistema posee características de ductilidad propias de un sistema de pórticos de concreto reforzado (Tipo I).

Se puede concluir que la dirección “Y” del sistema es capaz de resistir las demandas exigidas por los espectros de diseño con periodo de retorno de 500 y 1000 años; a diferencia de la dirección “X”, cuya capacidad no le permite resistir la demanda exigida por el espectro de 1000 años, principalmente por la ausencia de vigas de carga y mampostería.

En la evaluación del sistema constructivo Habitecho se pudo apreciar que el método de análisis lineal expresa con mayor énfasis las deficiencias de la estructura, debido a que este análisis resulta más conservador que el método de análisis no lineal.

Cabe indicar que los resultados obtenidos mediante los distintos análisis no consideran detalles constructivos que desfavorecen la capacidad resistente de la estructura como lo son: longitud de solapes, empalmes, ganchos y embutido de las instalaciones dentro de las columnas.

Las viviendas construidas con el sistema Habitecho no evidencian daños estructurales por lo que se asume que su capacidad resistente no se ve comprometida ante las sollicitaciones gravitacionales.

Basado en la revisión columna fuerte/viga débil del Capítulo VII, se concluye que los mecanismos de falla se producen inicialmente en las columnas, siendo congruente con el comportamiento elástico de las vigas de carga de los pórticos ensayados.

La propuesta de modificación al sistema constructivo Habitecho cumple con las revisiones de los dos métodos de análisis utilizados en esta investigación.

Recomendaciones

Se recomienda la disposición de vigas de carga en la dirección “X” para mejorar el desempeño de la estructura ante las demandas de fuerza sísmica especificada por las normas FEMA 356.

Es de recalcar que se deben asegurar los detalles constructivos como los solapes entre la unión de: vigas de fundación y las columnas, vigas de carga y nervios de techo, columnas del primer y segundo nivel; así como también el acero mínimo según lo estipulado en la norma COVENIN 1753-2006

Asimismo se recomienda colocar las instalaciones eléctricas y sanitarias por fuera de los elementos estructurales; ya que se pudo apreciar que dichas instalaciones se encuentran embutidas en elementos como columnas, reduciendo su sección transversal y en consecuencia su capacidad resistente.

Debido a los resultados favorables obtenidos en la propuesta de modificación al sistema constructivo Habitecho, se recomienda realizar ensayos que confirmen estos resultados teóricos.

El sistema constructivo Habitecho posee bondades en cuanto a su comportamiento estructural por lo que se recomienda continuar con estudios que permitan optimizar

su desempeño de acuerdo a las exigencias de las normas venezolanas; ya que el sistema se presenta como una posible solución al problema habitacional de nuestra Nación.

BIBLIOGRAFIA

1. Academia de Ciencias Físicas Matemáticas y Naturales (1997). “*Diseño Sismorresistente Especificaciones y Criterio Empleado en Venezuela*”. Caracas, Venezuela, Corpoven S.A.
2. Aguiar Falconi, R. (2003) “*Método del Coeficiente de Desplazamiento para el análisis sísmico por Desempeño. Centro de Investigaciones Científicas*”. Escuela Politécnica del Ejército. Recuperado el 04 de septiembre de 2010 de: <http://www.espe.edu.ec/portal/files/metodocoeficiente.pdf>
3. Alonzo, J. (2007). “*Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones*”. Caracas, Fondo Editorial Sidetur.
4. American concrete Institute(318S-05) “ *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*”
5. Chopra, A.K. y Goel, R.K., “*A Modal Pushover Analysis Procedure to estimate Seismic Demands for Buildings*” University of California, Berkeley, California; 2001.
6. Computers and Structures, Inc. (1995) ETABS. “*Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structures. Versión 9.7.0. Extreme 3D analysis of building system*”s. Berkeley, CA.
7. Computers and Structures, Inc. (1995) SAP2000.” *Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structures. Advanced 9.0.3. Structural Analysis Program*”. Berkeley, CA.
8. Constru-Veloz (s/f). Proceso constructivo Habitecho. Documento publicado. Constru-Veloz S.A.Caracas, Venezuela.
9. Corporación Donbau (s/f). Sistema constructivo Habitecho, descripción y Diseño de viviendas. Corporación Donbau S.A.
10. Del Pino D.,(2006) Análisis de sistemas estructurales de viviendas unifamiliares de bajo costo. Trabajo especial de grado no publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
11. Disponible: <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/vivas.pdf> (Recuperado en Diciembre 06, 2009).

12. Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Terremotos en Venezuela](http://es.wikipedia.org/wiki/Terremotos_en_Venezuela) (Recuperado en Diciembre 06, 2009).
13. Disponible: <http://www.rescate.com/recuento.html> (Recuperado en febrero 06, 2010).
14. Disponible: <http://tembloresysismos.blogspot.com/> (Recuperado en Enero 22, 2010).
15. Federal Emergency Management Agency – FEMA (356-2000). “Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings”. washington, d.c.
16. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas – FUNVISIS (s.f) Recuperado el 5 de julio de 2010 de <http://www.funvisis.org.ve>.
17. Ghobarah A., Ali N. y El-Attar M.(1997) “*Performance level criteria and evaluation. A critical review of proposed guidelines*”. Seismic design methodology for the next generation of codes. Fajfar and krawinkler editors. Eslovenia.
18. López, O. A. y Del Re Ruiz, G. (Diciembre 2008) “*Evaluación de los métodos de análisis estático no-lineal para determinar la demanda sísmica en estructuras aporticadas de concreto armado*”. Boletín Técnico.pag.1-28.
19. Montero L., V.(2004) “Diseño de un edificio con muros de carga y cortante”. Trabajo especial de grado publicado. Universidad de las Americas Puebla, Mexico.D.F.
20. Norma COVENIN-MINDUR 1756-2001:A. “*Edificaciones sismorresistentes. Parte 1: Articulado*”.
21. Norma COVENIN-MINDUR 1756-2001:C. “*Edificaciones sismorresistentes. Parte 1: Comentarios*”.
22. Norma COVENIN-MINDUR 2002-1988:A. “*Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones. (Provisional) Articulado*”.
23. Norma COVENIN-MINDUR 2002-1988:C. “*Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones. (Provisional) Comentarios*”.
24. Norma FONDONORMA1753-2006:” Norma Venezolana Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”.

25. Organización Panamericana de la Salud.(1997). “*Vulnerabilidad de los Sistemas de Agua Potable Frente a Deslizamientos*”. (Recuperado en marzo 15, 2010). En <http://cidbimena.desastres.hn/docum/ops/publicaciones/h0206s/h0206s.4.htm>

26. Porrero, J. y otros (2004) “*Manual del Concreto Estructural*”. Conforme la Norma COVENIN 1753:03, Caracas: SIDETUR. 503 Páginas.

27. Rodríguez M., D. (s/f). “*Análisis Estático No Lineal*”. Revista de la Cámara Venezolana de Construcción [Revista en línea]. Disponible: http://www.cvc.com.ve/portal/docs_revistas/388/construccion_86.pdf (Recuperado en Agosto 15, 2010).

28. Rojas, C. J. (2010, Junio 3). Colegio de Ingenieros: “Es correcta política del gobierno de sustitución de ranchos por viviendas”. Primicias24. Recuperado en Junio 30, 2010. De <http://primicias24.com/nacionales/colegio-de-ingenieros-es-correcta-politica-del-gobierno-de-sustitucion-de-ranchos-por-viviendas/>

29. Universidad Central de Venezuela (2004) “*Derrumbe del liceo RMC durante el terremoto de Cariaco de 1.997*”. Informe IMME N° 209889. Caracas: LOPEZ, Oscar A y ESPINOSA, Luis F.

