



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACION DE SISTEMAS ESTRUCTURALES
PARA EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO
EN LA CIUDAD DE MEXICO**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL – ESTRUCTURAS

P R E S E N T A :

FRANCISCO MORELL OCARANZA

TUTOR:

DR. ROBERTO MELI PIRALLA

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dra. Ruiz Gómez Sonia Elda
Secretario: M. I. Ávila Rodríguez Jorge Arturo
Vocal: Dr. Meli Piralla Roberto
1^{er}. Suplente: Dr. López Bátiz Óscar
2^{do}. Suplente: M. I. García Domínguez Octavio

Lugar donde se realizó la tesis:

INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM.

TUTOR DE TESIS:

DR. ROBERTO MELI PIRALLA

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mi hermano Santiago

A mis compañeros de posgrado

A todas aquellas personas con las que compartí esta etapa

INDICE

Historia e Introducción	
1. Objetivo	1
2. Modelos a analizar	3
2.1. Geometría	3
2.2. Sistema estructural	3
2.3. Altura de los edificios	5
2.4. Materiales	6
2.5. Nomenclatura de los modelos	6
3. Consideraciones de análisis y diseño	7
3.1. Análisis y diseño elástico	7
3.2. Análisis inelástico	8
4. Parámetros para la interpretación de las respuestas inelásticas	12
5. Resultados	16
5.1. Edificios de 15 niveles	16
5.2. Edificios de 25 niveles	31
5.3. Edificios de 40 niveles	52
6. Comparación de modelos	65
7. Conclusiones	69
8. Apéndices	71
8.1. Apéndice A. Detalle de elementos estructurales del edificio M-15300-300	71
8.2. Apéndice B. Detalle de elementos estructurales del edificio MF-15300-300	74
8.3. Apéndice C. Detalle de elementos estructurales del edificio MFR-15300-300	78
8.4. Apéndice D. Detalle de elementos estructurales del edificio M-25300-300	83
8.5. Apéndice E. Detalle de elementos estructurales del edificio M-25300-400	89

8.6.	Apéndice F. Detalle de elementos estructurales del edificio MF-25300-400	95
8.7.	Apéndice G. Detalle de elementos estructurales del edificio MFW-25450-450	100
8.8.	Apéndice H. Detalle de elementos estructurales del edificio M1X3Y-40450-450	105
8.9.	Apéndice I. Detalle de elementos estructurales del edificio M3X3Y-40450-450	113
9.	Notación	121
10.	Referencias	122

HISTORIA E INTRODUCCION

HISTORIA

La palabra edificio quiere decir hacer fuego (del indoeuropeo *æde*, fuego y del latín *facere*, hacer), lo que no debe extrañar cuando se sigue diciendo hogar a la vivienda. Se trata de una obra de fábrica, dedicada a albergar distintas actividades humanas: vivienda, templo, teatro, comercio. Del origen del nombre parece desprenderse que los primitivos sirvieron para albergar el fuego, evitando que lo apagasen la lluvia o el viento, pues no era sencillo encenderlo.

Hoy en día, la razón de su construcción es el máximo aprovechamiento económico del suelo. Por ello, suelen encontrarse múltiples edificios agrupados en las zonas comerciales o residenciales de grandes ciudades, donde el valor del suelo es elevado. Sin embargo, en el caso de los edificios de gran altura, la motivación económica suele ser en realidad inexistente, pues el exceso de altura conlleva gastos todavía mayores. En estos casos la motivación es puramente publicitaria, ya que estos grandes edificios, en especial si logran la etiqueta de "edificio más alto" (de la ciudad o país), adquieren relevancia y notoriedad, y dotan de una imagen de poder y bonanza económica a sus propietarios.

Creado en Estados Unidos (Chicago) y perfeccionado en Nueva York, los rascacielos fueron una creación estructural que revolucionó el panorama urbano de los últimos cien años y es hoy día un símbolo inequívoco de modernidad en todo el mundo. Los elementos que permitieron la construcción de edificios de una altura notoria (en comparación de los edificios a su alrededor) fueron el acero, el concreto reforzado, el cristal, la bomba hidráulica y los ascensores. Antes del siglo XX los edificios de más de seis plantas eran raros, ya que su excesiva altura los hacía poco prácticos.

A finales del siglo XIX aparecieron edificios de gran altura en ciudades con altos índices de población como Nueva York, Londres o Chicago. A partir de los años 30 comenzaron a aparecer edificios de gran altura en ciudades de Latinoamérica y Asia.

Estas estructuras de gran altura y la aplicación de la tecnología del concreto de alta resistencia, han ocasionado que cerca del 90% de los edificios con estas características se construyan en concreto reforzado. En la actualidad esta situación puede revertirse, en cuanto se ha incrementado la producción del acero y la tecnología constructiva con este material, que ha permitido la reducción de los tiempos de montaje. En los últimos años se han edificado estructuras compuestas en una combinación de acero y concreto, conocidas como estructuras híbridas.

INTRODUCCION

La Ciudad de México, el centro político y económico del país, es a su vez la segunda metrópoli más grande del mundo, sólo después de Tokio, Japón, y debido a su crecimiento demográfico de más de ocho millones de habitantes tiene la necesidad de construir edificios para resolver las demandas de la población.

Un factor de gran relevancia en la construcción de edificios en la Ciudad de México es la actividad sísmica, la cual induce fuerzas laterales a los edificios, variando en magnitud de acuerdo a la altura de éstos, por lo que es necesario que los edificios estén estructurados con un nivel de ductilidad adecuado, no sólo para disipar energía, sino también para prevenir el colapso repentino de estructuras evitando pérdidas humanas y materiales.

La estructuración más común de edificios es a base de marcos dúctiles, los cuales han sido bien estudiados y presentan buen comportamiento ante eventos sísmicos. Si se desea construir edificios de gran altura de concreto reforzado en zonas de alta actividad sísmica, como en la Ciudad de México, los elementos estructurales de los edificios a base de marcos dúctiles presentarán secciones de grandes dimensiones, lo que influye en el costo de la obra y en la reducción del espacio aprovechable del inmueble, así como en el peso total de la construcción que se traduce en una costosa cimentación y mayores fuerzas sísmicas. Así que para resolver con concreto los edificios de gran altura, se debe de prever un sistema de disipación de energía o un sistema estructural que responda adecuadamente a la actividad sísmica, todo esto sin que se tenga un gran volumen de materiales.

Debido a la necesidad de conocer mejor la manera de satisfacer la demanda de la población con edificaciones de gran altura y a la influencia de la actividad sísmica en la Ciudad de México, en este estudio se analizan y diseñan diferentes sistemas estructurales a base de concreto reforzado en base al código de diseño del Distrito Federal, las cuales se analizarán mediante el método estático no lineal de empuje lateral para estimar su comportamiento real ante el propuesto por el código.

