

U N I V E R S I D A D D E L B I O - B I O

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Ing. Cristian Belmar G.

Profesores Comisión: Ing. Luis Santana O.

Ing. Alexander Opazo V.

**INCIDENCIA DEL FACTOR DE MODIFICACION DE
RESPUESTA Y DENSIDAD DE MUROS EN LOS COSTOS
DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS.**

PROYECTO DE TÍTULO PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO CIVIL

ERWIN GONZALO MERIÑO SEPÚLVEDA.

CONCEPCIÓN, MARZO 2015.

NOMECLATURA

(Unidades de medida, abreviaturas, siglas, expresiones técnicas poco usuales)

ACI 318	:	(American Concrete Institute) Instituto Americano del concreto.
D.S.60	:	Decreto supremo número 60.
D.S.61	:	Decreto supremo número 61.
ε_{qu}	:	Deformación unitaria dada por el ensayo de compresión no confinada.
F_k	:	Fuerza horizontal aplicada sobre cada nivel “k”.
$f'c$:	Resistencia a la compresión axial de una probeta de hormigón: Ensayada a los 28 días de edad.
f_y	:	Fluencia para el acero de refuerzo en estructuras de concreto.
V_u	:	Esfuerzo de corte solicitante.
P_u	:	Esfuerzo axial solicitante
@	:	Distancia entre las barras de refuerzo
φ	:	Diámetro de las barras de refuerzo
A	:	Refuerzo vertical en el alma de los muros
C_m	:	Cabeza de los muros
E	:	Estribos
T	:	Trabas.
D.M.P	:	Densidad de muros en planta.
R	:	Factor de modificación de respuesta.
INN	:	Instituto Nacional de Normalización.
H	:	Altura entre pisos.
A_g	:	Área bruta transversal
Δ	:	Deformación lateral entre pisos (drift)
F_{sx}	:	Fuerza del sismo en la dirección X.

- Fsy : Fuerza del sismo en la dirección Y.
- Mtsx : Momento torsor de la fuerza sísmica en la dirección X
- Mtsy : Momento torsor de la fuerza sísmica en la dirección Y.

**INCIDENCIA DEL FACTOR DE MODIFICACIÓN DE RESPUESTA
Y DENSIDAD DE MUROS EN LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE
EDIFICIOS.**

Autor: Erwin Gonzalo Meriño Sepúlveda.

Departamento Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío Bío.

ermerino@alumnos.ubiobio.cl

Profesor Patrocinante: Cristian Marcelo Belmar Gonzalez.

cbelmarg@gmail.com

Departamento Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío Bío.

RESUMEN.-

Tras el terremoto ocurrido el 27 de febrero del 2010, las normativas sísmicas existentes sufrieron modificaciones las cuales permiten dos tipos de análisis para edificios de mediana altura, de hasta cinco pisos, además de esto, nuestro país consta con seis tipos distintos de suelos, los cuales cada uno de ellos se comporta de una manera totalmente distinta a las demás y por último la manera en que los edificios son construidos, el denominado “edificio Chileno”, por lo que surge la interrogante, ¿Cuál es la manera más efectiva para abaratar los costos de obra gruesa en la construcción de edificios de mediana altura?. Esto permite tener una herramienta de decisión al momento del cálculo de las edificaciones, y por lo tanto realizar un trabajo más eficiente y rápido para obtener resultados de acuerdo a la normativa vigente.

La investigación se enfocó en tres aspectos primordiales para poder dar respuesta a esta interrogante, las cuales son tipo de suelo, densidad de muros en planta y factor de modificación de respuesta. Esto fue realizado para tres arquitecturas diferente, cuatro densidades de muros en planta (1.5%, 2.0%, 2.5% y 3.0%), y con los dos factores de modificación de respuesta permitidos (R4 y R7).

Como resultado de esta investigación, se realizó un análisis de la incidencia de las variables en estudio en los costos constructivos de edificios de mediana altura emplazados en suelo tipo D. Finalmente, se tiene que para este tipo de suelo, el factor de modificación de respuesta no incide en los costos de construcción, por lo que es conveniente diseñar con factor R4 y con una densidad del 2.0%.

Palabras Claves: Costos de Construcción, Terremoto, Edificios sismorresistentes, Densidad de Muros en Planta, Factor de Modificación de Respuesta, Modificaciones de la Norma Chilena.

5229 Palabras Texto + 12 Figuras/Tablas*250 + 2 Figuras/Tablas *500 = 9229 palabras.

ABSTRACT.

After the earthquake on February 27, 2010, existing seismic regulations were modified which allow two types of analysis for mid-rise, up five floors, in addition to this, our country has six different types of soils, which each behaves in a completely different other way and finally the way buildings are constructed, which is called "Chilean building," so the question is speculated, what is the most effective way to lower the costs of structural works on building medium rise?. This allows a decision tool when calculating the buildings, and therefore a more efficient and faster to obtain results according to current regulations work.

The research focused on three main aspects to answer this question, which are soil type, plant density walls and response modification factor. This was done three different architectures four walls in plant densities (1.5%, 2.0%, 2.5% and 3.0%), and the two factors allowed modification response (R4 and R7).

As a result of this research, an analysis of the impact of variables were studied in construction costs medium-rise buildings sited on soil type D. At last but not least, we have that for this type of soil, the response modification factor no impact on construction costs, so it is desirable to design with R4 and a density of 2.0%.

Alcance:

Este informe se enfoca solamente en el suelo tipo D, ya que es el complemento a las investigaciones ya realizadas para suelos tipo B y C. Por lo tanto los resultados obtenidos de este trabajo solo se enfocan en el tipo de suelo mencionado anteriormente, no obstante se realizará una comparación con las investigaciones realizadas a los otros tipos de suelos, llegando a una conclusión completa referente a los tres tipos de suelos aludidos.

Además los costos de construcción están asociados a la cantidad de cuantía de acero de los elementos construidos (losas, vigas, muros), los cuales están asociados a más del 30% del costo de obra gruesa de los edificios, los cuales están asociados al costo total, ya que no se puede realizar una comparación monetaria del costo porque limitaría la investigación a solo un modelo con una densidad de muros, lo cual no permite desarrollar una respuesta viable por ser un modelo único.

Por otro lado cabe mencionar que los edificios estudiados son edificios habitacionales de mediana altura de hormigón armado.

ÍNDICE.-

RESUMEN.-	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE.-	5
ÍNDICE DE FIGURAS.	7
ÍNDICE DE TABLAS.	8
INTRODUCCIÓN.	9
• JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.-	9
○ <i>Tipo de suelo (suelo tipo D).</i>	10
○ <i>Densidad de muros en planta.</i>	10
○ <i>Factor de modificación de respuesta.</i>	10
• VARIABLES ESTUDIADAS.	10
○ <i>Tipo de suelo.</i>	10
○ <i>Densidad de Muros en Planta.</i>	10
○ <i>Factor de modificación de Respuesta (R).</i>	11
OBJETIVOS.-	12
METODOLOGÍA.-	12
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.-	14
• BIBLIOGRAFÍA NORMATIVA.	14
○ <i>Norma Chilena Oficial Nch433 of.1996, “Diseño Sísmico de Edificios”, Instituto Nacional de Normalización – INN.</i>	14
○ <i>Decreto Supremo 61.</i>	14
○ <i>Norma Chilena Oficial Nch430 of.2008, “Hormigón Armado – Requisitos de Diseño Cálculo”, Instituto Nacional de Normalización – INN.</i>	15
○ <i>Decreto Supremo 60</i>	15
○ <i>Código ACI 318-08, “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”, American Concrete Institute:</i>	15
• INVESTIGACIONES RELACIONADAS.	16
DESARROLLO.-	16
• MODELOS.	16
○ <i>Combinaciones de Carga.</i>	18
○ <i>Cargas Sísmicas Normativas.</i>	18
○ <i>Zona Sísmica.</i>	19
○ <i>Categoría de la Edificación.</i>	19
○ <i>Tipo de Suelo.</i>	20
○ <i>Corte Basal (Q_0).</i>	20
• MATERIALIDAD.	22

• ANÁLISIS DE MUROS	22
○ <i>Muros Ordinarios</i>	23
○ <i>Muros Especiales</i>	23
• RESULTADOS	24
ANÁLISIS Y RESULTADOS	25
• ACERO EN MUROS	25
• ACERO EN VIGAS	27
• ACERO EN LOSAS	29
• INCIDENCIA DE LOS FACTORES	29
○ <i>Factor de Modificación de respuesta</i>	29
○ <i>Densidad de Muros en planta</i>	30
○ <i>Tipo de suelo</i>	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
ANEXOS	34
ANEXO A.....	37
ANÁLISIS ESTÁTICO.....	37
ANEXO B.....	42
DISEÑO AL CORTE.....	42
ANEXO C.....	48
DISEÑO A FLEXO-COMPRESIÓN DE MUROS PARA R4.....	48
ANEXO D.....	51
DISEÑO FLEXO COMPRESIÓN MUROS PARA R7.....	51
ANEXO E.....	56
DISEÑO VIGAS DE ACOPLA.....	56
ANEXO F.....	58
DESPLAZAMIENTOS SÍSMICOS.....	58

Índice de Figuras.

FIGURA #1: DENSIDADES EN PLANTA, MODELO C.....	11
FIGURA #2. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	13
FIGURA #3: TIPO DE ARQUITECTURAS.....	17
FIGURA #4: TONELADAS DE ACERO EN MUROS POR MODELO.	26
FIGURA #5: TONELADAS DE ACERO EN VIGAS POR MODELO.	28
FIGURA #6: CORTE BASAL POR MODELO.	30

Índice de Tablas.

TABLA #1. MATRIZ DE DISTRIBUCIÓN. 13

TABLA #2: DENOMINACIÓN DE MODELOS ESTUDIADOS..... 17

TABLA #3: VALOR DE LA ACELERACIÓN EFECTIVA A_0 19

TABLA #4: VALOR DEL COEFICIENTE I 19

TABLA # 5: VALORES DE LOS PARÁMETROS QUE DEPENDEN DEL TIPO DE SUELO. 20

TABLA #6: PESO SÍSMICO MODELOS..... 21

TABLA #7: CORTE BASAL PARA TODOS LOS MODELOS EN AMBAS DIRECCIONES PARA R4. . 22

TABLA #8: CORTE BASAL PARA TODOS LOS MODELOS EN AMBAS DIRECCIONES PARA R7. . 22

INTRODUCCIÓN.

- **Justificación del tema.-**

Por el auge que ha tenido el sector habitacional en relación a los edificios de mediana altura (hasta 5 pisos básicamente sociales), por la densificación de las urbes, surge la necesidad de buscar realizar éstas edificaciones buscando la economía en la construcción de la obra gruesa, por lo que es necesario buscar los factores más influyentes en el proceso de modelación de éstas, por lo tanto se debe tener en consideración algunas causas que provocan el cambio de los costos de obra gruesa en el proceso de construcción.

Chile es uno de los países más sísmicos a nivel mundial y en él han ocurrido los más grandes terremotos como el del año 1960 en Valdivia, el cual tuvo una magnitud de 9,5 MW (el más grande a nivel mundial) y, el más recordado, el del pasado 27 de febrero de 2010 alcanzando una magnitud de 8,8 MW, el cual causo de un total de 288.498 viviendas afectadas el 47,7% de las viviendas inhabitables y el resto podían en algún punto recuperarse, siendo la región del BíoBío la más afectada en relación a los daños totales y viviendas inhabitables, alcanzando un 34,6% seguido de la región del Maule con un 30,7% respecto a esto último (CChC, agosto 2011), además de las regiones metropolitana, O' Higgins, entre muchos otros en todo el territorio del país.

Luego del terremoto de 2010 surge los DS117 y DS118 que modifican las normas Nch433 of.1996 y Nch430 of.2008, pero al llevarlos a la práctica los costos de la construcción aumentaban en demasía, por lo que las estructuras quedaban sobredimensionadas, por lo que se debió realizar una nueva reglamentación, lo que llevo a la publicación el 13 de Diciembre de 2011 del DS60 y DS61 los cuales reemplazan a los antiguos decretos. Este cambio permite trabajar con dos ductilidades para el diseño sísmico, el cual está totalmente relacionado con la fuerza sísmica inducida para el diseño.

Por otro lado se pudo observar que los edificios que contaban con una densidad de muros en planta entre 1,5% y 3%, sus daños fueron prácticamente nulos sin tener daños estructurales considerables, esto se basa en las recomendaciones de diseño que tienen base en el comportamiento de edificios para el terremoto del 3 de marzo de 1985 en la zona central de Chile (Wood, 1991).

Gracias a todo esto se determinó que los factores que son más influyentes en los costos de construcción y que inciden para determinar una edificación segura y de costo mínimo son las siguientes:

- *Tipo de suelo (suelo tipo D).*
- *Densidad de muros en planta.*
- *Factor de modificación de respuesta.*

- **Variables estudiadas.**

- *Tipo de suelo.*

El suelo utilizado para esta investigación es el suelo tipo D, aunque la investigación completa presenta los tipos A, B y C los cuales corresponden a la clasificación sísmica de terreno de fundación expuesta en el D.S. 61.

- *Densidad de Muros en Planta.*

La densidad de los muros en planta se define de la siguiente manera:

$$d = \frac{\text{Área de muros en una dirección [m}^2\text{]}}{\text{Área de planta del edificio [m}^2\text{]}}$$

Como Wood nombra el perfil de “edificios chilenos” se basa en altas densidades de sus muros fluctuando entre los 1.5% - 3.5%. Luego Calderón con su investigación genera un nuevo rango para los “edificios chilenos”, 2% - 3.5%, los cuales varían muy poco, solo deja ver que cada vez es utilizado un rango menos de densidad pero no superando el 3%.