ANEXOS

1. Ensayos de Pórticos Realizados por el IMME

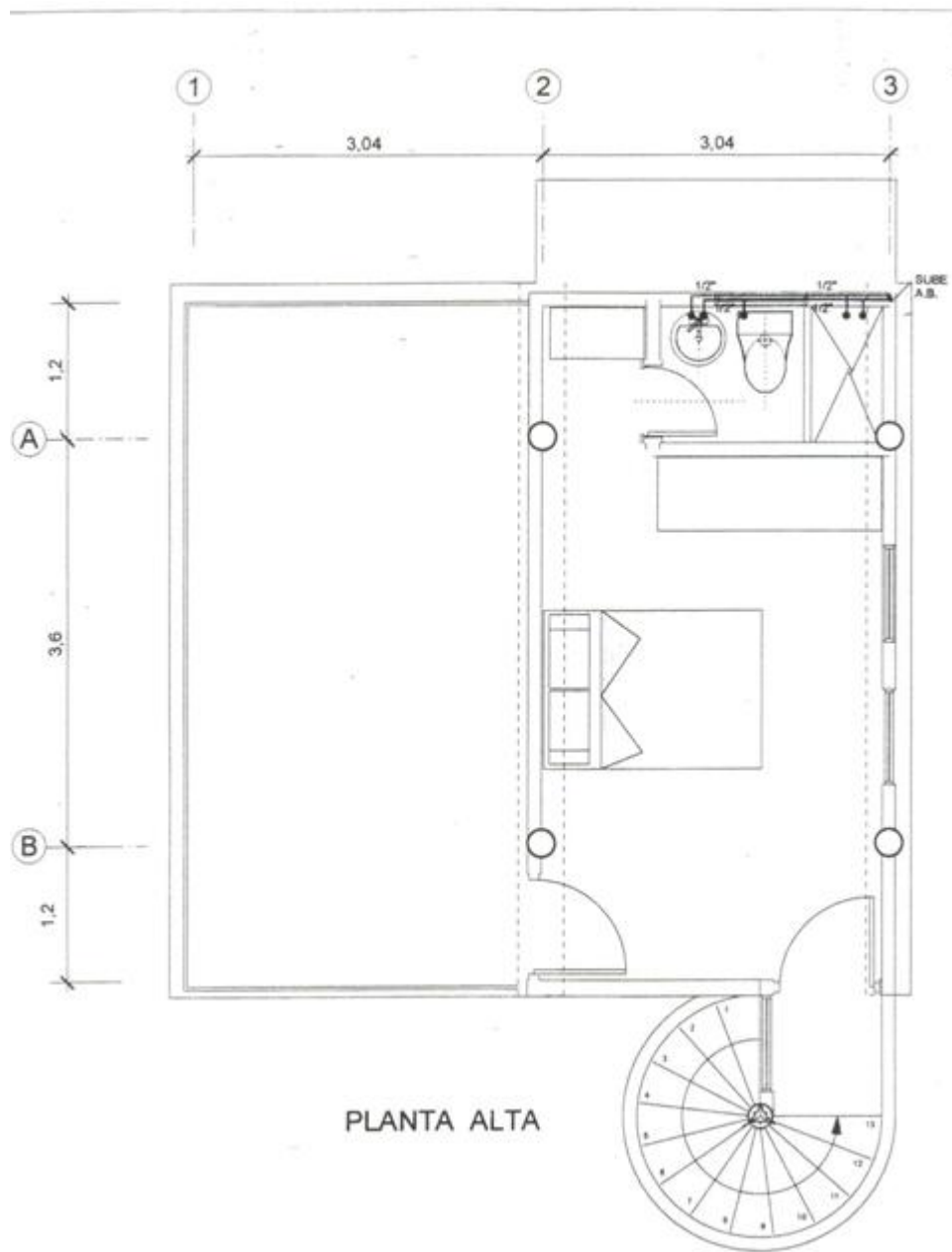


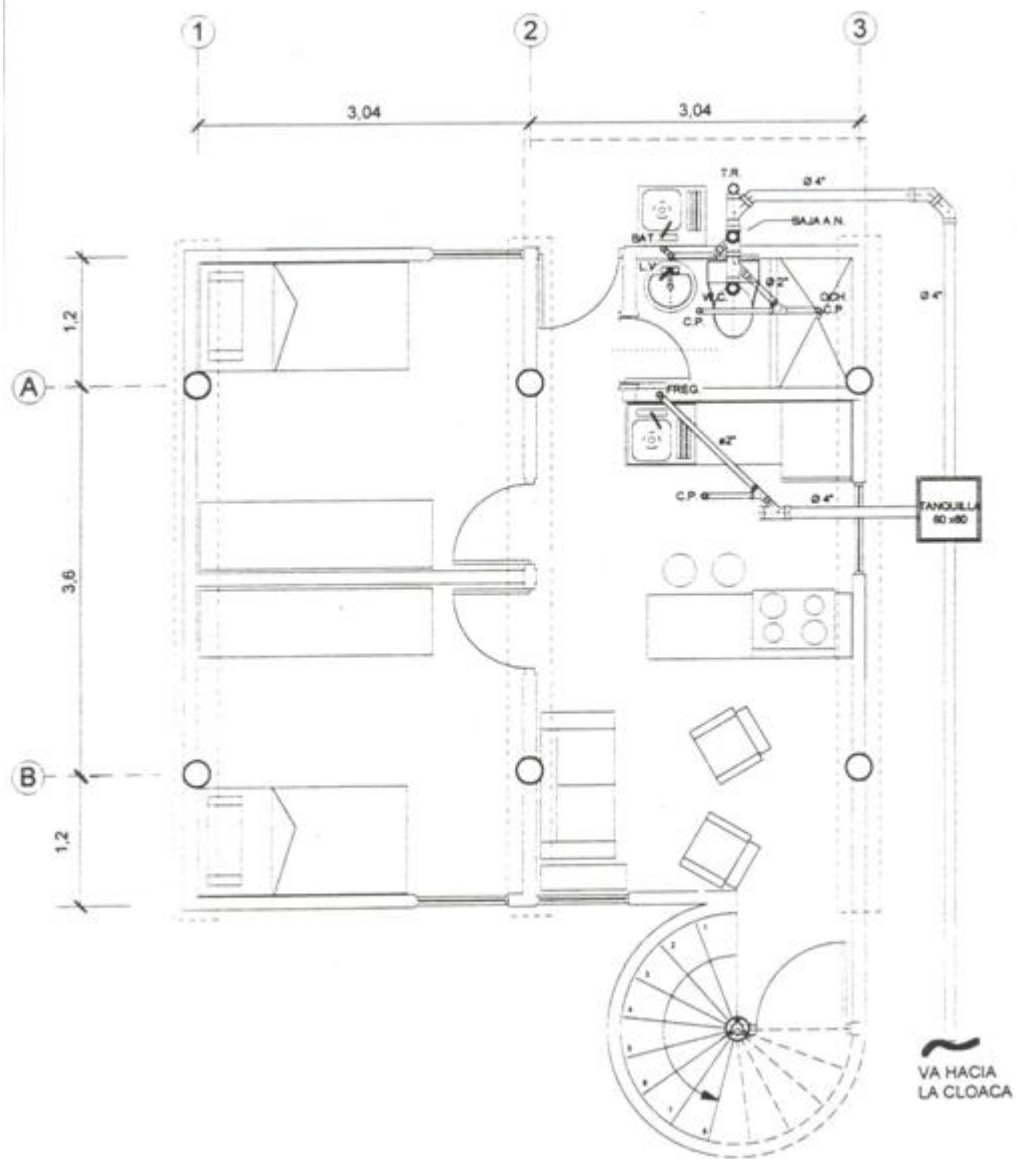
2. Detalles Constructivos



3. Viviendas Construidas







APENDICE

ETABS Diseño de Concreto

Engineer _____
 Project _____
 Subject _____

ACI 318-05/IBC 2003 DISEÑO SECCION DE COLUMNA								Tipo: Sway Special		Unidades: Kgf-cm		(Resumen)			
Nivel	:	STORY1	L=270,000												
Elemento	:	C3	B=30,000		D=30,000		dc=0,000								
ID Seccion	:	COL	S=202400,000		Sc=180,000		It.Wt. Fac.=1,000								
Id Combo	:	COMBO7	fy=3000,000		fya=3500,000										
Loc de Estación: 230,000			SLIP=1,000												
Phi(Compression-Spiral): 0,700			Overstrength Factor: 1,25												
Phi(Compression-Tied): 0,650															
Phi(Tension Controlled): 0,900															
Phi(Shear): 0,750															
Phi(Seismic Shear): 0,600															
Phi(Joint Shear): 0,650															
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT CHECK FOR PU, M2, M3															
Capacity		Design		Design		Design		Minimum		Minimum					
Ratio		Pu		M2		M3		M2		M3					