Para este estudio se considerará el diseño de edificios de concreto reforzado en la zona sísmica IIIb de la Ciudad de México, con la misma planta arquitectónica y con diversos sistemas estructurales de acuerdo a la variación de alturas de 15, 25 y 40 niveles. Se observará el efecto en el sistema estructural dependiendo de la altura del edificio; la estructuración de marcos dúctiles de concreto reforzado, sistemas estructurales a base de marcos dúctiles y muros de corte, sistemas estructurales con marcos de fachada de mayores dimensiones que los elementos de los marcos internos, y sistemas estructurales a base de macro-marcos, es decir, construir en las fachadas del edificio un marco que aporte la mayor resistencia ante acciones sísmicas y envuelva a los marcos interiores. También se modificará la resistencia del concreto dependiendo de la altura del edificio y su sistema estructural, al igual que se incluirán factores de sobre resistencia nominal en los materiales utilizados en el diseño, 30% para el concreto y 20% para el acero.

1. OBJETIVO

Esta investigación estudia el desempeño de diferentes sistemas estructurales para edificios de concreto reforzado diseñados con los lineamientos propuestos por el código del Distrito Federal, comparando los parámetros de comportamiento sísmico y coeficiente sísmico con las respuestas de cada edificio mediante el análisis estático no lineal de empuje lateral, de manera que se obtengan factores de comportamiento sísmico y de coeficiente de cortante basal de los sistemas estructurales, para un edificio de características particulares, en relación a los parámetros de diseño de las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcción del Distrito Federal y su comportamiento real, así como también, una relación de cantidad de materiales utilizados para cada sistema estructural.

Los sistemas estructurales serán para edificaciones de concreto reforzado ubicadas en la zona IIIb de la Ciudad de México, contarán con alturas de 15, 25 y 40 niveles con la misma planta arquitectónica, sin y con sobre resistencia nominal de los materiales de 30% para el concreto y 20% para el acero, de manera que para cada edificio de cierta altura se puedan realizar modelos con diferentes sistemas estructurales e identificar las ventajas y desventajas de cada uno de ellos. Esto se logra mediante el diseño estructural propuesto en las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcción del Distrito Federal, ajustando las dimensiones y detalles de refuerzo de los elementos estructurales hasta cumplir con los requisitos de resistencia y desplazamiento del Reglamento. Posteriormente se realiza un análisis estático no lineal de cada modelo para comparar el comportamiento real con los parámetros establecidos por el RCDF; distorsiones de entrepiso, ductilidad y cortante basal.

El análisis estático no lineal, también llamado *pushover*, es un procedimiento de análisis estático bajo cargas verticales permanentes y cargas laterales que se van incrementando de acuerdo a un patrón predefinido; en este estudio el patrón de carga se incrementará hasta provocar el colapso de la estructura. Las cargas laterales representan el equivalente a las fuerzas inducidas por un sismo. De este análisis se obtendrá la curva de capacidad, que es la descripción gráfica del cortante basal ante los desplazamientos laterales, mismos que se pueden normalizar entre el peso de la estructura y la altura total de la ésta respectivamente para obtener la gráfica del coeficiente de cortante basal versus distorsión. Esta curva de capacidad nos indicará cualquier falla prematura en los elementos estructurales, la carga última al colapso y la ductilidad del sistema. Durante el análisis no lineal, se asignarán puntos de control en los extremos de los elementos estructurales para conocer los valores de deformación y carga durante el análisis.

Para el diseño estructural se utilizará el programa RCBuilding versión 6.2 con las normas del RCDF, y para el análisis no lineal el programa ETABSnonlinear versión 9.0 con los parámetros del FEMA-356 (*Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*); ambos programas con subrutinas integradas.

También se quiere demostrar que el desempeño de edificios de gran altura de concreto reforzado estructurados a base de macro-marcos es adecuado, si se puede demostrar que la curva que describe su comportamiento inelástico ($V_o-\delta$) tiene propiedades similares a la de los edificios de concreto reforzado de mediana altura estructurados con marcos dúctiles. La suposición del comportamiento de este sistema estructural (macro-marcos) proviene del siguiente razonamiento: si creamos en un edificio de concreto

reforzado de gran altura un marco de grandes dimensiones, se podría decir que se comporta de manera similar a un marco dúctil que forma parte de un edificio de concreto reforzado de mediana altura.

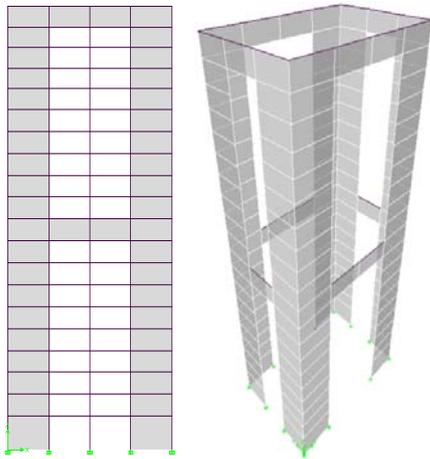


Figura 1.1. Edificio a base de macro-marcos.

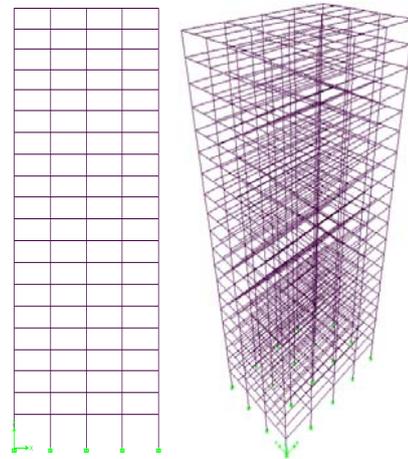


Figura 1.2. Edificio con marcos convencionales.

2. MODELOS A ANALIZAR

En esta investigación se llevará a cabo el estudio de edificios que sean representativos en cuanto a sus propiedades físicas, por lo que se hará una serie de combinaciones de acuerdo a su geometría, sistema estructural, altura y resistencia de materiales.

2.1. Geometría

Para este estudio se eligió un edificio de oficinas de geometría regular y simple, con la misma planta arquitectónica en todos sus niveles (figura 1).

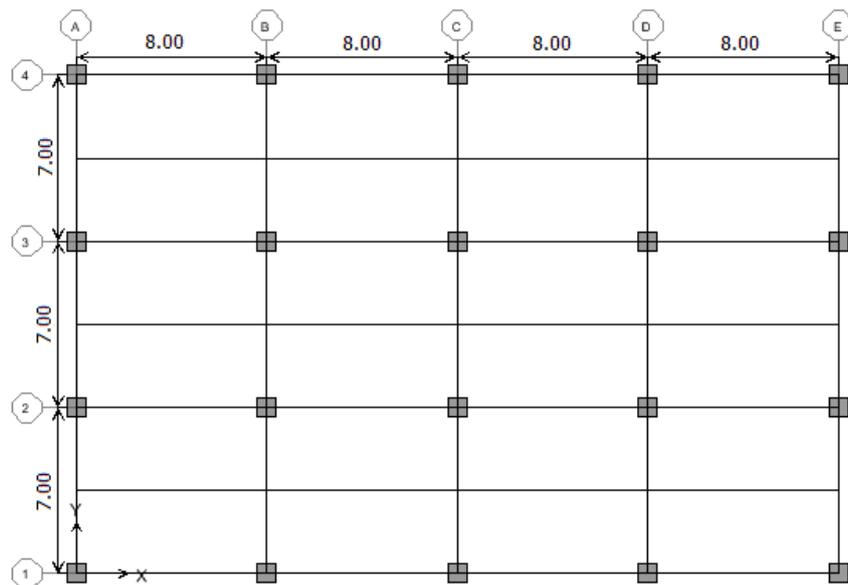


Figura 2.1. Planta tipo. Cotas en metros.