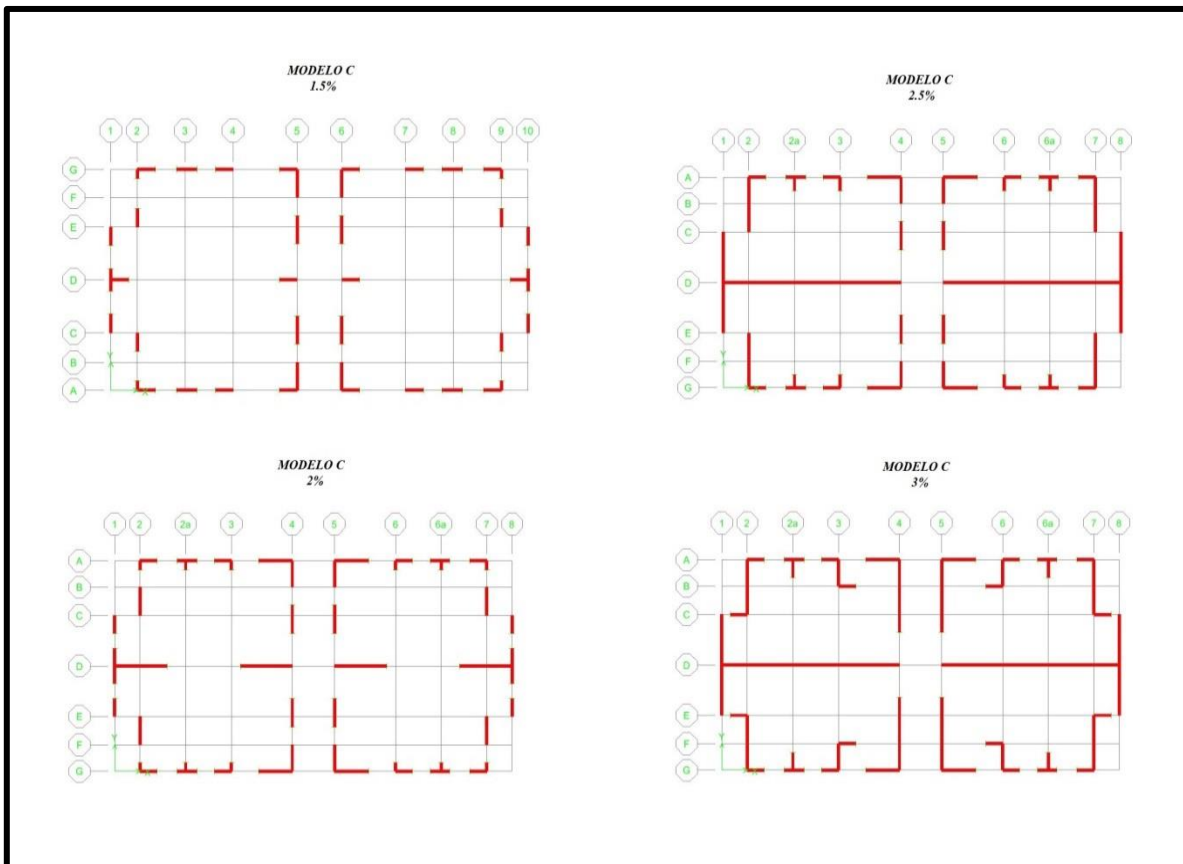


Figura #1: Densidades en planta, modelo C.

- *Factor de modificación de Respuesta (R).*

Representa la capacidad de absorción y disipación de energía en la estructura resistente.

En el D.S. 60, permite el uso de muros estructurales ordinarios (R4) en estructuras de hasta 5 pisos, pero también la norma Nch 433 en la tabla 5.1 dice que el factor de modificación de respuesta para muros de hormigón armado es igual a 7 (muro especial), por lo que surge la interrogante que factor de modificación de respuesta es más influyente a la hora del cálculo de la cuantía para los muros y, por ende, cual es el que influye más en los costos de construcción.

OBJETIVOS.-

- **Objetivo general.**
 - *Determinar la incidencia del factor de modificación de respuesta y densidad de muros en planta en los costos de construcción de edificios de mediana altura de hormigón armado fundados en suelo tipo D.*

- **Objetivos específicos.**
 - *Selección de modelos arquitectónicos a analizar.*
 - *Realizar el análisis sísmico estático de cada modelo y el diseño de cada elemento estructural, cumpliendo con las normativas vigentes.*
 - *Realizar una comparación entre las cuantías de acero de cada modelo.*
 - *Determinar la influencia de las variables estudiadas en los costos de obra gruesa.*
 - *Comparar los datos obtenidos con los estudios ya realizados para los edificios fundados en suelo tipo B y C.*

METODOLOGÍA.-

La determinación del número mínimo de modelos a analizar se determinó mediante un análisis de alta precisión estadística mediante el software G-Power, donde arrojó que el número a estudiar era de 54 modelos, en el que se consideró un 70% de probabilidad de ocurrencia de los hechos y un porcentaje de error del 10%.

Para el desarrollo de este estudio solo se considera el número de combinación que se presenta en el suelo tipo D (18 combinaciones), esto se realiza para no exceder el tiempo establecido de duración de la investigación, pero además se analizará adicionalmente una densidad de muro en planta de 1.5% por lo que el número de modelos a analizar llega a 24.

Tipo de Suelo	F.M.R.	Densidad de Muros			
		1.5%	2.0%	2.5%	3.0%
Suelo tipo B	R4	3	3	3	3
	R7	3	3	3	3
Suelo tipo C	R4	3	3	3	3
	R7	3	3	3	3
Suelo tipo D	R4	3	3	3	3
	R7	3	3	3	3

Tabla #1. Matriz de Distribución.

Una vez terminado el análisis de cada modelo se investigará la dependencia de las variables y las relaciones que existen entre ellas para determinar cuan incidentes son en los costos de construcción.

La metodología de trabajo diseñada para el cumplimiento de los objetivos considera 4 etapas, con sus correspondientes sub-etapas. Al final de cada etapa se definieron hitos o logros de cumplimiento que describen y sintetizan el producto de cada una de ellas. La Figura 1 presenta esquemáticamente la metodología de trabajo propuesta:

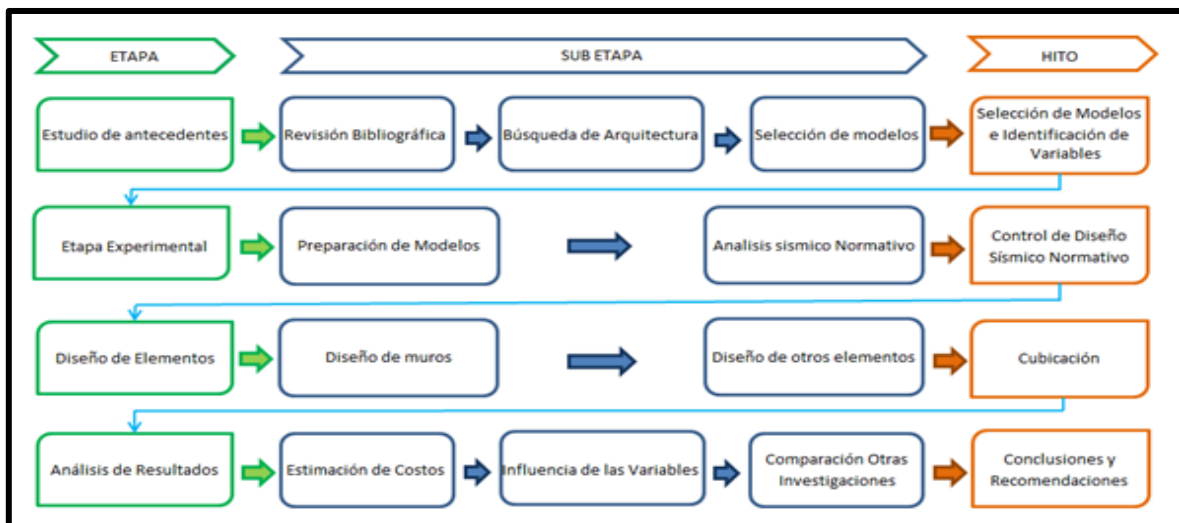


Figura #2. Metodología de Trabajo.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.-

A continuación los antecedentes bibliográficos con los cuales dieron soporte lógico a la determinación de las variables estudiadas para la investigación, las cuales aclaran y dan indicios de las principales maneras para atacar la disyuntiva de nuestra interrogante. Así se muestran investigaciones respecto a las densidades de muros basadas en las edificaciones tipos de nuestro país, además de las normativas vigentes para que estas estén de acuerdo a lo denominado estructuras sismo resistentes.

- **Bibliografía normativa.**

- *Norma Chilena Oficial Nch433 of.1996, “Diseño Sísmico de Edificios”, Instituto Nacional de Normalización – INN.*

Establece los requisitos mínimos para el diseño sísmico de edificios. Es de importancia para este trabajo el estudio de esta norma, pues en ella se establecen ciertos parámetros como tipo de suelo de fundación, clasificación de ocupación, zonificación sísmica y factor de modificación de respuesta, los cuales son imprescindibles para el diseño sísmico de los modelos en estudio.

- *Decreto Supremo 61.*

En este decreto se modifican ciertos aspectos de la NCh 433 donde se señalan las nuevas consideraciones que se deben tener en cuenta en el diseño sísmico de un edificio. De este decreto se obtuvo el nuevo espectro de diseño, definido en el artículo 12, además de las nuevas definiciones de tipo de suelo, definidas en el artículo 6. Estas consideraciones modificaron la respuesta sísmica del modelo original – excepto en los casos con suelo tipo B –, definiendo así el nuevo modelo.

- *Norma Chilena Oficial Nch430 of.2008, “Hormigón Armado – Requisitos de Diseño Cálculo”, Instituto Nacional de Normalización – INN*

Los elementos de hormigón armado de los edificios estudiados fueron diseñados con esta norma. Ésta se basa en los criterios de diseño del código ACI 318-05. En consecuencia, fue necesario estudiar cada uno de los puntos que difieren entre esta norma y el D.S 60 para ser considerados en el nuevo diseño.

- *Decreto Supremo 60*

En este decreto se señalan las nuevas consideraciones que se deben tener en el diseño de los elementos de hormigón armado de un edificio en el cual se realizan modificaciones a la norma Nch 430 y por ende algunas adecuaciones al código de diseño ACI 318S-08. Con este decreto se redimensionaron los espesores de algunos muros de acuerdo al punto 21.9.5.3 y , a su vez, la densidad de armadura requerida. También se incorporó al diseño el confinamiento de muros, según los puntos 21.9.6.3 y 21.9.6.4. Estas consideraciones modificaron el modelo original, definiendo así el nuevo modelo.

- *Código ACI 318-08, “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”, American Concrete Institute:*

Es el código de diseño de estructuras en base a hormigón armado.

- **Investigaciones Relacionadas.**
 - *Iván Cáceres (2012)*, realiza una investigación donde recopila la información de daños causados por el terremoto en Chile el año 2010 donde identifica que los principales daños causados en las edificaciones son por problemas del diseño en muros, los cuales las principales fallas ocurren por daños de flexo compresión en los muros.
 - *Sharon Wood (1991)*, según sus estudios, los edificios chilenos tenían una densidad de muros con valores dentro del rango comprendido entre 1.5% y 3.5% y en donde los edificios prácticamente no sufrieron para el terremoto del 3 de marzo de 1985.
 - *Javier Calderón (2007)*, menciona que los “edificios chilenos” se caracterizan por su alta densidad de muros en planta. Él realiza una investigación en donde 84.21% de los edificios estudiados (124 edificios) tiene una densidad de muros dentro del rango 2% y 3.5%, con un promedio de 2.8%, donde se explica en más detalle los resultados de rango de densidades de Wood (1991).

DESAROLLO.-

- **Modelos.**

Para la modelación se consideraron tres arquitecturas, como muestra la figura #3, las cuales poseen cuatro densidades en planta diferentes y a la vez están diseñadas con los dos factores de modificación de respuesta que se permite por norma, por lo cual suma un total de 24 edificios diferentes, los cuales se denominan como se muestra en la tabla#2.

Arquitecturas Estudiadas.											
Nombre modelo	Arquitectura	D. en P.	R	Nombre modelo	Arquitectura	D. en P.	R	Nombre modelo	Arquitectura	D. en P.	R
A-1.5-R4	A	1.50%	4	B-1.5-R4	B	1.50%	4	C-1.5-R4	C	1.50%	4
A-1.5-R7	A	1.50%	7	B-1.5-R7	B	1.50%	7	C-1.5-R7	C	1.50%	7
A-2-R4	A	2.00%	4	B-2-R4	B	2.00%	4	C-2-R4	C	2.00%	4
A-2-R7	A	2.00%	7	B-2-R7	B	2.00%	7	C-2-R7	C	2.00%	7
A-2.5-R4	A	2.50%	4	B-2.5-R4	B	2.50%	4	C-2.5-R4	C	2.50%	4
A-2.5-R7	A	2.50%	7	B-2.5-R7	B	2.50%	7	C-2.5-R7	C	2.50%	7
A-3-R4	A	3.00%	4	B-3-R4	B	3.00%	4	C-3-R4	C	3.00%	4
A-3-R7	A	3.00%	7	B-3-R7	B	3.00%	7	C-3-R7	C	3.00%	7

Tabla #2: Denominación de modelos estudiados.

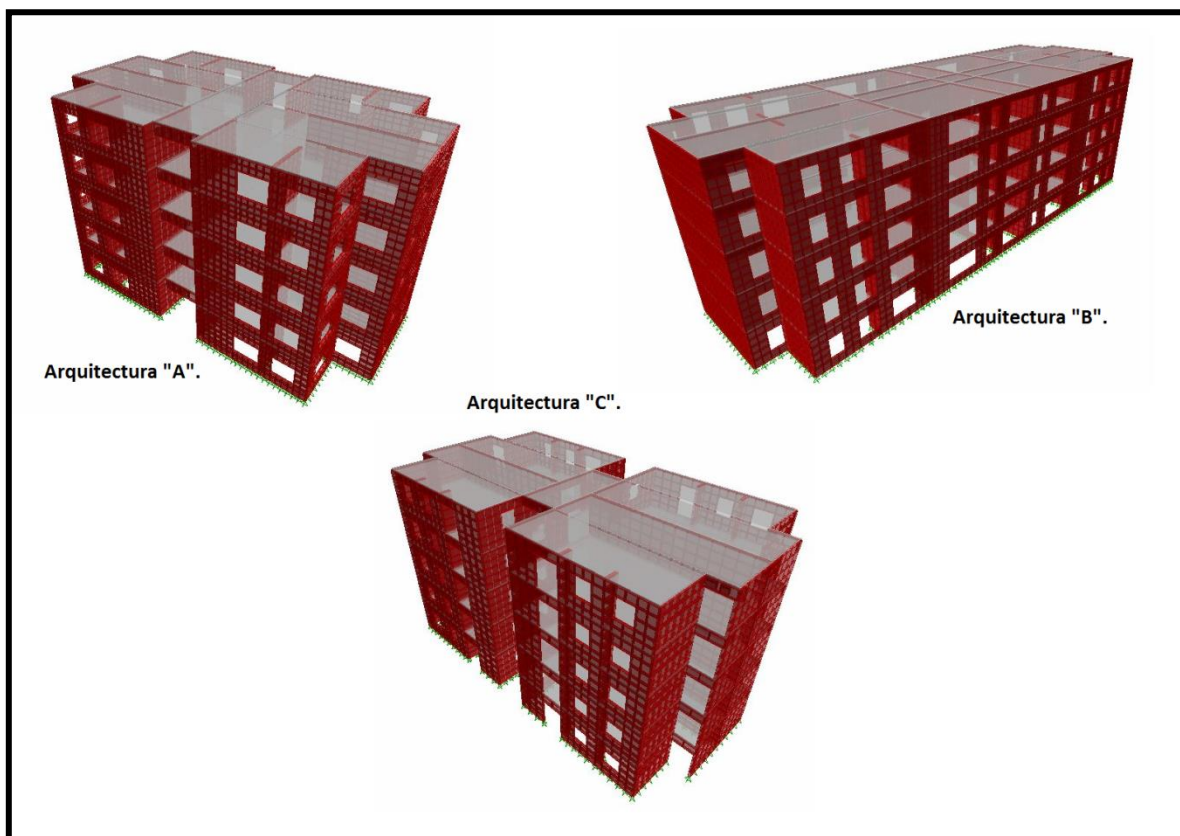


Figura #3: Tipo de arquitecturas.