O/S #35		1270,183		142583,037		-64239,142		3078,923		3078,923					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS															
		Cm		Delta_n		Delta_s		K		L					
		Factor		Factor		Factor		Factor		Length					
Flexión Principal (M3)		1,000		1,006		1,000		1,000		230,000					
Flexión Secundaria (M2)		1,000		1,006		1,000		1,000		230,000					
DISEÑO CORTANTE PARA V2,V4															
		Rebar		Shear		Shear		Shear		Shear					
		Av/s		Vu		phi*Vc		phi*Vs		Vp					
Corte Principal (V2)		0,025		913,456		0,000		1898,288		0,000					
Corte Secundario (V3)		0,025		1644,502		0,000		1898,288		0,000					
DISEÑO CORTANTE JUNTA															
		Joint Shear		Shear		Shear		Shear		Joint					
		Ratio		VuTop		VuTot		phi*Vc		Area					
Corte Principal (V2)		N/A		N/A		N/A		N/A		N/A					
Corte Secundario (V3)		N/A		N/A		N/A		N/A		N/A					
(6/3) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS															
		Major		Minor											
		Ratio		Ratio											
		N/A		N/A											
O/S #35 Relacion de capacidad excede limite															
Notas:															
N/A: No Aplicable															
N/C: No Calculado															
N/N: No es Necesario															