2.2. Sistema estructural

Los modelos que se analizarán presentan diferentes sistemas estructurales, los cuales han sido seleccionados debido a que son los más utilizados en la actualidad por los beneficios arquitectónicos, principalmente en cuanto a espacio se refiere. En los resultados de este estudio se podrá observar en la curva de capacidad de cada estructura las ventajas de cada sistema estructural, principalmente en su rigidez y coeficiente sísmico. Cada uno de los sistemas estructurales está definido por una la siguiente nomenclatura:

M – marcos dúctiles, es el sistema estructural más común y más estudiado hoy en día, consta de columnas y vigas que forman marcos ordinarios donde cada uno está diseñado para soportar las acciones sísmicas y las acciones de gravedad. En cada entrepiso las columnas son de la misma dimensión, al igual que en las vigas.

MF – estructuración a base de vigas y columnas de fachada. Este sistema estructural utiliza vigas y columnas de fachada de dimensiones mayores a la del sistema anterior, tomando la mayoría de las acciones sísmicas. Este sistema es muy útil para construcciones donde se requiere un mayor espacio de entrepiso que se aprovecha para el paso de instalaciones de servicios que se ubican en el falso plafón, además que

las vigas de fachada que resultan más peraltadas que las interiores, pueden quedar ocultas en la misma fachada.

MFR – configuración en forma de tubo. Este sistema estructural es muy parecido al denominado MF, con los marcos de fachada diseñados para acciones sísmicas y los marcos interiores diseñados por gravedad. La diferencia de estos dos sistemas es que el sistema MFR tiene columnas intermedias en todas las crujías de fachada, lo que da la sensación de una forma de tubo en la vista de planta. Este sistema ayuda a incrementar el espacio de entrepiso y presenta excelentes resultados cuando es sometido únicamente a fuerzas de gravedad.

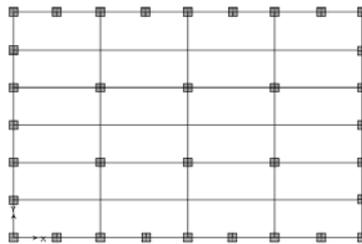


Figura 2.2. Vista en planta.

MFV – sistema estructural con muros de cortante. Este sistema presenta muros de cortante en los extremos de cada fachada. Las vigas de fachada también tienen una sección mayor que las interiores con el objetivo de acoplar los muros que se encuentran en los extremos. Esta estructuración aporta mayor resistencia al empuje lateral que las anteriores debido a la rigidez de los muros.

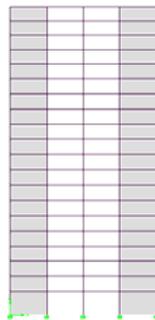


Figura 2.3. Vista en corte.

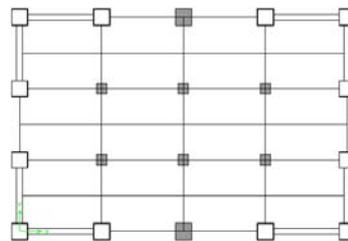


Figura 2.4. Vista en planta.

M1X3Y – estructuración a base de macro-marcos. Este sistema cuenta con muros de cortante en sus extremos y muros alrededor de la fachada (los cuales llamaremos cinturones) en ciertos niveles, creando marcos en las fachadas. Particularmente, esta nomenclatura se utilizará para un edificio que presenta un macro-marco en las fachadas del eje “x” y tres macro-marcos en las fachadas del eje “y” en donde el macro-marco del eje “x” coincide con el del eje “y”. Este sistema será modelado únicamente en edificios de gran altura, ya que no es viable en cuanto a costo para un edificio de altura menor. En las siguientes figuras se muestra la estructuración de cinturones en los macro marcos, de tal manera que para el nivel donde se encuentra un cinturón en el eje “y” se muestra un muro de cortante a todo lo largo de la fachada paralela al eje “y”, mientras

que en el nivel donde se encuentra un cinturón en el eje "x" y uno en el eje "y", se observa un muro de cortante en todo el perímetro del edificio.



Figura 2.5. Vista en isométrico.

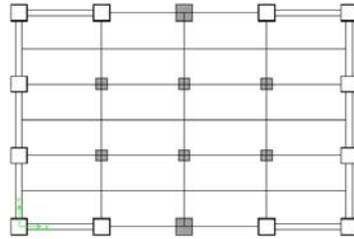


Figura 2.6. Vista en planta, cinturón en "y".

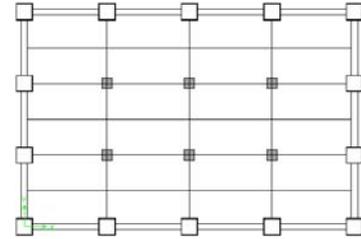


Figura 2.7. Vista en planta, cinturón en "x" y "y".

M3X3Y – el último sistema estructural que se analizará será para edificios de gran altura, donde se presentarán tres cinturones en el eje "x" y tres cinturones en el eje "y", los cuales coinciden en los tres niveles respectivamente. En la siguiente vista en planta del edificio se muestran los niveles donde se encuentran ubicados los cinturones en ambos sentidos, describiendo un muro de cortante a lo largo del perímetro de la planta.



Figura 2.8. Vista en isométrico.

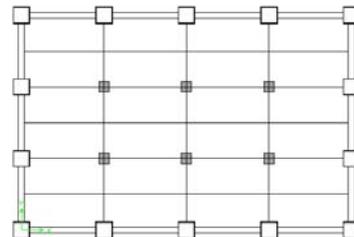


Figura 2.9. Vista en planta, cinturón en "x" y "y".

2.3. Altura de los edificios

Los 6 sistemas antes mencionados se analizarán en tres alturas diferentes, esto con el objetivo de comparar en qué intervalo de altura son preferibles los distintos sistemas estructurales.

En cada uno de los casos se considera una altura de planta baja de 5.2m, mientras que en el resto de los entrepisos una altura de 3.4m, teniendo 52.8m de altura para edificios de 15 niveles, 86.8m de altura para edificios de 25 niveles y 137.8m de altura para edificios de 40 niveles.



Figura 2.10. 15 niveles (52.8m).