- **Parámetros Normativos.**

- *Combinaciones de Carga.*

La norma NCh3171 of. 2010 establece las disposiciones generales y las combinaciones de carga para el diseño de edificios y otras estructuras. Además las estructuras, los elementos componentes y las fundaciones deben ser diseñados de manera que su resistencia de diseño sea mayor o igual que el efecto de las cargas mayoradas en las combinaciones siguientes:

- 1) $1,4D$
- 2) $1,2D+ 1,6L+ 0,5(Lr \text{ o } S \text{ o } R)$
- 3a) $1,2D+ 1,6(Lr \text{ o } S \text{ o } R) + L$
- 3b) $1,2D+ 1,6(Lr \text{ o } S \text{ o } R) + 0,8W$
- 4) $1,2D+ 1,6W+ L+ 0,5(Lr \text{ o } S \text{ o } R)$
- 5) $1,2D+ 1,4E+ L+ 0,2S$
- 6) $0,9D+ 1,6W$
- 7) $0,9D+ 1,4E$

Cabe mencionar que solo se consideraron las cargas para esta zona, es decir se obviaron las cargas de nieve, viento, lluvia y sobrecarga de uso y fueron establecidas en colaboración con el profesor guía.

- *Cargas Sísmicas Normativas.*

Para la modelación de las cargas solicitantes, fueron consideradas las normas NCh1537 y NCh3171, el peso propio queda definido por el material asignado a cada elemento, en los modelos la sobrecarga de uso es asignada a la losa del edificio. De acuerdo a la NCh1537 la sobrecarga utilizada es de 200 Kg/m^2 . Además se consideró para los espacios comunes (pasillos) una sobrecarga de 400 Kg/m^2 .

○ *Zona Sísmica.*

Se consideró la zona sísmica más desfavorable para esta investigación por lo cual se basa en la zona sísmica III, en donde obtenemos el parámetros de aceleración efectiva para el cálculo del corte basal para las estructuras de la tabla 6.2 de la Nch 433, todo esto respecto a lo establecido en el punto 4.1 de la Nch 433.

Zona Sísmica	A_0
1	0.20 g
2	0.30 g
3	0.40 g

Tabla #3: Valor de la Aceleración Efectiva A_0 .

○ *Categoría de la Edificación.*

En el punto 4.3 de la Nch 433 hace referencia a la categoría de la edificación y la tabla 4.1, de esta misma, muestra la categoría según la ocupación que presente. Por ser una edificación habitacional, la categoría asignada es tipo II, y sabiendo la categoría de ésta, podemos asignar el valor del coeficiente I, el cual se presenta en la tabla 6.1 de esta misma norma la cual se muestra a continuación:

Categoría de Edificio	I
I	0.6
II	1.0
III	1.2
IV	1.2

Tabla #4: Valor del coeficiente I

○ *Tipo de Suelo.*

Como ya se ha mencionado esta investigación está enfocada en el tipo de suelo D, las cuales presenta las siguientes características mencionadas en la tabla del punto 12.3 del D.S. 61:

Tipo de Suelo	S	T _{0 seg}	T' seg	N	p
A	0.90	0.15	0.20	1.00	2.00
B	1.00	0.30	0.35	1.33	1.50
C	1.05	0.40	0.45	1.40	1.60
D	1.20	0.75	0.85	1.80	1.00
E	1.30	1.20	1.35	1.80	1.00
F	*	*	*	*	*

Tabla # 5: Valores de los parámetros que dependen del tipo de Suelo.

○ *Corte Basal (Q₀).*

El corte basal está definido en la norma Nch 433 of. 2009 (ítem 6.2) y se le realizan algunas modificaciones en el D.S. 61 (Artículo 15), el cual depende básicamente de tres características, el coeficiente sísmico, coeficiente relativo al edificio, que depende de la ocupación que se le dé a cada estructura y su nivel de importancia y por último el peso del edificio a nivel basal, para el cálculo se utilizaron las siguientes ecuaciones:

a) **Esfuerzo de Corte basal.**

Ecuación 6.2.3 Nch 433

$$Q_0 = C \cdot I \cdot P \tag{Ec. 1}$$

b) **Coeficiente sísmico (C).**

Ecuación 15.1 D.S. 61

$$C = \frac{2.75SA_0}{gR} \left(\frac{T'}{T^*} \right)^n \tag{Ec. 2}$$

c) **Coefficiente relativo (I, categoría de edificación).**

Este coeficiente se obtiene directamente de la tabla 6.1 de la norma Nch 433, de acuerdo a lo especificado en el punto 4.3 de esta misma.

d) **Peso sísmico (P).**

Este peso sísmico se calculó según lo estipulado en la norma Nch 433 en el punto 5.5.1, donde se consideraron las cargas permanentes de losas, vigas y muros y, el 25% de la sobrecargas, obteniendo así los pesos sísmicos para cada modelo como se muestra en la tabla #6.

Arquitecturas	Peso sísmico [Ton]	
	R4	R7
A - 1.5%	773.0	773.0
A - 2.0%	818.0	818.0
A - 2.5%	882.2	882.2
A - 3.0%	950.5	950.5
B - 1.5%	1647.5	1647.5
B - 2.0%	1686.5	1686.5
B - 2.5%	1774.2	1774.2
B - 3.0%	1870.4	1870.4
C - 1.5%	787.3	787.3
C - 2.0%	862.6	862.6
C - 2.5%	914.6	914.6
C - 3.0%	968.6	968.6

Tabla #6: Peso sísmico modelos.

Con todos los parámetros ya definidos y calculados se obtuvieron los cortes basales para cada arquitectura en ambas direcciones como se observan en la tabla #7 y #8.

Corte Basal R4						
Densidades/ Orientación	Arquitectura A		Arquitectura B		Arquitectura C	
	QoX [Ton]	QoY [Ton]	QoX [Ton]	QoY [Ton]	QoX [Ton]	QoY [Ton]
1.5%	204.08	204.08	434.94	434.94	207.86	207.86
2.0%	215.94	215.94	445.23	445.23	227.71	227.71
2.5%	232.91	232.91	468.40	468.40	241.45	241.45
3.0%	250.92	250.92	493.79	493.79	255.71	255.71

Tabla #7: Corte basal para todos los modelos en ambas direcciones para R4.

Corte Basal R7						
Densidades/ Orientación	Arquitectura A		Arquitectura B		Arquitectura C	
	QoX [Ton]	QoY [Ton]	QoX [Ton]	QoY [Ton]	QoX [Ton]	QoY [Ton]
1.5%	129.87	129.87	276.78	276.78	132.27	132.27
2.0%	137.42	137.42	283.33	283.33	144.91	144.91
2.5%	148.22	148.22	298.07	298.07	153.65	153.65
3.0%	159.68	159.68	314.23	314.23	162.72	162.72

Tabla #8: Corte basal para todos los modelos en ambas direcciones para R7.

- **Materialidad.**

En la muestra de edificios estudiados constara básicamente de dos materiales fundamentales:

- Hormigón.

El hormigón utilizado en los muros es H30 (con 10% de fracción defectuosa) con $f_c' = 250 \text{ Kg/cm}^2$ y densidad de 2.5 Ton/m^3

- Acero.

El acero para la armadura de los elementos es A63-42H con $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ y $f_u = 6300 \text{ Kg/cm}^2$.

- **Análisis de Muros.**

El diseño sísmico de los edificios fue realizado con base en el DS60, y de acuerdo a lo señalado en el artículo 1°, el diseño y cálculo de las estructuras de hormigón armado fue diseñado de acuerdo a los requerimientos y exigencias establecidas en el código de diseño ACI318. En el artículo 21.1.1.7, se permite el uso de muros ordinarios en estructuras de hasta cinco pisos que hayan sido diseñadas utilizando un factor de modificación de respuesta R4, lo que se hace válido para los modelos de este estudio que presentan dicho factor, no así para

los modelos cuyo factor de modificación de respuesta es igual a 7; en este caso el diseño cumple con lo establecido en el punto 21.9 y los muros fueron diseñados como muros especiales.

Es importante dar a conocer las diferencias que existen entre ambos diseños: a continuación se observan las principales diferencias en el procedimiento de diseño de muros especiales y ordinarios.

○ *Muros Ordinarios.*

En el chequeo de muros ordinarios para R4 se debe realizar el siguiente procedimiento de diseño:

- a) Verificar el cumplimiento de los requerimientos de diseño a la rotura.
- b) Realizar diagrama de interacción 3D.
- c) Verificar que los puntos queden dentro del diagrama y en la zona baja (límite que impone el DS60)

○ *Muros Especiales.*

El diseño con R7 obliga a realizar un chequeo especial donde en primer lugar se debe estudiar la posibilidad de confinamiento, para ello se debe:

- a) Calcular el eje neutro límite, lo que implica además el cálculo del desplazamiento de techo, el cual depende de parámetros provenientes del análisis sísmico.
- b) Comparar el eje neutro límite con respecto al eje neutro de la sollicitación (el más desfavorable del análisis).
- c) Confinar, en caso que el eje neutro del muro analizado sea mayor que el eje neutro límite.
- d) De ser necesario el confinamiento, se debe calcular el largo a confinar junto con la armadura especial (estribos, trabas, empalmes especiales). Además, se debe aumentar el espesor del muro (sobre 30 cm).

En segundo lugar se debe verificar si está controlado el daño, para ello se debe:

- e) Verificar que la demanda de curvatura establecida por el DS60 sea menor o igual a la capacidad de curvatura, es decir, que la deformación en la fibra más comprimida sea menor o igual a 0.008 establecida en las ecuaciones 21-7a y 21-7b.

Cabe destacar que ETABS entrega solo diagramas de interacción y no entrega ejes neutros. Sin embargo, para este chequeo se debe tener el valor del eje neutro, por lo que además se hace necesario el uso de Section Desing de SAP 2000.

De esta manera quedan establecidas las diferencias entre un chequeo con muros especiales y uno con muros ordinarios.

En los anexos del presente informe se entrega el diseño y cálculo, tanto de los muros como de los demás elementos estructurales.

- **Resultados.**

Para todos los modelos analizados (24 modelos en total), se realizó, variando los factores más incidentes para la obtención de los costos de obra gruesa, como lo son el factor de modificación de respuesta y la densidad de los muros en planta, mediante un análisis sísmico y para así determinar de esta manera las cuantías sobre los elementos de las edificaciones (vigas, losas y muros), que importancia tenían el modificarlos y cuál es el factor que determina la conveniencia a la hora de disminuir los costos en la obra gruesa.

ANÁLISIS Y RESULTADOS.-

Luego de tener todo lo necesario para realizar el análisis estático, cargas normativas elementos definidos, materiales, arquitecturas y factores a modificar, se obtuvieron los siguientes resultados para determinar la influencia de los factores estudiados en los costos de construcción, básicamente en obra gruesa respecto a la cantidad de acero por elementos.

- **Acero en muros.**

Para la disposición de las cuantías en muros se obtuvieron las mismas cuantías de acero para ambos tipos de muros, muros especiales (R7) como para muros ordinarios (R4) ya que para el diseño de muros con R7 no fue necesario el confinamiento de estos, en la figura #4 se muestran las toneladas por modelo que fueron necesarios para la construcción de los elementos muros.