ETABS Diseño de Concreto

Engineer _____
 Project _____
 Subject _____

ACI 318-05/IBC 2003 DISEÑO SECCION DE COLUMNA										Tipo: Sway Special		Unidades: Kgf-cm		(Resumen)		
Nivel	:	STORY1	L=270,000													
Elemento	:	C3	B=30,000		D=30,000		dc=0,000									
ID Seccion	:	COL	E=202600,000		fc=180,000		fc.Wc.=1,000									
Id Combo	:	COMBO7	fy=3000,000		fys=5500,000											
Loc de Estación: 230,000			ELLIP=1,000													
Phi(Compression-Spiral): 0,700			Overstrength Factor: 1,25													
Phi(Compression-Tied): 0,450																
Phi(Tension Controlled): 0,900																
Phi(Shear): 0,750																
Phi(Seismic Shear): 0,600																
Phi(Joint Shear): 0,850																
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT CHECK FOR PU, M2, M3																
Capacity		Design		Design		Design		Minimum		Minimum						
Ratio		Pu		M2		M3		M2		M3						
O/S #35		1270,183		142583,037		-64239,142		3078,923		3078,923						
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS																
		Cm		Delta_ns		Delta_s		K		L						
		Factor		Factor		Factor		Factor		Length						
Flexión Principal (M3)		1,000		1,006		1,000		1,000		230,000						
Flexión Secundaria (M2)		1,000		1,006		1,000		1,000		230,000						
DISEÑO CORTANTE PARA V2,V4																
		Rebar		Shear		Shear		Shear		Shear						
		Av/s		Vu		phi*Vc		phi*Vs		Vp						
Corte Principal (V2)		0,025		913,456		0,000		1898,288		0,000						
Corte Secundario (V3)		0,025		1644,502		0,000		1898,288		0,000						
DISEÑO CORTANTE JUNTA																
		Joint Shear		Shear		Shear		Shear		Joint						
		Ratio		VuTot		VuTot		phi*Vc		Area						
Corte Principal (V2)		N/A		N/A		N/A		N/A		N/A		N/A				
Corte Secundario (V3)		N/A		N/A		N/A		N/A		N/A		N/A				
(6/5) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS																
		Major		Minor												
		Ratio		Ratio												
		N/A		N/A												
O/S #35 Relacion de capacidad excede limite																
Notas:																
N/A: No Aplicable																
N/C: No Calculado																
N/N: No es Necesario																

ETABS Diseño de Concreto

Engineer _____
 Project _____
 Subject _____

ACI 318-05/IBC 2003 DISEÑO SECCION DE COLUMNA										Tipo: Sway Special		Unidades: Kgf-cm		(Resumen)	
Nivel	:	STORY1		L=270,000											
Elemento	:	C5		B=30,000		D=30,000		dc=0,000							
ID Seccion	:	COL		E=202600,000		Ec=180,000		It.Wt. Fac.=1,000							
Id Combo	:	COMBO7		fy=5000,000		fyx=5500,000									
Loc de Estación: 230,000				ELLIP=1,000											
Phi(Compression-Spiral): 0,700				Overstrength Factor: 1,25											
Phi(Compression-Tied): 0,650															
Phi(Tension Controlled): 0,900															
Phi(Shear): 0,750															
Phi(Seismic Shear): 0,600															
Phi(Joint Shear): 0,850															
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT CHECK FOR FU, M2, M3															
Capacity		Design		Design		Design		Minimum		Minimum					
Ratio		Fu		M2		M3		M2		M3					
O/S #35		1270,183		142583,037		-64239,142		3078,923		3078,923					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS															
		Cm Factor		Delta_ns Factor		Delta_s Factor		K Factor		L Length					
Flexión Principal (M3)		1,000		1,006		1,000		1,000		230,000					
Flexión Secundaria (M2)		1,000		1,006		1,000		1,000		230,000					
DISEÑO CORTANTE PARA V3,V4															
		Rebar		Shear		Shear		Shear		Shear					
		Av/s		Vu		phi*Vc		phi*Vs		Vp					
Corte Principal (V2)		0,025		913,456		0,000		1898,288		0,000					
Corte Secundario (V3)		0,025		1644,502		0,000		1898,288		0,000					
DISEÑO CORTANTE JUNTA															
		Joint Shear		Shear		Shear		Shear		Joint					
		Ratio		VuTop		VuTot		phi*Vc		Area					
Corte Principal (V2)		N/A		N/A		N/A		N/A		N/A					
Corte Secundario (V3)		N/A		N/A		N/A		N/A		N/A					
(6/5) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS															
		Major		Minor											
		Ratio		Ratio											
		N/A		N/A											
O/S #35 Relacion de capacidad excede limite															
Notas:															
N/A: No Aplicable															
N/C: No Calculado															
N/N: No es Necesario															