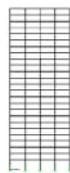


Figura 2.11. 25 niveles (86.8m).



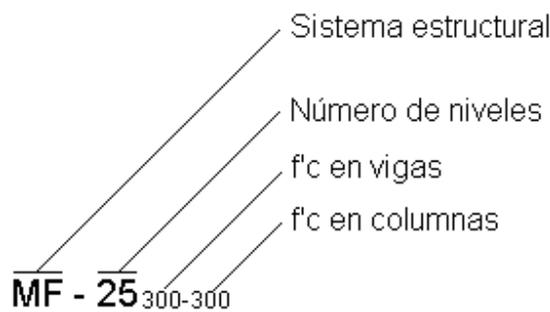
Figura 2.12. 40 niveles (137.8m).

2.4. Materiales

Todos los modelos son de concreto reforzado. La resistencia a la compresión del concreto varía de 300 kg/cm² hasta 450 kg/cm² debido a que se quiere reducir la cantidad de material en los edificios y buscar la resistencia adecuada dependiendo del sistema estructural y la altura del edificio. El acero de refuerzo que se utiliza es varilla de construcción con un esfuerzo de fluencia de 4,200 kg/cm².

2.5. Nomenclatura de modelos

Ya que se han explicado las variables que intervienen en los modelos a analizar, se utilizará la siguiente nomenclatura para identificar cada uno de ellos:



De esta manera tenemos una serie de edificios que se analizarán, los cuales estarán divididos por familias de acuerdo al número de niveles de cada uno:

Edificios de 15 niveles	Edificios de 25 niveles	Edificios de 40 niveles
M - 15 MF - 15 MFR - 15	M - 25 MF - 25 MFR - 25 MFW - 25	MFW - 40 M1X3Y - 40 M3X3Y - 40

Tabla 2.1. Edificios a analizar.

Cabe mencionar que la altura determina el sistema estructural que se pretende utilizar (considerando la geometría regular en planta), ya que para los edificios de 15 niveles utilizar un sistema de muros de cortante como la estructuración MFW reduciría el espacio de ocupación. De la misma forma no podríamos utilizar un sistema M, marcos dúctiles, para edificios de 40 niveles ya que se necesitarían secciones muy grandes para soportar el empuje lateral, lo que resultaría en un área libre de construcción muy reducida, incosteable, y el objetivo principal de este estudio es diseñar y analizar cada modelo, de manera que sus respuestas elásticas e inelásticas estén en los límites permitidos por el código a utilizar, para poder realizar una comparación de eficiencia de cada uno de ellos.

3. CONSIDERACIONES DE ANALISIS Y DISEÑO

En este apartado se mencionan todas las consideraciones de análisis y diseño que se tomaron en cuenta para este estudio.

Consideraciones generales

Las familias de edificios se analizarán conforme a los siguientes parámetros:

- Uso del inmueble, oficinas.
- Ubicación, zona IIIb en el Distrito Federal.
- Factor de comportamiento sísmico (Q), se aplicará el mayor factor dependiendo del sistema estructural del edificio.
- Se utilizará concreto de $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$ y cuando el modelo lo requiera un concreto de $f_c = 400 \text{ kg/cm}^2$ ó 450 kg/cm^2 .
- Para los efectos de sobre resistencia de los materiales, se aumenta 30% la resistencia a la compresión del concreto y 20% la fluencia del acero.

3.1. Análisis y diseño elástico

Análisis elástico

En el análisis elástico de cada edificio se hacen las siguientes consideraciones:

- El módulo elástico del concreto de $14,000\sqrt{f'_c}$.
- Se considera el 50% de rigidez en las vigas de la inercia bruta, ya sean sección "T" para vigas interiores y secundarias ó sección "L" para vigas de fachada.
- Las losas de entrepiso y azotea funcionan como sistemas de piso rígido; constan de una losa maciza apoyada perimetralmente.
- Las columnas de planta baja se consideran empotradas al terreno.
- Las cargas vivas se asignarán como lo estipulan las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones del Reglamento de Construcción del Distrito Federal 2004.
- Se consideran los momentos de segundo orden ($P - \Delta$), calculados con la carga muerta y la carga viva instantánea.
- Para tomar en cuenta el peso de los muros interiores y de fachada, y del acabado de interiores e instalaciones, se considera un peso muerto de 300 kg/m^2 en entrepisos y 200 kg/m^2 en azotea.
- Se aplicará el espectro de diseño expuesto en el cuerpo principal de las Normas Técnicas Complementarias por Sismo del RCDF, el cual para la zona IIIb tiene un coeficiente sísmico $c = 0.45$.
- El programa de análisis que se utiliza es el software RCBuilding versión 6.2, donde se puede especificar todas las propiedades de los elementos tal y como se menciona en los puntos anteriores.

Diseño elástico

En el diseño elástico de cada edificio se considerará lo siguiente:

- El esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo será de $4,200 \text{ kg/cm}^2$.

- El módulo elástico del acero de $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$.
- La resistencia a la compresión del concreto será de $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, de 400 kg/cm^2 y de 450 kg/cm^2 , de acuerdo a la demanda de los casos en estudio.
- Todos los elementos se diseñan respecto al RCDF y sus NTC, con un nivel de ductilidad adecuado, el cual es proporcionado por el tipo de estructuración que presenta cada modelo. Desde $Q = 2$ hasta $Q = 4$.
- Se utiliza el software RCBuilding versión 6.2 como herramienta de diseño. Este software cuenta con el RCDF y las NTC 2004. El criterio para cambiar el detalle del refuerzo de los elementos estructurales que presenten la misma sección, será cuando los elementos mecánicos máximos tengan una variación mayor al 20% con respecto al valor máximo de ellos.
- En las tablas que muestran la cantidad de material utilizado en cada uno de los casos, no se contempla la losa de entrepiso, ya que es la misma para cada uno de ellos.

3.2. Análisis inelástico

Una vez realizado el análisis y diseño elástico con RCBuilding versión 6.2, la información de los modelos se introduce en el programa de análisis y diseño ETABSnonlinear versión 9.0, incluyendo los armados y resistencia de cada elemento para realizar el análisis inelástico.

Antes de iniciar el análisis inelástico se comprueba que los dos programas de análisis y diseño funcionen de una manera similar; esto se logra ajustando algunos factores de peso propio y rigidez de cada elemento (debido a las funciones y comandos propios de cada programa) para lograr una similitud en la respuesta de cada edificio. Se encontró una diferencia de $\pm 4\%$ como máximo en cuanto a la comparación del periodo, masa, peso propio, distorsiones de entrepiso y cortante basal.