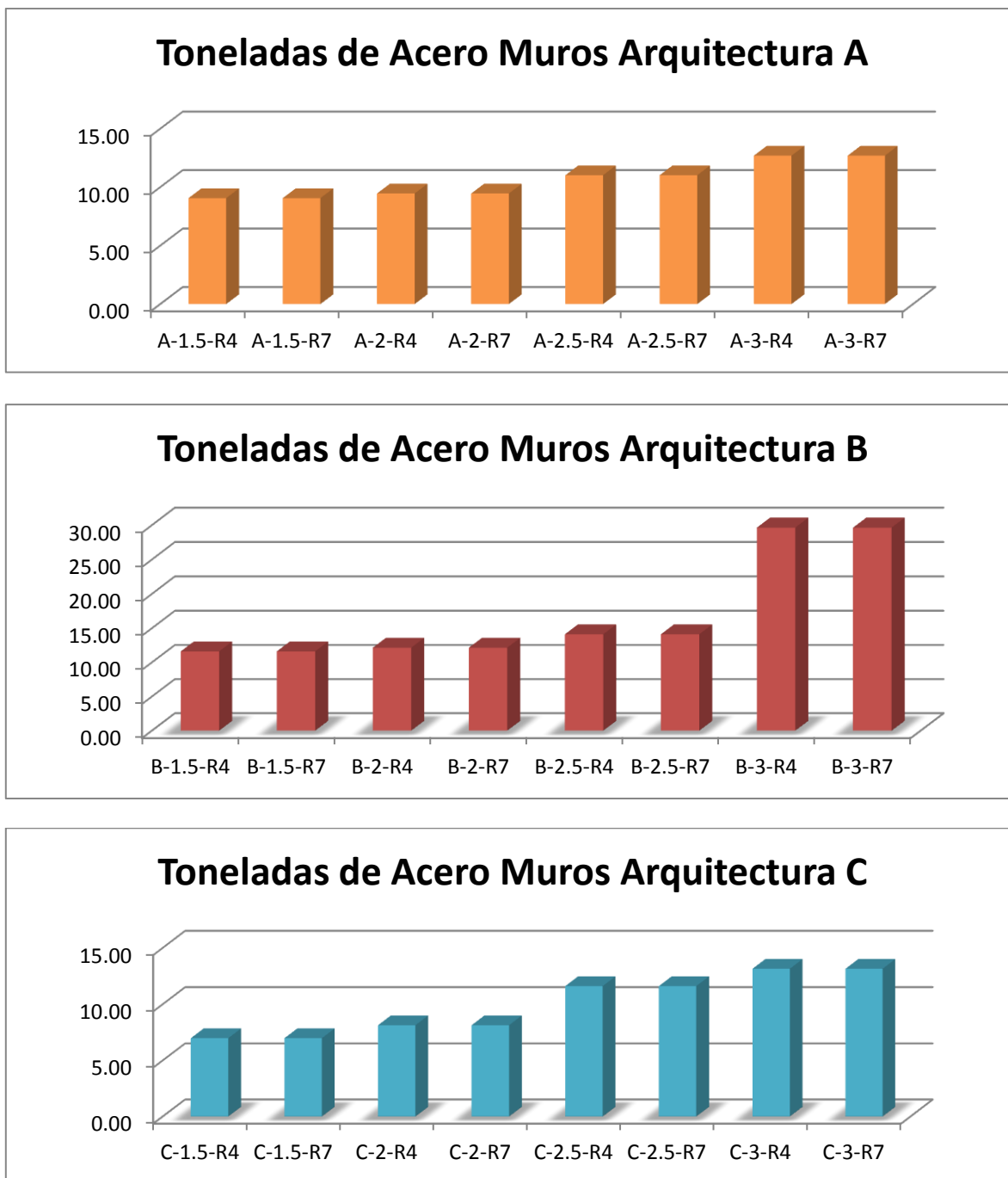


Figura #4: Toneladas de acero en Muros por Modelo.

En relación a las investigaciones pasadas las dos muestran distribuciones similares a la del suelo D de esta investigación, ya que para todas las investigaciones realizadas se utilizó la cuantía mínima para el armado de los muros, tanto para R4 como R7, solo existe un

diferencia entre modelos de un 0.07%, lo cual se debe al cálculo realizado por los diferentes autores.

- **Acero en Vigas.**

En este punto se observa que la cuantía en las vigas de los modelos realizados con R4 presenta una variación en relación a los realizados con R7, siendo más altas para el diseño de muros ordinarios como muestra la figura #5, existiendo una diferencia promedio de un 10% en relación a los elementos vigas diseñados con un R7, además se puede ver claramente que para la densidad de muros en planta presenta una cantidad mayor de acero, esto se debe tanto por que los elementos son de mayor longitud, pero no obstante, no es el único factor, ya que la solicitaciones para esta densidad aumenta considerablemente en relación a las otras tres densidades, por lo que el armado de este elemento para la demanda a corte (estribos), fue mayor que las demás.

Por otro lado se tiene que para los suelos tipo B y C, no existió diferencia alguna en la cantidad de acero para R4 y R7, en cambio para éste tipo de suelo, si existían oscilaciones dependiendo de cada arquitectura, no dependiendo necesariamente de la densidad de muros en planta, esto se puede ver de forma más clara en figura #5 representada para cada arquitectura. Por lo que la diferencia entre las investigaciones pasadas varían entre un rango de 0.01% hasta 3% en el caso mas extremo.

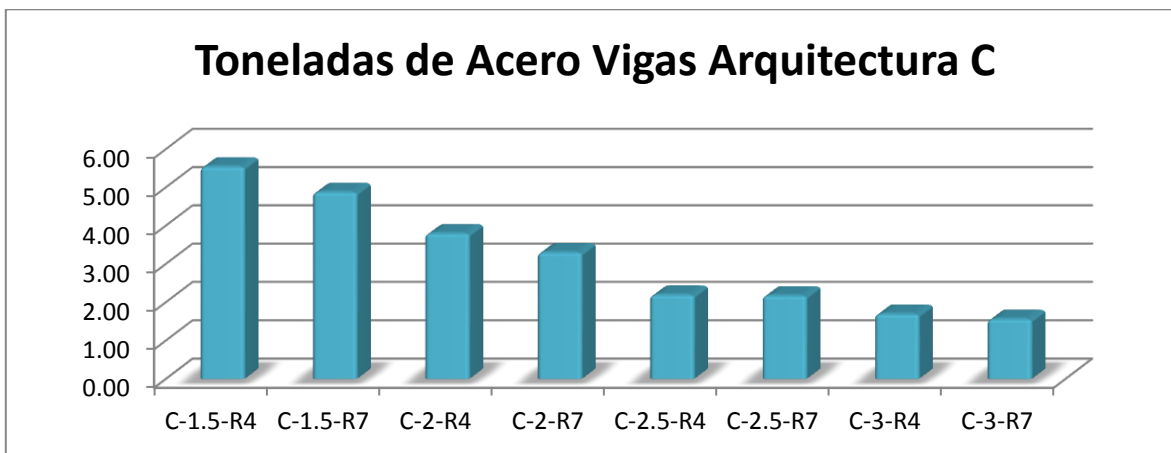
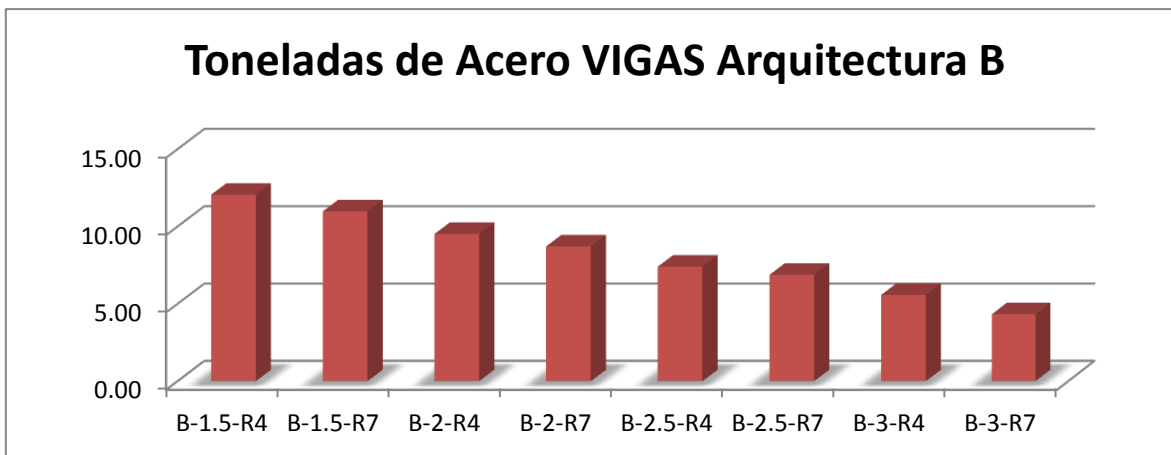
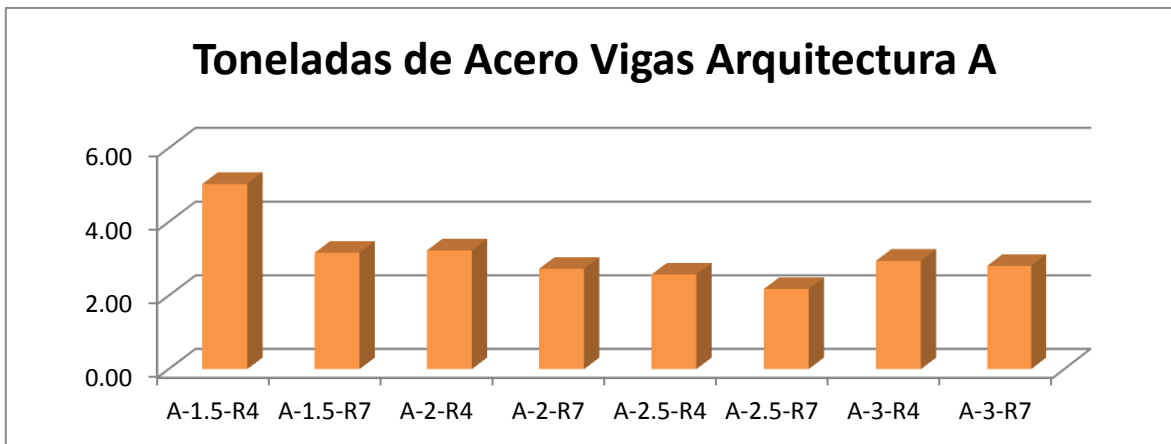


Figura #5: Toneladas de acero en Vigas por Modelo.

- **Acero en Losas.**

En este caso las cuantías necesaria para el armado de estos elementos variaban muy poco dando como resultado que todos los campos de losa fueran armados con la misma disposición de enfierradura, ya que las cuantías por metro cuadrado fue oscilando muy poco causando que con la misma cantidad de enfierradura se cumpliera con la demanda de acero que el elemento necesitaba, por lo que no presentaba diferencia en relación a la misma arquitectura, como muestra la figura #6, se observó además, que tampoco variaba en relación a las otras arquitecturas, presentando una misma cantidad de armadura por metro cuadrado.

En este caso no existió diferencia alguna en la cantidad de acero, al igual que en los muros, por lo que las diferencias entre modelos fueron casi nulas.

- **Incidencia de los Factores.**

Luego de observar los resultados del análisis, se obtuvo la incidencia de cada factor y se comparó con las investigaciones pasadas dando como resultado lo siguiente:

- *Factor de Modificación de respuesta.*

Aunque presenta modificaciones en el cálculo del coeficiente sísmico (C), este no influye en ningún modelo ya que para todos los casos el coeficiente sísmico utilizado es el C_{max} el cual se detalla en la tabla 6.4 de la Nch 433, y este hace la diferencia básicamente valor del corte basal, ver anexo A, el cual para el modelo con R4 los valores de corte basal aumentan en relación a los con R7, de la figura #6 se puede observar claramente que este corte basal aumenta para cada factor dependiendo de la densidad en muro que éste presente.

Por otro lado en los estudios realizados para los suelos tipo B y C presentaban las mismas características, las cuales del mismo modo fueron diseñados con el coeficiente sísmico máximo para todos los modelos analizados, por lo que para este factor no muestra ninguna diferencia en relación al uso de este factor, pero si hubo un cambio en la magnitud del corte basal, aumentando gradualmente para el tipo B, C y para el D.

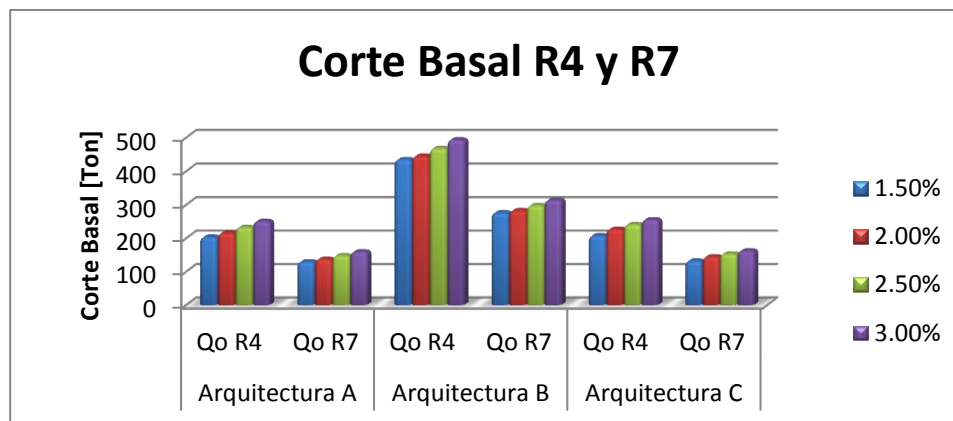


Figura #6: Corte Basal por modelo.

○ *Densidad de Muros en planta.*

La densidad de muros en planta incide de forma directamente proporcional en el peso sísmico de cada modelo además se observó que para un mismo modelo con distinto R el peso sísmico se mantiene constante y que mientras mayor sea la densidad en planta de muros, mayor es el peso sísmico a nivel basal de la estructura, lo que se repite para las tres arquitecturas estudiadas esto se puede ver con mayor claridad en el Anexo A, para entender de forma más clara como este influye en el cálculo del corte basal.

Al igual que en el corte basal, para las otras investigaciones esta no tuvo diferencia con esta en la forma y en las diferencias entre modelos, pero en el caso de modelación y cantidad de muros fue exactamente la misma, ya que son las mismas arquitecturas y con la misma distribución de muros en planta.

○ *Tipo de suelo.*

Para determinar la influencia de este parámetro se debió realizar una comparación con los resultados de las investigaciones con otros tipo de suelos, en donde no existía diferencia alguna respecto a las cuantías de muros y losas, pero en relación a las cuantías de vigas se observó que en esta investigación existía diferencias en las cuantías de estos elementos, es decir, una viga difería de otra con diferente factor de modificación de respuesta, por lo que las otras dos investigaciones (realizadas con suelo B y C) no las presentaba, por lo que se le atribuye este efecto al tipo de suelo D en las que son fundada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

Para edificios de mediana altura fundados en suelo tipo D se obtienen prácticamente los mismos resultados en cuanto a cuantías de acero requeridas, utilizando factores de respuesta R4 y R7, debido a las restricciones normativas para la calidad del suelo, de modo que del análisis estático se obtienen solicitaciones sísmicas que hacen que las estructuras analizadas de ambas formas requieran enfierradura mínima en las mayoría de los elementos muros.

Los edificios estudiados cumplen con el perfil del denominado “Edificio Chileno”, por lo que, en términos económicos, es recomendable diseñar con una densidad en planta de muros de 2%, pues se obtiene un ahorro en hormigón y acero de entre un 10 % y 7%, no así los modelos de densidad de 1.5% los cuales aumenta considerablemente su cuantía de acero en los elementos tipo viga.

Para este tipo de suelo los muros analizados con R7 no requieren confinamiento, de modo que las secciones mantienen sus espesores al no necesitar cabezales de muros. Siendo así, el volumen de hormigón solo depende de la superficie del edificio y de la densidad de muros en planta, y la cuantía de acero requerida coincide con la cuantía asociada a los modelos con R4.

Si bien se obtienen mayores solicitaciones sísmicas para modelos analizados con R4, esto no afecta a la cuantía de acero requerida. Es por esto que para el diseño de edificios de mediana altura emplazados en suelo tipo D es conveniente el uso de este factor; de este modo se reduce el tiempo destinado a análisis y diseño de muros traduciéndose en una disminución del costo asociado al cálculo.

Como investigación futura se recomienda realizar un estudio detallado del comportamiento de las fundaciones respecto a cómo estas varían en cantidad de acero midiendo estos mismos factores y y como estos provocan cambios en su armadura, además un estudio del costo no tan solo de acero, sino también de la cantidad de hormigón, ya que posiblemente con el ahorro de acero no se compense con el ahorro que se produciría en el volumen de hormigón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

American Concrete Institute. “ACI 318S-08: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”, Detroit, 1995.

Calderón, J (2007) “Actualización de tipologías estructurales usadas en edificios de hormigón armado en Chile”. Memoria para optar al de título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Santiago.

Guendelman, T., Guendelman, M., Lindenberg, J. (2010) ”Perfil Bío-Sísmico de edificios”. Revista BiT. Ed. Mayo de 2010.

Madariaga, R (1998). “Sismicidad de Chile” Département de Sismologie, Université Denis Diderot de Paris 7, France.

Ministerio del Interior-Gobierno de Chile (2010a). “Fallecidos confirmados con RUT y certificado de defunción de registro civil”. (Actualizado al 15/04/2010).

Norma Chilena NCh430. Of2008, “Hormigón Armado – Requisitos de Diseño y Cálculo”, Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 2008.

Norma Chilena NCh433. Of1996, “Diseño Sísmico de Edificios”, Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 1996.

Norma Chilena NCh1537. Of2010, “Diseño Estructural de Edificios – Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso”, Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 2010.

Norma Chilena NCh3171. Of2010, “Diseño Estructural – Disposiciones Generales y Combinaciones de Carga”, Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 2010.

Riquelme, C. (2010). “El terremoto en Chile deja 795 muertos y dos millones de damnificados”. Europapress. Ed. 03 de marzo de 2010.

Rojas, J “Comparación de parámetros de respuesta sísmica y diseño para elementos estructurales principales de edificios en altura de hormigón armado, frente a los requerimientos de los decretos supremos 60 y 61”. Memoria para optar al título de ingeniero civil, Universidad de Chile, Santiago.

USGS - United States Geological Survey (2010). Tsunami and earthquake research.

Wood, S. L., “Performance of reinforced concrete buildings during the 1985 Chile Earthquake: Implications for the design of structural walls”, Earthquake Spectra, EERI.

Anexos.

Índice de Tablas.

Tabla #1: Corte Basal Modelo A-2.5-R4.....	40
Tabla #2: Corte Basal Modelo A-2.5-R7.....	40
Tabla #3: Momento Torsor Modelo A-2.5-R4	40
Tabla #4: Momento Torsor Modelo A-2.5-R7	40
Tabla #5: Especificación Muro M05 En Ambas Direcciones.	45
Tabla #6: Detallamiento Cálculo De Enfierradura M04 En X.	46
Tabla #7: Detallamiento Cálculo De Enfierradura M04 En Y.	47
Tabla #8: Análisis De Confinamiento En 0°.	52
Tabla #9: Análisis De Confinamiento En 90°.	52
Tabla #10: Análisis De Confinamiento En 180°.	52
Tabla #11: Análisis De Confinamiento En 270°.	52
Tabla #12: Diseño Vigas A Flexión.	57
Tabla #13: Diseño Vigas A Corte.....	57
Tabla #14: Verificación Deformaciones En El Centro De Masas En Dirección X.	59
Tabla #15: Verificación Deformaciones En El Centro De Masas En Dirección Y.	59
Tabla #16: Verificación Deformaciones En Cualquier Punto En Dirección X.	60
Tabla #17: Verificación Deformaciones En Cualquier Punto En Dirección Y.	60

Índice de Figuras.

Figura #1: Muro M05 De Arquitectura C..... 44

Figura #2: Diagrama De Interacción De Muro M02 Arquitectura 49

Figura #3: Detallamiento Armadura Para R4. 50

Figura #4: Diagrama Momento-Curvatura En 0°. 53

Figura #5: Diagrama Momento-Curvatura En 180°. 53

Figura #6: Diagrama Momento-Curvatura En 90°. 54

Figura #7: Diagrama Momento-Curvatura En 270°. 54

Figura #8: Detallamiento Armadura Para R7. 55

Figura #9: Graficas De Deformaciones Máximas Y Límite Normativo..... 60

Figura #10: Graficas De Deformaciones Máximas Y Límite Normativo..... 60

ANEXO A

Análisis estático.

Análisis estático.

Una de las cargas que se debe aplicar a la estructura es el Corte Basal Estático que se determina de la siguiente forma:

$$Q_0 = C \cdot I \cdot P$$

Relación definida en el punto 6.2.3 de la norma Chilena Nch 433 of 1999 modificada 2009.

En que:

- C=coeficiente sísmico, el cual se define en el punto 6.2.3.1 y 6.2.7 de la norma Chilena

Nch 433 of 1999 modificada 2009.

- I=coeficiente relativo al edificio.
- P=peso total del edificio sobre el nivel basal.

El valor de C se obtuvo de la siguiente relación:

$$C = \frac{2.7 \cdot S \cdot A_0}{g \cdot R} \cdot \left(\frac{T'}{T^*} \right)^n$$

Esta relación se obtiene del Artículo 15 del D.S61.

Definición de las variables para obtener el coeficiente sísmico.

- A_0 = La aceleración efectiva depende de la zona sísmica, este valor se encuentra definido en la tabla 6.2 Nch 433 of 1999 modifica 2009. Para esta investigación se trabajó considerando el valor de la zona sísmica 3, por lo tanto el valor de A_0 es igual a 0,40g.
- $g= 9.8\text{m/s}^2$
- Los valores de S, T' y n depende de la clasificación del suelo, en este caso se trabajó con el suelo tipo C, y los valores de S, T' y n se encuentran definido en el artículo 12.3 del D.S61.
- T^* = período del modo con mayor masa traslacional equivalente en la dirección de análisis. Este valor se obtuvo de análisis de cada modelo realizado en ETABS v9.7.2
- El valor del coeficiente sísmico R, está definido en la tabla 6.4 de la norma Chilena Nch 433 of 1999 modifica 2009, para esta investigación se trabajó con dos valores de coeficiente sísmico:

- R4 se consideró un valor de $0.55 \frac{S \cdot A_0}{g}$
- Y para un R7 un valor de $0.35 \frac{S \cdot A_0}{g}$

Nota: según lo expuesto en el artículo 15.2 del D.S61 no puede ser menor a $\frac{A_0 \cdot S}{6 \cdot g}$

De acuerdo con el punto 6.2.5 de la norma chilena Nch 433 of 1999 modifica 2009, para las estructuras de no más de 5 pisos las fuerzas sísmicas horizontales se pueden obtener de la siguiente relación:

$$F_k = \frac{A_k \cdot P_k}{\sum_{j=1}^N A_j \cdot p_j} \cdot Q_0$$

Donde

$$A_k = \sqrt{1 - \frac{Z_{k-1}}{h}} - \sqrt{1 - \frac{Z_k}{h}}$$

Además en el punto 6.2.8 nos muestra la ecuación de torsión accidental la cual queda definida de la siguiente manera:

$$T_{ai} = e_i \cdot F_{ki}$$

En donde

$$e_x = \pm 0.10 \cdot b_{ky} \cdot \frac{Z_k}{h}, \text{ para el sismo segun } x$$

$$e_y = \pm 0.10 \cdot b_{kx} \cdot \frac{Z_k}{h}, \text{ para el sismo segun } y$$

Análisis estático para modelos A-2.5-R4 y A-2.5-R7

NIVEL	Masas sísmicas [Ton]	Tipo Suelo	Categoría Edificio	Zona Sísmica	R	T*X	T*Y
1	194.3775	D	II	3	4	0.08	0.12
2	194.3775						
3	194.3775						
4	194.3775						
5	137.0905						
Σ	914.6005						
		Ao/g	S	T'	n	I	P [Ton]
		0.40	1.20	0.85	1.80	1.00	914.6005
		CX	CY	Cmax	Cmin	CX ok	CY ok
		24.876	11.193	0.264	0.080	0.264	0.264
		Qbx [Ton]	Qby [Ton]				
		241.45	241.45				

Tabla #1: corte basal modelo A-2.5-R4

NIVEL	Masas sísmicas [Ton]	Tipo Suelo	Categoría Edificio	Zona Sísmica	R	T*X	T*Y
1	194.3775	D	II	3	7	0.08	0.12
2	194.3775						
3	194.3775						
4	194.3775						
5	137.0905						
Σ	914.6005						
		Ao/g	S	T'	n	I	P [Ton]
		0.40	1.20	0.85	1.80	1.00	914.6005
		CX	CY	Cmax	Cmin	CX ok	CY ok
		14.215	6.396	0.168	0.080	0.168	0.168
		Qbx [Ton]	Qby [Ton]				
		153.65	153.65				

Tabla #2: corte basal modelo A-2.5-R7

ex [m]	ey [m]	Qbx [Ton]	Qby [Ton]							
23.50	11.90	241.45	241.45							
NIVEL	Masas sísmicas (Pk) [Ton]	Altura de Piso [m]	Ak	Ak*Pk	Fkx [Ton]	Fky [Ton]	exi [m]	eyi [m]	Tax [Ton*m]	Tay [Ton*m]
1	194.3775	2.5	0.106	20.521	29.361	29.361	0.470	0.238	13.800	6.988
2	194.3775	2.5	0.120	23.292	33.326	33.326	0.940	0.476	31.327	15.863
3	194.3775	2.5	0.142	27.629	39.531	39.531	1.410	0.714	55.739	28.225
4	194.3775	2.5	0.185	36.007	51.518	51.518	1.880	0.952	96.853	49.045
5	137.0905	2.5	0.447	61.309	87.719	87.719	2.350	1.190	206.140	104.386
Σ	914.6005	12.5		168.757975						

Tabla #3: Momento torsor modelo A-2.5-R4

ex [m]	ey [m]	Qbx [Ton]		Qby [Ton]							
23.50	11.90	153.65		153.65							
NIVEL	Masas sísmicas (Pk) [Ton]	Altura de Piso [m]	Ak	Ak*Pk	Fkx [Ton]	Fky [Ton]	exi [m]	eyi [m]	Tax [Ton*m]	Tay [Ton*m]	
1	194.3775	2.5	0.106	20.521	18.684	18.684	0.470	0.238	8.782	4.447	
2	194.3775	2.5	0.120	23.292	21.208	21.208	0.940	0.476	19.935	10.095	
3	194.3775	2.5	0.142	27.629	25.156	25.156	1.410	0.714	35.470	17.961	
4	194.3775	2.5	0.185	36.007	32.784	32.784	1.880	0.952	61.634	31.210	
5	137.0905	2.5	0.447	61.309	55.821	55.821	2.350	1.190	131.180	66.427	
Σ	914.6005	12.5		168.757975							

Tabla #4: Momento torsor modelo A-2.5-R7

ANEXO B

Diseño al corte.

Diseño al corte.

En el diseño de los muros al corte, para todos los modelos estudiados fueron consideradas las estipulaciones establecidas en los capítulos 14 y 21 del código ACI-318-08. Se utilizaron los esfuerzos entregados por Etabs, los cuales fueron analizados entre los pisos 1 al 2 y 3 al 5 para evitar un sobredimensionamiento de las cuantías de acero; optimizando de esta forma el diseño estructural, a cada muro resistente al corte se le asignó un nombre de pier en dos dimensiones.

A continuación se muestra el detalle de un muro representativo correspondiente al C-2-R4, al cual se le asignó el nombre de M04.

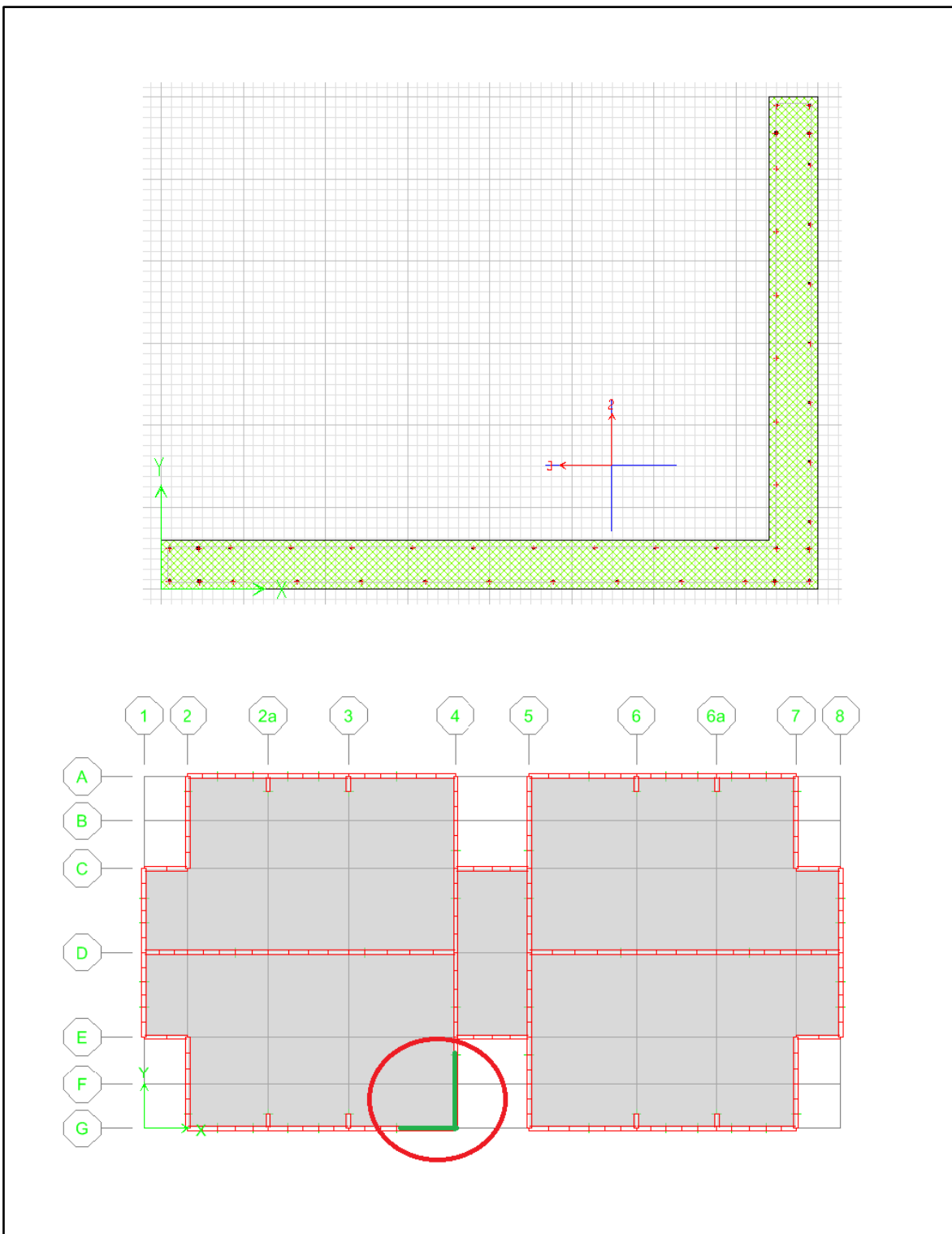


Figura #1: Muro M05 de arquitectura C.