Una vez que se modelan correctamente las estructuras en el programa ETABSnonlinear versión 9.0, se inicia con el análisis inelástico. Este análisis es de tipo *Pushover* o *análisis del empujón*, que consiste en la aplicación de una fuerza lateral creciente hasta el colapso de la estructura. Para este proceso se tomaron las siguientes consideraciones:

La asignación de articulaciones plásticas en los elementos estructurales se basa en el *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings* (FEMA-356), donde se presenta la siguiente curva esfuerzo-deformación:

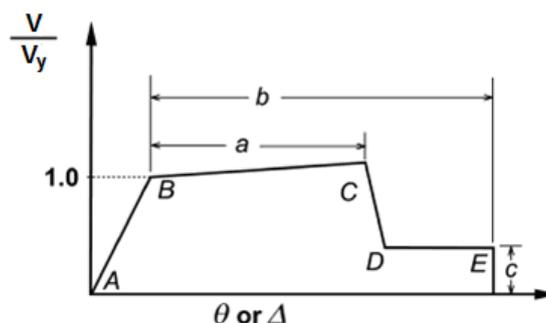


Figura 3.1. Curva esfuerzo-deformación.

$V/V_y = 1.0$ es el valor de fluencia.

a, b – deformación que ocurre después de la fluencia.

c – resistencia residual después de la caída repentina de C a D

los parámetros a, b, c, son definidos numéricamente en tablas que se muestran en este capítulo, obtenidas de pruebas de laboratorio.

Para todos los casos se incluirá la sobre resistencia de los materiales, con el fin de observar cuantitativamente el incremento de resistencia de manera global en la estructura, aumentando la resistencia a la compresión del concreto en 30% y el esfuerzo de fluencia del acero en 20%, cambiando el módulo elástico de los elementos $(14,000\sqrt{f'c})$.

Las articulaciones plásticas en vigas tienen una relación momento-curvatura basada en el momento resistente del elemento que está expresado en el RCDF, sin factores de reducción, y la curvatura siguiendo los parámetros establecidos en el FEMA-356 para un análisis estático no lineal. Los parámetros se muestran en la siguiente tabla:

Parámetros de modelaje y valores numéricos aceptables para procedimientos no lineales en VIGAS de concreto reforzado										
Condiciones	Parámetros de modelaje ³			Valores aceptables ³						
	Ángulo de rotación plástica, radianes	Resistencia residual	c	Ángulo de rotación plástica, radianes						
				Nivel de desempeño						
	A	b	c	IO	Tipo de componente					
					Primario			Secundario		
LS					CP	LS	CP			

i. Vigas controladas por flexión¹

$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Estribos ²	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'c}}$								
≤ 0.0	C	≤ 3	0.025	0.05	0.2	0.010	0.02	0.025	0.02	0.05
≤ 0.0	C	≥ 6	0.02	0.04	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.04
≥ 0.5	C	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
≥ 0.5	C	≥ 6	0.015	0.02	0.2	0.005	0.005	0.015	0.015	0.02
≤ 0.0	NC	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
≤ 0.0	NC	≥ 6	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.005	0.01	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≤ 3	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.01	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≥ 6	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.005	0.001	0.01

ii. Vigas controladas por cortante¹

Separación de estribos ≤ d/2	0.003	0.02	0.2	0.0015	0.002	0.003	0.01	0.02
Separación de estribos > d/2	0.003	0.01	0.2	0.0015	0.002	0.003	0.005	0.01

iii. Vigas controladas por un comportamiento inadecuado ó por empalmes a lo largo del claro¹

Separación de estribos ≤ d/2	0.003	0.02	0.0	0.0015	0.002	0.003	0.01	0.02
Separación de estribos > d/2	0.003	0.01	0.0	0.0015	0.002	0.003	0.005	0.01

iv. Vigas controladas por un empotramiento inadecuado en la unión viga-columna¹

Separación de estribos ≤ d/2	0.003	0.02	0.0	0.0015	0.002	0.003	0.01	0.02
Separación de estribos > d/2	0.003	0.01	0.0	0.0015	0.002	0.003	0.005	0.01

1. Cuando ocurre más de una de las condiciones i, ii, iii ó iv en un elemento, se utilizará el menor valor de la tabla.

2. “C” y “NC” son las abreviaciones de confinado y no confinado del núcleo de concreto debido al refuerzo transversal. El elemento se considera confinado si en la zona de la articulación plástica los estribos tienen una separación menor de $d/3$, ó si el diseño del refuerzo transversal toma más de $3/4$ partes del cortante de diseño. De otra manera se considera no confinado.
3. Se permite la interpolación lineal en los valores de la tabla.

Las articulaciones plásticas en elementos columna están consideradas con la interacción (PMM) del ACI con un $f_c = 0.8f_c$ sin factores de reducción de resistencia y los parámetros de curvatura especificados en el FEMA-356 para un análisis estático no lineal. Los parámetros se muestran en la siguiente tabla:

Parámetros de modelaje y valores numéricos aceptables para procedimientos no lineales en COLUMNAS de concreto reforzado									
Condiciones	Parámetros de modelaje ³			Valores aceptables ³					
	Ángulo de rotación plástica, radianes	Resistencia residual	c	Ángulo de rotación plástica, radianes					
				Nivel de desempeño					
	A	b	IO	Tipo de componente					
				Primario		Secundario			
			LS	CP	LS	CP			

i. Columnas controladas por flexión¹

$\frac{P}{A_g f'_c}$	Estribos ²	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$								
≤ 0.1	C	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.015	0.02	0.02	0.03
≤ 0.1	C	≥ 6	0.016	0.024	0.2	0.005	0.012	0.016	0.016	0.024
≥ 0.4	C	≤ 3	0.015	0.025	0.2	0.003	0.012	0.015	0.018	0.025
≥ 0.4	C	≥ 6	0.012	0.02	0.2	0.003	0.01	0.012	0.013	0.02
≤ 0.1	NC	≤ 3	0.006	0.015	0.2	0.005	0.005	0.006	0.01	0.015
≤ 0.1	NC	≥ 6	0.005	0.012	0.2	0.005	0.004	0.005	0.008	0.012
≥ 0.4	NC	≤ 3	0.003	0.01	0.2	0.002	0.002	0.003	0.006	0.01
≥ 0.4	NC	≥ 6	0.002	0.008	0.2	0.002	0.002	0.002	0.005	0.008

ii. Columnas controladas por un comportamiento inadecuado ó por empalmes a lo largo su altura¹

Separación de estribos $\leq d/2$	0.01	0.02	0.4	0.005	0.005	0.01	0.01	0.02
Separación de estribos $\geq d/2$	0.0	0.01	0.2	0.0	0.0	0.0	0.005	0.01

iii. Columnas donde la carga axial excede 0.70P¹

Con estribos en toda su longitud	0.015	0.025	0.02	0.0	0.005	0.01	0.01	0.02
Otros casos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

1. Cuando ocurre más de una de las condiciones i, ii ó iii en un elemento, se utilizará el menor valor de la tabla.
2. “C” y “NC” son las abreviaciones de confinado y no confinado del núcleo de concreto debido al refuerzo transversal. El elemento se considera confinado si en la zona de la articulación plástica los estribos tienen una separación menor de $d/3$, ó si el diseño del refuerzo transversal toma más de $3/4$ partes del cortante de diseño. De otra manera se considera no confinado.
3. Se permite la interpolación lineal en los valores de la tabla.

Los elementos muro se modelan como columnas con todas las propiedades del muro y elementos viga infinitamente rígidos en sus extremos. Los parámetros de la curva momento-curvatura tienen los mismos datos que los utilizados para las columnas.

La ubicación de las articulaciones se localiza en los paños de un elemento con otro. A cada elemento sólo le es posible asignar un tipo de articulación en cada extremo, esto depende del elemento mecánico que domina el diseño del elemento, ya sea flexión o cortante para vigas y la interacción de carga axial con flexión o cortante para columnas y muros. En este análisis inelástico no se aplica ninguna articulación plástica debida a la torsión.

4. PARAMETROS PARA LA INTERPRETACIÓN DE LAS RESPUESTAS INELASTICAS

Para poder interpretar de manera sencilla los resultados obtenidos de cada modelo, en este capítulo se explican las gráficas y tablas utilizadas que describen el comportamiento de cada caso.

La curva de capacidad original se simplificó a una curva elastoplástica. Se entiende por curva original a la gráfica del coeficiente de cortante basal (V_o/W_o), expresado como fracción del peso total de la estructura, contra distorsión (δ), considerada como el desplazamiento del punto más alto dividido entre la altura total de la estructura. La curva elastoplástica es una curva bi lineal que consiste en una línea que parte del origen con una pendiente igual a la rigidez de la estructura en relación a su peso total y una meseta que representa el cortante sísmico que resiste la estructura.

El punto donde la curva elastoplástica bilineal cambia de dirección es el punto de fluencia de la estructura, el cual se obtiene de manera tal que el área bajo la curva original sea igual que el área de la curva elastoplástica bilineal. Como se ilustra en la siguiente figura:

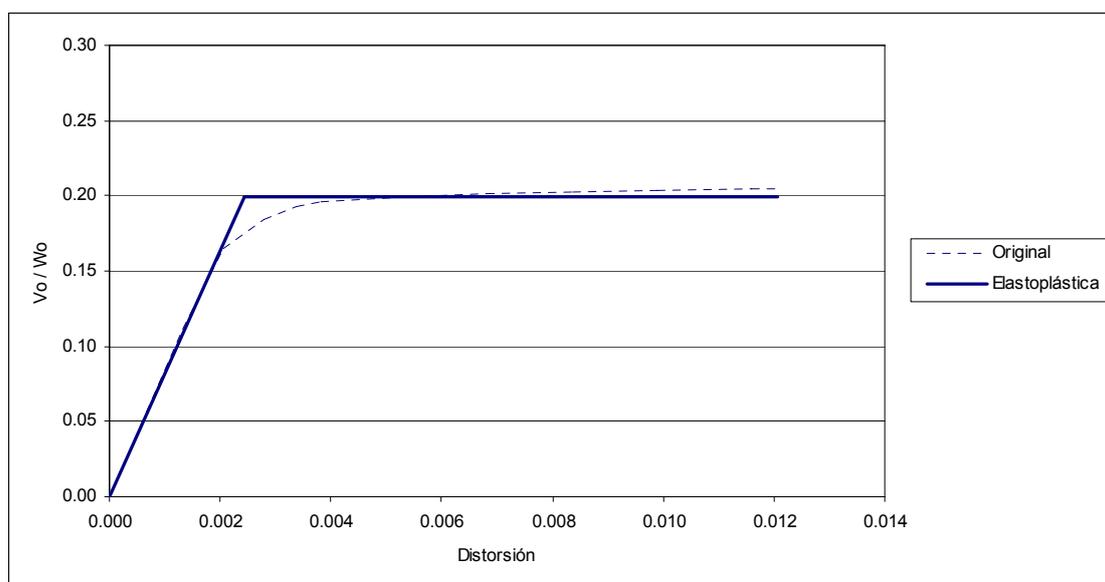


Figura 4.1. Curva de capacidad simplificada.

Distorsión – cociente del desplazamiento lateral del nivel más alto de la estructura con respecto a su base entre la distancia de esos dos puntos.

V_o / W_o - coeficiente de cortante basal.

La siguiente tabla muestra el área bajo cada una de las curvas de la figura anterior. Encontrando una aproximación satisfactoria del 99.69% entre la curva original y la curva elastoplástica (equivalente).

CURVA	AREA	APROXIMACION
Original	0.002159	99.69 %
Elastoplástica	0.002153	

Tabla 4.1. Áreas bajo la curva de capacidad original y la curva de capacidad elastoplástica equivalente.

Una vez obtenida la curva de capacidad equivalente, se grafican 4 casos por modelo, más el coeficiente sísmico que marca el reglamento (c/Q), como se muestra en la Figura 2. También se indican dos puntos en la gráfica, que muestran el comportamiento de la estructura en ese momento (puntos 1 y 2):

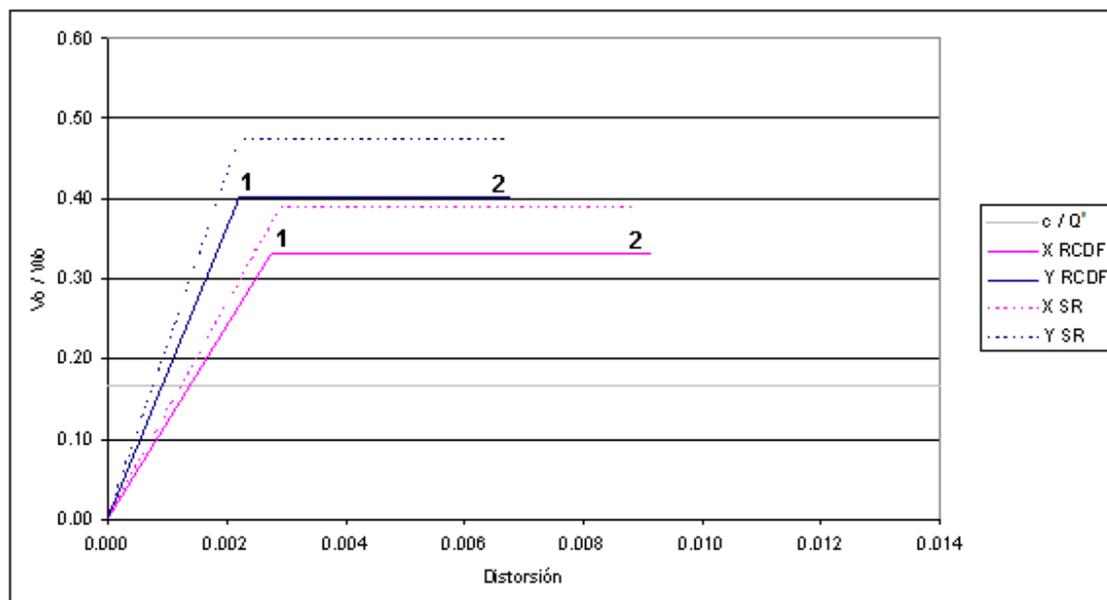
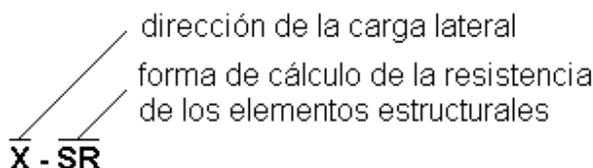