M05 dirección X			
hw [cm]	500	f'c [kgf/cm ²]	250
lw [cm]	200	fy [kgf/cm ²]	4200
bw [cm]	15	φ	0.6
hw/lw	2.5	λ	1
Acv [cm ²]	3000	ρt min	0.0025
αc	0.53	φVn min [Ton]	33.98
		φVn max [Ton]	60.34
M05 dirección y			
hw [cm]	500	f'c [kgf/cm ²]	250
lw [cm]	150	fy [kgf/cm ²]	4200
bw [cm]	15	φ	0.6
hw/lw	3.33333	λ	1
Acv [cm ²]	2250	ρt min	0.0025
αc	0.53	φVn min [Ton]	25.49
		φVn max [Ton]	45.25

Tabla #5: especificación Muro M05 en ambas direcciones.

Story	Pier	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3	Vu (T)	s Vu<fVnmi		s Vu>fVnma		ρτ	n° barras	diam (cm)	espac (cm)
											1(s) 0(no)	1(s) 0(no)	1(s) 0(no)	1(s) 0(no)				
STORY2	M04	C1	Top	-41.02	-0.66	0.64	-0.526	-1.217	0.655	0.66	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C1	Bottom	-49.27	-3.01	-0.61	-1.242	-0.352	-3.248	3.01	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C2	Top	-44.34	-0.84	0.66	-0.604	-1.122	0.845	0.84	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C2	Bottom	-52.47	-3.43	-0.92	-1.279	-0.668	-3.675	3.43	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C3	Top	-47.37	2.89	0.61	1.566	-3.511	0.107	2.89	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C3	Bottom	-56.17	0.04	-9.88	3.505	-12.983	0.631	0.04	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C4	Top	-43.31	2.29	0.3	1.286	-2.644	0.156	2.29	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C4	Bottom	-51.32	-0.4	-7.79	2.542	-10.052	0.035	0.4	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C5	Top	-27.01	-3.42	0.81	-2.188	0.559	0.966	3.42	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C5	Bottom	-33.14	-4.76	6.75	-4.671	9.448	-5.604	4.76	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C6	Top	-22.94	-4.03	0.5	-2.467	1.426	1.015	4.03	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C6	Bottom	-28.29	-5.21	8.84	-5.633	12.379	-6.199	5.21	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C7	Top	-54.63	-7.82	4.25	-5.74	-0.018	1.12	7.82	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C7	Bottom	-72.64	-8.64	5.17	-6.316	7.227	-9.729	8.64	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C8	Top	-56.68	-7.52	4.41	-5.599	-0.457	1.096	7.52	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C8	Bottom	-75.1	-8.42	4.11	-5.829	5.744	-9.427	8.42	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C9	Top	-13.63	6.38	-3.3	4.697	-1.629	0.027	6.38	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C9	Bottom	-9.36	3.25	-5.16	3.701	-6.348	3.858	3.25	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C10	Top	-15.69	6.69	-3.15	4.839	-2.067	0.002	6.69	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY2	M04	C10	Bottom	-11.82	3.48	-6.21	4.188	-7.832	4.16	3.48	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C1	Top	-51.47	0.89	0.32	0.412	-1.804	0.103	0.89	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C1	Bottom	-57.28	-1.63	-0.55	-0.68	0.593	-2.615	1.63	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C2	Top	-55.46	0.88	0.32	0.425	-1.756	0.217	0.88	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C2	Bottom	-60.83	-1.8	-0.71	-0.71	0.604	-2.833	1.8	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C3	Top	-60.63	4.25	-4.14	3.808	-9.66	2.474	4.25	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C3	Bottom	-66.66	0.42	-12.61	4.335	-28.334	4.252	0.42	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C4	Top	-55.1	3.76	-3.41	3.272	-7.68	1.963	3.76	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C4	Bottom	-60.44	0.3	-10.02	3.423	-22.028	3.29	0.3	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C5	Top	-33.13	-2.24	3.96	-2.566	4.588	-1.786	2.24	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C5	Bottom	-37.76	-3.1	9.08	-4.589	23.044	-7.773	3.1	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C6	Top	-27.6	-2.73	4.69	-3.102	6.568	-2.297	2.73	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C6	Bottom	-31.55	-3.22	11.66	-5.501	29.35	-8.735	3.22	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C7	Top	-76.46	-7.62	3.8	-5.535	1.095	-1.636	7.62	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C7	Bottom	-93.45	-9.78	3.72	-6.73	8.218	-16.062	9.78	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C8	Top	-79.26	-7.37	3.43	-5.264	0.093	-1.377	7.37	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C8	Bottom	-96.6	-9.72	2.41	-6.268	5.025	-15.575	9.72	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C9	Top	-8.97	8.89	-2.88	5.97	-3.186	1.554	8.89	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C9	Bottom	-1.6	6.92	-3.35	5.102	-4.009	11.092	6.92	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C10	Top	-11.77	9.14	-3.25	6.241	-4.187	1.813	9.14	1	0	0.00250	2	0.8	20		
STORY1	M04	C10	Bottom	-4.75	6.98	-4.66	5.564	-7.201	11.579	6.98	1	0	0.00250	2	0.8	20		

Tabla #6: Detallamiento cálculo de enfierradura M04 en X.

Story	Pier	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3	Vu (T)	s Vu<fVnmi		s Vu>fVnma		ρτ	n° barras	diam (cm)	espac (cm)
											1(si) 0(no)	1(si) 0(no)	1(si) 0(no)	1(si) 0(no)				
STORY2	M04	C1	Top	-33.38	0.21	1	-0.802	-0.807	0.246	0.21	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C1	Bottom	-40.55	-2.63	-1.06	0.037	-0.838	-3.693	2.63	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C2	Top	-36.28	0.21	1.25	-1.042	-0.848	0.424	0.21	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C2	Bottom	-43.67	-3.04	-1.41	0.146	-1.22	-4.194	3.04	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C3	Top	-36.29	2.62	7.39	-3.02	-2.869	-0.721	2.62	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C3	Bottom	-43.79	-0.03	-5.9	2.753	-5.665	-1.286	0.03	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C4	Top	-33.81	2.41	6.06	-2.5	-2.363	-0.619	2.41	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C4	Bottom	-40.64	-0.24	-5.09	2.323	-4.865	-1.366	0.24	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C5	Top	-23.41	-2.04	-4.35	1.125	0.979	1.041	2.04	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C5	Bottom	-28.86	-4.27	3.27	-2.26	3.429	-4.965	4.27	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C6	Top	-20.93	-2.25	-5.68	1.645	1.485	1.144	2.25	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C6	Bottom	-25.71	-4.48	4.08	-2.69	4.228	-5.045	4.48	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C7	Top	-46.42	-6.04	1.14	-2.078	-0.067	0.204	6.04	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C7	Bottom	-63.61	-6.77	1.72	-2.047	3.281	-10.853	6.77	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C8	Top	-47.67	-5.94	1.82	-2.342	-0.323	0.152	5.94	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C8	Bottom	-65.2	-6.67	1.31	-1.829	2.876	-10.813	6.67	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C9	Top	-9.55	6.3	-0.1	0.967	-1.061	0.271	6.3	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C9	Bottom	-4.3	2.16	-3.12	1.892	-4.312	4.482	2.16	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C10	Top	-10.8	6.41	0.57	0.703	-1.318	0.218	6.41	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY2	M04	C10	Bottom	-5.9	2.26	-3.53	2.11	-4.717	4.523	2.26	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C1	Top	-41.79	1.57	0.82	-0.438	-1.078	-0.427	1.57	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C1	Bottom	-47.03	-1.63	-0.92	0.116	-0.167	-3.125	1.63	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C2	Top	-45.4	1.74	1.05	-0.624	-1.162	-0.34	1.74	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C2	Bottom	-50.59	-1.81	-1.17	0.194	-0.301	-3.419	1.81	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C3	Top	-46.33	4.54	3.72	-0.962	-3.69	0.379	4.54	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C3	Bottom	-52	0.9	-7.72	3.639	-12.327	2.945	0.9	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C4	Top	-42.84	4.33	3.06	-0.735	-3.177	0.283	4.33	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C4	Bottom	-47.77	0.89	-6.65	3.148	-10.48	2.696	0.89	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C5	Top	-28.8	-1.65	-1.66	-0.015	1.329	-1.014	1.65	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C5	Bottom	-32.85	-3.68	5.08	-2.949	10.193	-8.054	3.68	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C6	Top	-25.31	-1.85	-2.32	0.212	1.842	-1.111	1.85	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C6	Bottom	-28.62	-3.68	6.14	-3.44	12.041	-8.303	3.68	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C7	Top	-66.23	-7.16	2.05	-2.711	0.401	-2.797	7.16	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C7	Bottom	-84.05	-10.15	1.77	-2.804	5.743	-20.413	10.15	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C8	Top	-68	-7.05	2.39	-2.826	0.14	-2.748	7.05	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C8	Bottom	-86.19	-10.15	1.23	-2.556	4.807	-20.287	10.15	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C9	Top	-3.64	9.74	-0.98	2.075	-1.988	2.017	9.74	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C9	Bottom	5.57	7.36	-2.8	2.755	-5.094	14.929	7.36	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C10	Top	-5.4	9.84	-0.65	1.96	-2.248	2.066	9.84	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	
STORY1	M04	C10	Bottom	3.43	7.36	-3.34	3.004	-6.03	15.055	7.36	1	0	0	0.00250	2	0.8	20	

Tabla #7: Detallamiento cálculo de enfierradura M04 en Y.

Por lo tanto el muro quedara armado en ambas direcciones con la cuantía mínima, es decir, $\phi 8 @ 20$.

Para los pisos superiores se contara con la misma disposición de armadura ya que los primeros niveles son los que están más solicitados a corte, por los que los superiores cumplen con esta misma cuantía mínima.

ANEXO C

Diseño a flexo-compresión de muros para R4

Diseño a flexo-compresión de muros para R4

Al igual que en el diseño al corte, para flexo-compresión se utilizaron los esfuerzos entregados por Etabs. De la misma manera, los esfuerzos fueron analizados entre los pisos 1 al 2 y 3 al 5 evitando el sobredimensionamiento de las cuantías de acero y optimizando el diseño estructural. Esta vez, a cada muro se le asignó un nombre de pier en tres dimensiones.

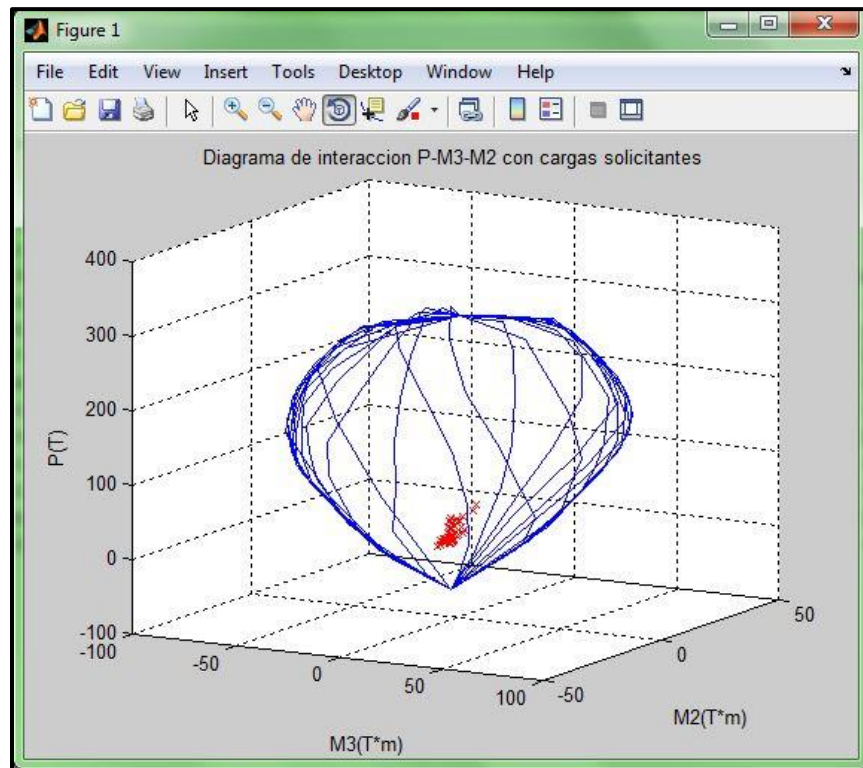


Figura #2: diagrama de interacción de muro M02 arquitectura

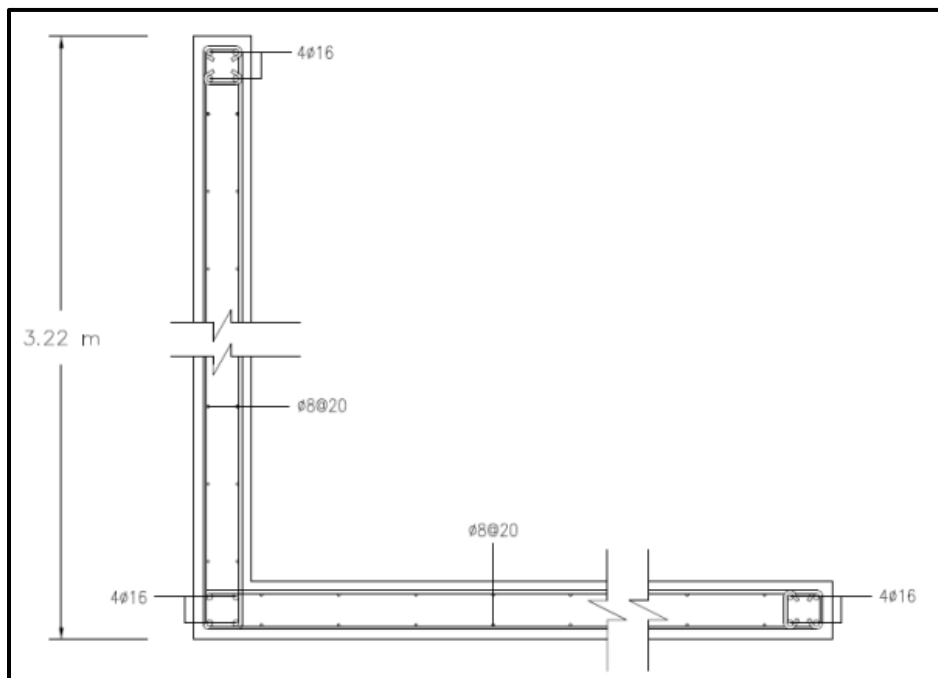


Figura #3: Detallamiento armadura para R4.