Figura 4.2. Curva de capacidad simplificada mostrando el coeficiente sísmico y 4 casos de análisis por estructura. Puntos de control (1, 2)

Cada caso en la gráfica representa una curva de capacidad de la estructura, dependiendo de la dirección de la carga aplicada y de la hipótesis hecha para determinar la resistencia de los elementos estructurales utilizados en el análisis. De esta manera se propone la siguiente nomenclatura para representar cada una de las curvas que se obtienen del análisis inelástico:



X RCDF – la carga lateral se aplica únicamente en la dirección al eje “x”. La resistencia de los elementos estructurales está dada por las ecuaciones del RCDF sin factores de reducción de resistencia a flexión ($F_R=0.9$) y cortante ($F_R=0.8$).

Y RCDF – la carga lateral se aplica únicamente en la dirección al eje “y”. La resistencia de los elementos estructurales está dada por las ecuaciones del RCDF sin factores de reducción de resistencia a flexión y cortante.

X SR – la carga lateral se aplica únicamente en la dirección al eje “x”. La resistencia de los elementos estructurales está dada por las ecuaciones del RCDF sin factores de reducción de resistencia a flexión y cortante, aumentando la resistencia de compresión del concreto en 30% y el esfuerzo de fluencia del acero en 20%.

Y SR – la carga lateral se aplica únicamente en la dirección al eje “y”. La resistencia de los elementos estructurales está dada por las ecuaciones del RCDF sin factores de

reducción de resistencia a flexión y cortante, aumentando la resistencia de compresión del concreto en 30% y el esfuerzo de fluencia del acero en 20%.

c / Q' – coeficiente sísmico del RCDF (c) dividido por el factor de reducción de fuerzas sísmicas (Q').

Durante la trayectoria de la curva de capacidad, la estructura empieza a sufrir una serie de cambios en las propiedades de los elementos estructurales debido al incremento de la carga lateral que actúa sobre ella. Para medir estos cambios se marcan dos puntos de control. Por simplicidad únicamente se monitorean las curvas con nomenclatura X RCDF y Y RCDF en todos los casos. De esta manera se conoce el comportamiento de los elementos estructurales de la estructura en el momento del cambio de pendiente y al final de la curva de capacidad. Estos puntos de control representan:

PUNTO	CONCEPTO
1	Inicio de la fluencia de la estructura.
2	Formación de articulaciones antes del colapso de la estructura.

Para cada caso se presentará de manera gráfica la formación de articulaciones que se forman en cada uno de los puntos de control, los cuales son graficados con un color diferente dependiendo del valor de rotación que presenta la sección de un elemento estructural. Esta representación gráfica de articulaciones se muestra únicamente en los marcos de fachada de cada modelo. La siguiente figura es un ejemplo de cómo se muestra la rotación de los elementos estructurales en un modelo de 15 niveles con una geometría de planta igual a la que se propone en este estudio (ver subcapítulo 3.1):

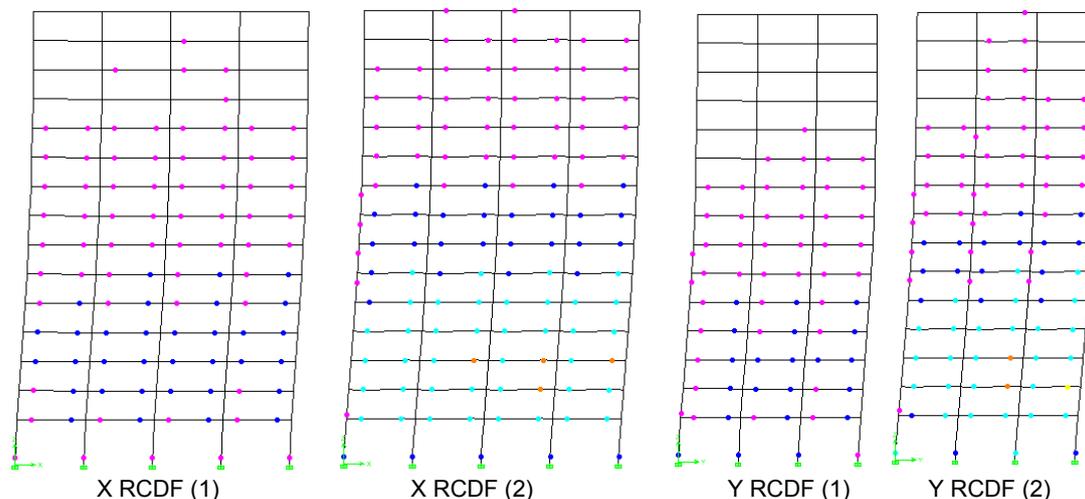


Figura 4.3. Ejemplo de formación de articulaciones en la estructura. De izquierda a derecha: fluencia en el marco del eje 1 (punto de control 1 en la curva X RCDF); antes del colapso en el marco del eje 1 (punto de control 2 en la curva X RCDF), fluencia en el marco del eje A (punto de control 1 en la curva Y RCDF), antes del colapso en el marco del eje A (punto de control 2 en la curva Y RCDF).

4. PARAMETROS PARA LA INTERPRETACION DE LAS RESPUESTAS INELASTICAS

En la siguiente tabla se muestran los valores de rotación en cada una de las articulaciones plásticas mostradas en la figura anterior. Unidades en radianes.

VIGAS		COLUMNAS	
	0.000 - 0.010		0.000 - 0.005
	0.010 - 0.020		0.005 - 0.015
	0.020 - 0.025		0.015 - 0.020
	0.025 - 0.030		0.020 - 0.022
	0.030 - 0.035		0.022 - 0.025
	0.035 - 0.040		0.025 - 0.027
	0.040 - 0.050		0.027 - 0.030

Tabla 4.2. Rotación en articulaciones de vigas y columnas. Unidades en radianes.

5. RESULTADOS

En este capítulo se comentan las respuestas de cada uno de los edificios analizados, comparando principalmente los resultados inelásticos que muestran la ductilidad y resistencia de cada sistema estructural.

Se comentarán los resultados por familia de edificios, entendiendo por familia a los edificios que tienen el mismo número de niveles. Se tienen 3 familias: Edificios de 15 niveles, Edificios de 25 niveles y Edificios de 40 niveles.

5.1. EDIFICIOS DE 15 NIVELES

M - 15₃₀₀₋₃₀₀

Descripción del edificio

La nomenclatura de este edificio de 15 niveles (52.8m) nos indica que es un sistema estructural de marcos dúctiles con vigas y columnas de entrepiso que presentan la misma sección por nivel.