ANEXO D

Diseño flexo compresión muros para R7

Diseño flexo compresión muros para R7

En el diseño a flexo-compresión de muros para R7 se deben tener en cuenta las estipulaciones del capítulo 21 del código ACI 318-08. Bajo estos criterios, los muros deben ser diseñados como muros especiales.

Al igual que para R4, fue verificado el límite para que las fallas sean controladas por tracción donde:

armadura	Hw [m]	T* [s]	lw [m]	ey	$\phi\gamma = \phi e [1/m]$	$\delta e [m]$	Lp [m]	Tag [s]	α	Cd
A63-42H	12.6	0.12	0.69	0.002	0.00580	0.253	0.345	0.18	2.052	1
				Sde	$\delta u [m]$	$\theta\gamma [%]$	$\phi u (21-7a)$	$\phi u (21-7b)$	Clim [m]	
				0.007	0.009	0.07%	0.0020	-0.05123	1.69	
No Confinado	$\epsilon_s 0.003$	C [m]	No Necesita Confinamiento							
	7.69E-03	0.19								

Tabla #8: análisis de confinamiento en 0°.

armadura	Hw [m]	T* [s]	lw [m]	ey	$\phi\gamma = \phi e [1/m]$	$\delta e [m]$	Lp [m]	Tag [s]	α	Cd
A63-42H	12.6	0.12	0.7	0.002	0.00571	0.249	0.35	0.18	2.052	1
				Sde	$\delta u [m]$	$\theta\gamma [%]$	$\phi u (21-7a)$	$\phi u (21-7b)$	Clim [m]	
				0.007	0.009	0.07%	0.0019	-0.04968	1.71	
No Confinado	$\epsilon_s 0.003$	C [m]	No Necesita Confinamiento							
	0.0017	0.45								

Tabla #9: análisis de confinamiento en 90°.

armadura	Hw [m]	T* [s]	lw [m]	ey	$\phi\gamma = \phi e [1/m]$	$\delta e [m]$	Lp [m]	Tag [s]	α	Cd
A63-42H	12.6	0.12	0.69	0.002	0.00580	0.253	0.345	0.18	2.052	1
				Sde	$\delta u [m]$	$\theta\gamma [%]$	$\phi u (21-7a)$	$\phi u (21-7b)$	Clim [m]	
				0.007	0.009	0.07%	0.0020	-0.05123	1.69	
No Confinado	$\epsilon_s 0.003$	C [m]	No Necesita Confinamiento							
	0.012	0.14								

Tabla #10: análisis de confinamiento en 180°.

armadura	Hw [m]	T* [s]	lw [m]	ey	$\phi\gamma = \phi e [1/m]$	$\delta e [m]$	Lp [m]	Tag [s]	α	Cd
A63-42H	12.6	0.12	0.7	0.002	0.00571	0.249	0.35	0.18	2.052	1
				Sde	$\delta u [m]$	$\theta\gamma [%]$	$\phi u (21-7a)$	$\phi u (21-7b)$	Clim [m]	
				0.007	0.009	0.07%	0.0019	-0.04968	1.71	
No Confinado	$\epsilon_s 0.003$	C [m]	No Necesita Confinamiento							
	0.0017	0.45								

Tabla #11: análisis de confinamiento en 270°.

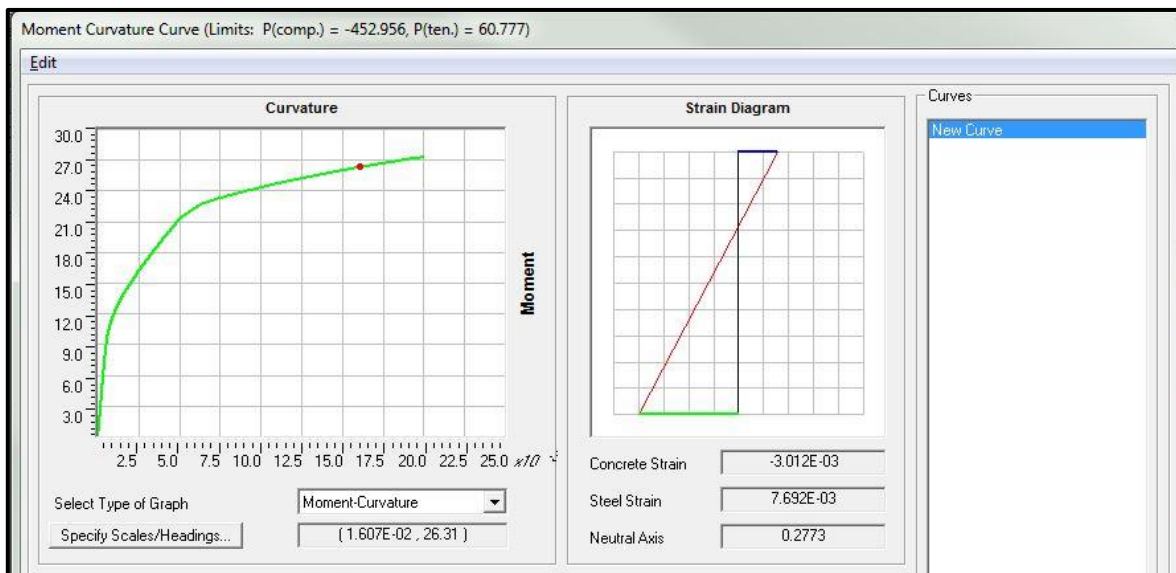


Figura #4: diagrama momento-curvatura en 0°.

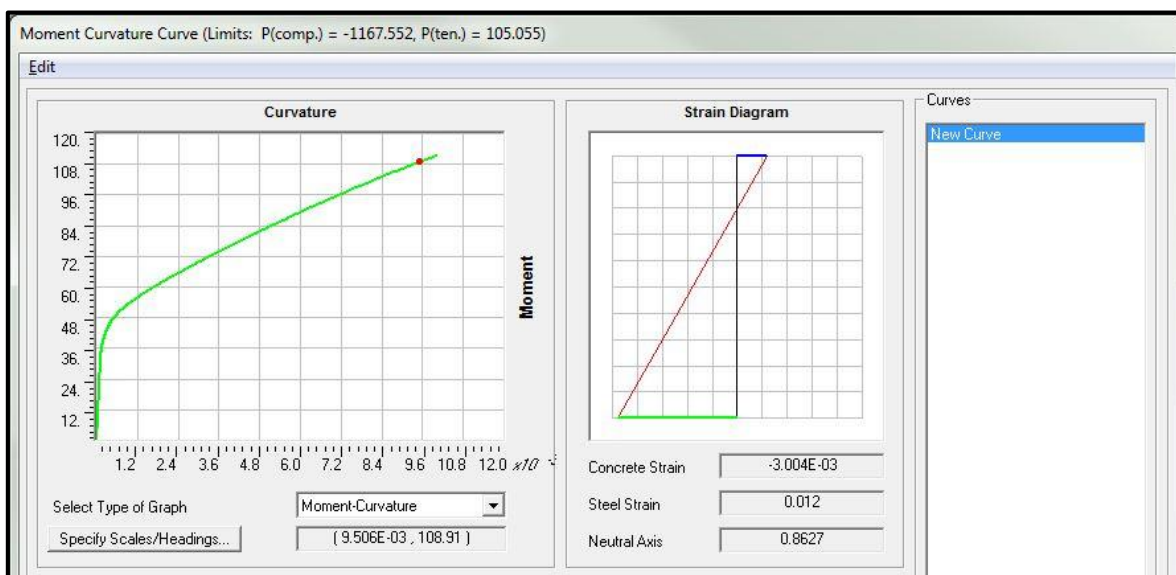


Figura #5: diagrama momento-curvatura en 180°.

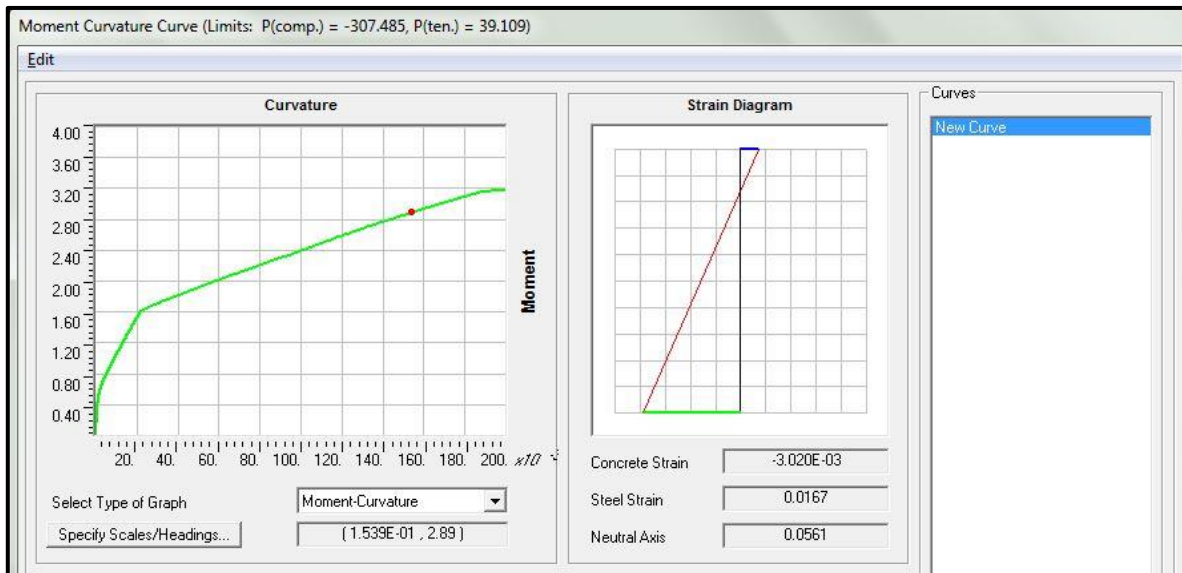


Figura #6: diagrama momento-curvatura en 90°.

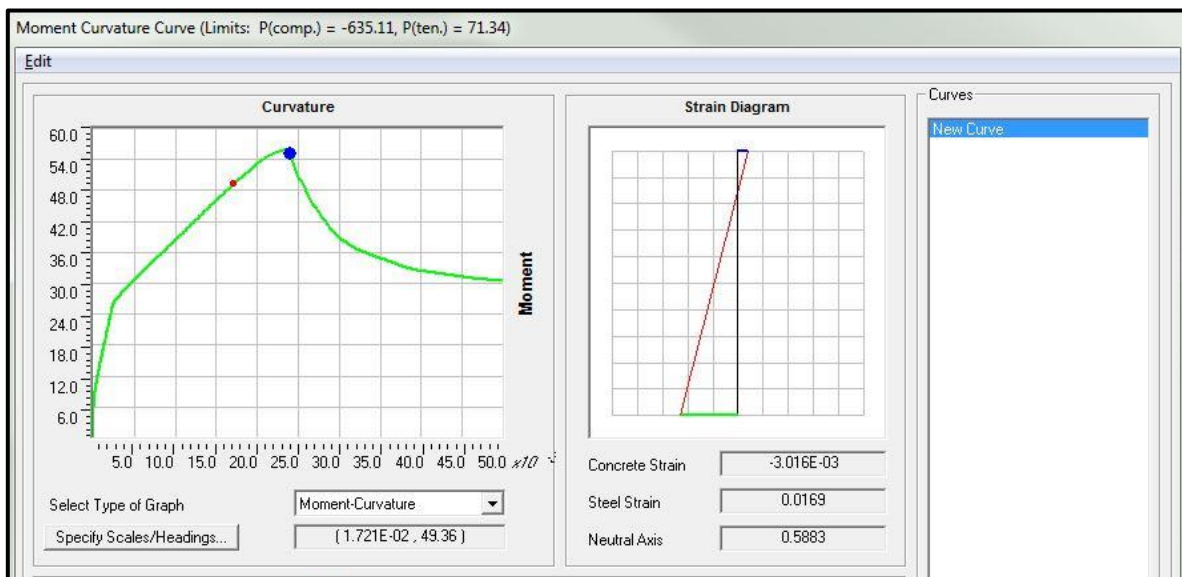


Figura #7: diagrama momento-curvatura en 270°.

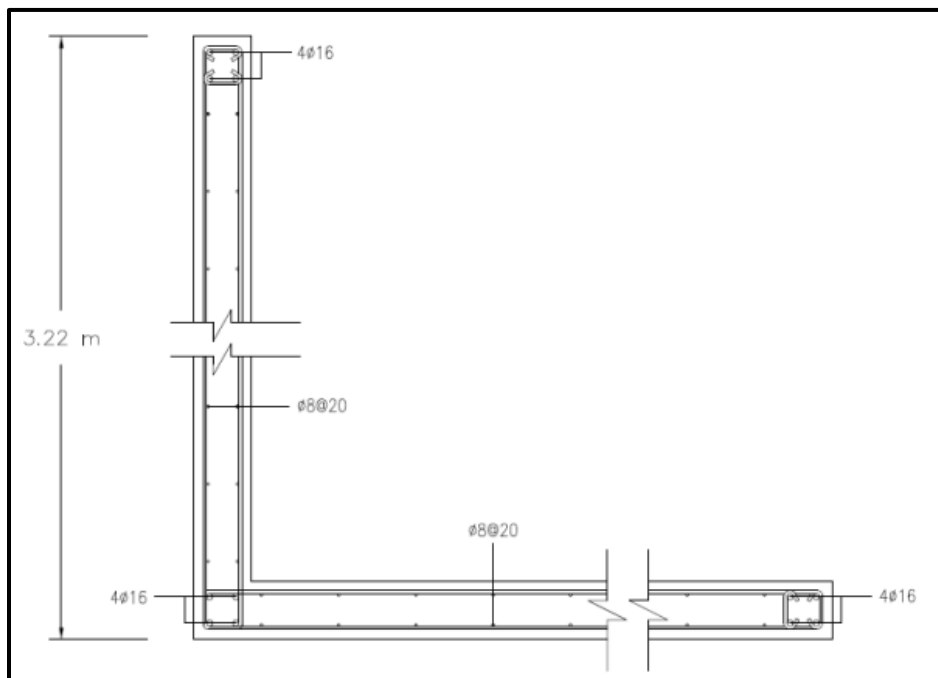


Figura #8: Detallamiento armadura para R7.

ANEXO E

Diseño vigas de acople

Diseño vigas de acople

Las vigas de acople fueron diseñadas tanto a flexión como al corte, de acuerdo a los requerimientos del código ACI-318-08 según lo establecido en los capítulos 21.5.2 y 21.5.4, respectivamente.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el diseño de la viga perteneciente al modelo B-2-R4.

		Flexión																			
		V	M+	M-	h alto	b ancho	u [+]	u [-]	umax	valides	valides[As final [+]	As final [-]	# [+]	φ [+]	Área	estado [+]	# [-]	φ [-]	Área	estado
		[Ton]	[Ton*m]	[Ton*m]	[cm]	[cm]				[+]]	[cm2]	[cm2]	barras	barra	[cm2]		barras	barra		[-]
B-2%-R4	BASE	11.43	2.782	2.054	63	15	0.027	0.020	0.298	Ok	Ok	1.66	1.22	2	12	2.3	Ok	2	10	1.57	Ok
	N1	24.28	13.447	13.39	126	15	0.031	0.031	0.298	Ok	Ok	3.92	3.90	2	16	4.0	Ok	2	16	4.02	Ok
	N2	25.66	15.06	14.924	126	15	0.035	0.034	0.298	Ok	Ok	4.40	4.36	3	16	6.0	Ok	3	16	6.03	Ok
	N3	23.18	14.288	13.829	126	15	0.033	0.032	0.298	Ok	Ok	4.17	4.03	3	16	6.0	Ok	3	16	6.03	Ok
	N4	19.02	12.941	11.925	126	15	0.030	0.027	0.298	Ok	Ok	3.77	3.47	2	16	4.0	Ok	2	16	4.02	Ok
	N5	8.21	3.024	3.08	63	15	0.029	0.030	0.298	Ok	Ok	1.80	1.84	2	12	2.3	Ok	2	12	2.26	Ok

Tabla #12: Diseño vigas a flexión.

		Corte											
		V	M+	M-	h alto	b ancho	Vmax	Av Ut.	Val.	# [+]	φ [+]	Área	estado
		[Ton]	[Ton*m]	[Ton*m]	[cm]	[cm]	[Ton]	[cm2]		barras	barra		
B-2%-R4	BASE	11.43	2.782	2.054	63	15	31.31	0.457	Ok	2	8	1.01	Ok
	N1	24.28	13.447	13.39	126	15	64.18	0.484	Ok	2	8	1.01	Ok
	N2	25.66	15.06	14.924	126	15	64.18	0.529	Ok	2	8	1.01	Ok
	N3	23.18	14.288	13.829	126	15	64.18	0.449	Ok	2	8	1.01	Ok
	N4	19.02	12.941	11.925	126	15	64.18	0.314	Ok	2	8	1.01	Ok
	N5	8.21	3.024	3.08	63	15	31.31	0.244	Ok	2	8	1.01	Ok

Tabla #13: Diseño vigas a Corte.

ANEXO F

Desplazamientos Sísmicos.

De acuerdo a las exigencias de la NCh433 se debe verificar la magnitud de los desplazamientos relativos según los puntos 5.9.2 y 5.9.3.

El artículo 5.9.2 de la NCh433 indica que el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, medido en el centro de masas de cada una de las direcciones de análisis, no debe ser mayor que la altura del entrepiso multiplicada por 0.002, mientras que el artículo 5.9.3 establece que el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos medido en cualquier punto de la planta, en cada una de las direcciones de análisis, no debe exceder en más de 0.001 h al desplazamiento relativo correspondiente medido en el centro de masas, en que h es la altura del entrepiso.

Para todos los modelos del estudio se verificó que ninguno presente desplazamientos relativos máximos entre piso fuera de la normativa.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para el modelo B-2-R7.

STORY	h(m)	LOAD	UX(m)	X	Y	Z	DRX	DRX/h	Verificación	DEFORMACION (cm)	H (m)
STORY5	2.5	DRIFFXMAX	0.0012	20	6.5	12.5	0.0002	0.00008	OK	0.12	12.5
STORY4	2.5	DRIFFXMAX	0.001	20	6.5	10	0.0002	0.00008	OK	0.1	10
STORY3	2.5	DRIFFXMAX	0.0008	20	6.5	7.5	0.0003	0.00012	OK	0.08	7.5
STORY2	2.5	DRIFFXMAX	0.0005	20	6.5	5	0.0003	0.00012	OK	0.05	5
STORY1	2.5	DRIFFXMAX	0.0002	20	6.5	2.5	0.0002	0.00008	OK	0.02	2.5

Tabla #14: Verificación deformaciones en el centro de masas en dirección X.

STORY	h(m)	LOAD	UY(m)	X	Y	Z	DRY	DRY/h	Verificación	DEFORMACION (cm)	H (m)
STORY5	2.5	DRIFFYMAX	0.0012	20	6.5	12.5	0.0002	0.00008	OK	0.12	12.5
STORY4	2.5	DRIFFYMAX	0.001	20	6.5	10	0.0002	0.00008	OK	0.1	10
STORY3	2.5	DRIFFYMAX	0.0008	20	6.5	7.5	0.0003	0.00012	OK	0.08	7.5
STORY2	2.5	DRIFFYMAX	0.0005	20	6.5	5	0.0003	0.00012	OK	0.05	5
STORY1	2.5	DRIFFYMAX	0.0002	20	6.5	2.5	0.0002	0.00008	OK	0.02	2.5

Tabla #15: Verificación deformaciones en el centro de masas en dirección Y.

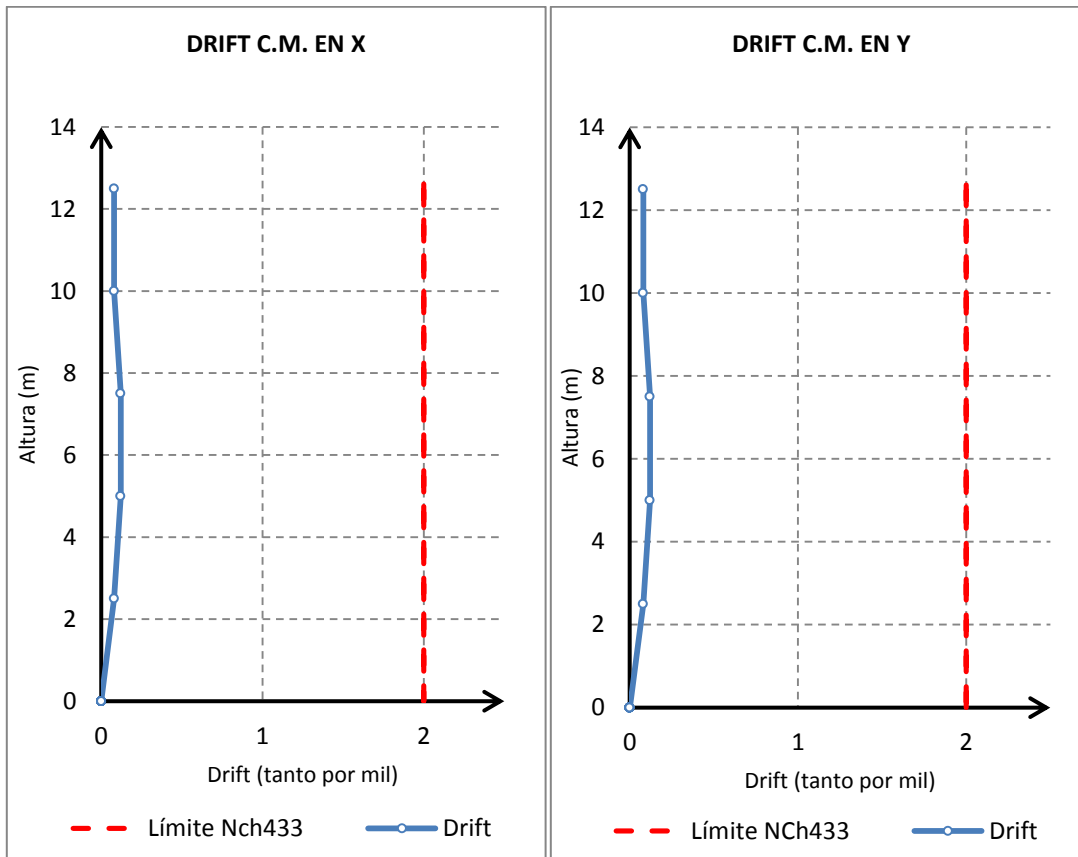


Figura #9: Graficas de deformaciones máximas y límite normativo.

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DrifX-DfiftCMX	Verificación
STORY5	Max Drift X	DEFXMAX	137-2	18.5	3	12	0.000137	0.00006	ok
STORY4	Max Drift X	DEFXMAX	162-2	3.333	0	8	0.000126	0.00005	ok
STORY3	Max Drift X	DEFXMAX	176-2	22.833	0	5.5	0.000127	0.00001	ok
STORY2	Max Drift X	DEFXMAX	271-3	26.786	0	4.5	0.000128	0.00001	ok
STORY1	Max Drift X	DEFXMAX	278	21	0	2.5	0.000094	0.00000	ok

Tabla #16: Verificación deformaciones en cualquier punto en dirección X.

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftY	DrifY-DfiftCMY	Verificación
STORY5	Max Drift Y	C7	65-6	24.5	0	11.5	0.000188	0.00011	ok
STORY4	Max Drift Y	C7	393-2	40	8.5	8	0.000144	0.000064	ok
STORY3	Max Drift Y	C7	65-5	24.5	0	6	0.000154	0.000034	ok
STORY2	Max Drift Y	C7	291-2	25.643	13	3	0.00028	0.00016	ok
STORY1	Max Drift Y	C7	393	40	8.5	2.5	0.000096	0.000016	ok

Tabla #17: Verificación deformaciones en cualquier punto en dirección Y.

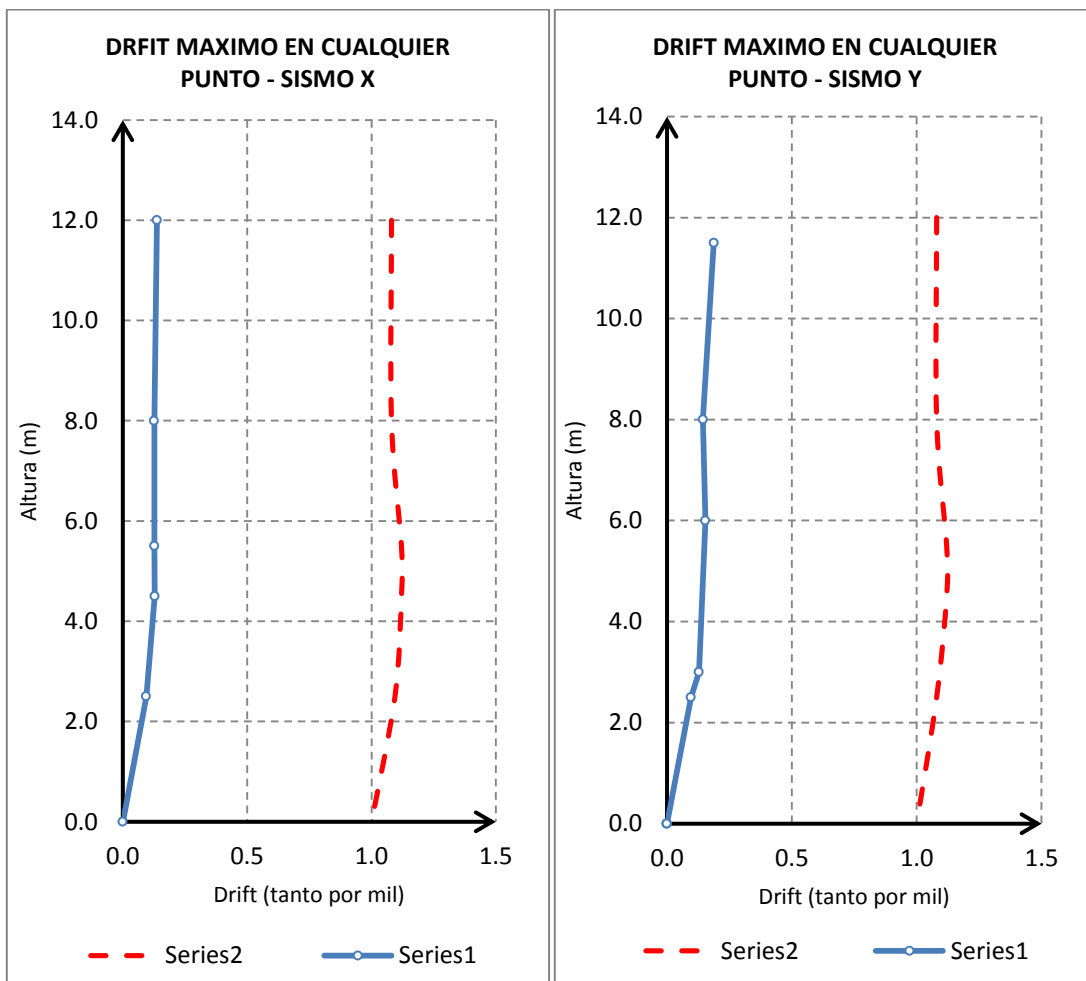


Figura #10: Graficas de deformaciones máximas y límite normativo.