300 – 300 indica que tanto las vigas como las columnas son de un concreto con un esfuerzo a la compresión de 300 kg/cm².

Espectro de diseño

El espectro utilizado en este modelo es el del cuerpo principal de las NTC para Diseño por Sismo del RCDF, en la zona IIIb, con un factor de irregularidad 1.0 de acuerdo a las propiedades de la estructura y un factor de comportamiento sísmico 4.0 (Q) con respecto al sistema estructural. El espectro utilizado se muestra en la Figura 5.1.

Al aplicar el espectro de aceleraciones en dirección al eje X, se encontró que el cortante basal no cumple con la relación $V_o \geq 0.8a \frac{W_o}{Q}$ (sección 9.3 de las NTC para Diseño por Sismo), de modo que se incrementó la aceleración espectral en 2% para el análisis de la estructura en esta dirección.

Propiedades dinámicas de la estructura

Únicamente se presentan los periodos y masas de la estructura en cuestión.

MODO	PERIODO (seg)	MASA MODAL (%)	
		X	Y
1	1.548	77.83	0.00
2	1.461	0.00	78.35
3	1.293	0.00	0.00
Σ masas =		96.29	96.56

Tabla 5.1. Masas modales y periodos

Análisis y diseño elástico

En la gráfica de distorsiones de entrepiso (Figura 5.2), se observa que los entrepisos que presentan una mayor distorsión son los comprendidos del nivel 1 al nivel 9, para ambas direcciones.

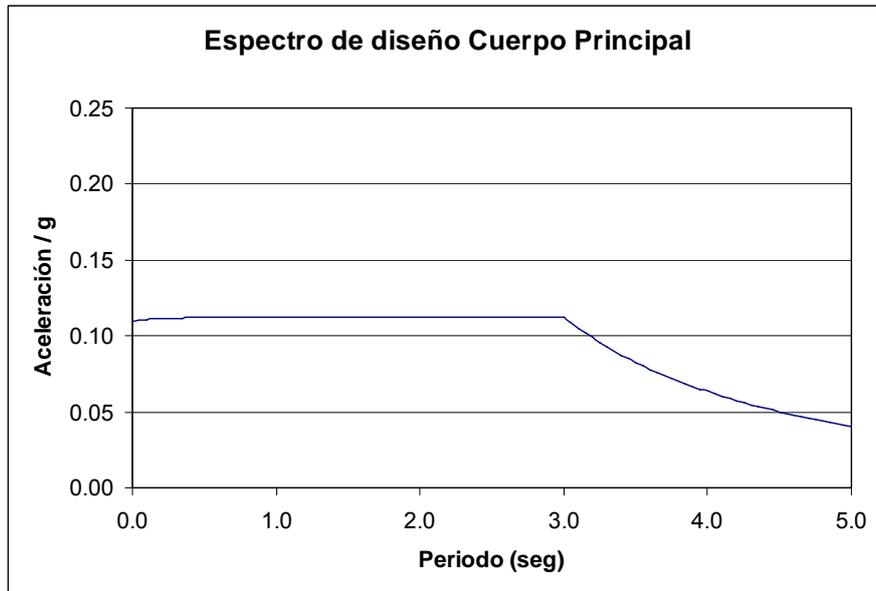


Figura 5.1. Espectro de diseño del cuerpo principal.

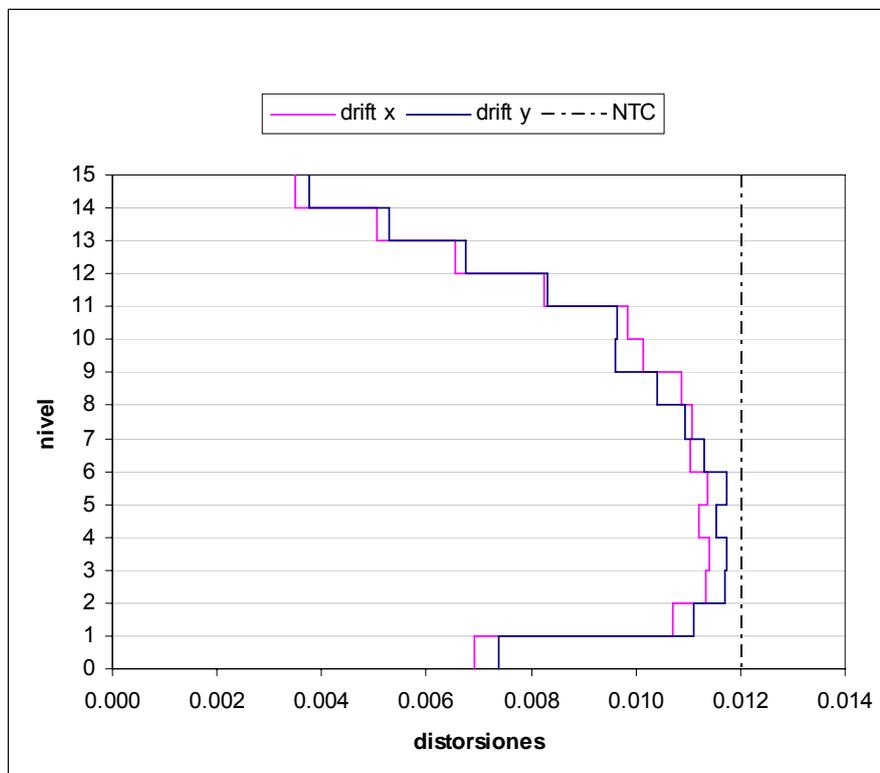


Figura 5.2. Distorsiones de entrepiso.

Para facilitar la lectura de los resultados se presenta la tabla 5.3. como un resumen de las respuestas elásticas obtenidas hasta el momento:

parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Vo ton	Wo ton	c Vo/Wo	c c/Q'	Max Drift	Max Drift	Q
M - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	1.55	X	1423	12980	0.1096	0.1148	0.0114	0.012	4
		Y	1403	12980	0.1081	0.1125	0.0117	0.012	4

Tabla 5.3. Resumen de las propiedades del edificio.

Esta tabla expresa numéricamente lo que ocurre en la gráfica donde se exponen las distorsiones de entrepiso, la cual nos muestra que el desplazamiento de entrepiso máximo de la estructura se encuentra en el sentido de las Y sin pasar el límite de 0.012 expresado en el reglamento. Comprobando que los desplazamientos de entrepiso y el cortante basal queda dentro de lo establecido en el reglamento de construcción, se procede al diseño de los elementos estructurales.

El detalle del refuerzo de los elementos estructurales se encuentra en el Apéndice A. Aquí se presenta un resumen de la cantidad de materiales utilizados en el edificio, con la finalidad de comparar estos resultados con lo demás edificios de esta familia, ya que el volumen de material representa una estimación del costo.

PESO				MATERIAL / m ²	
Wcon ton	Wacero ton	acer/con %	área m ²	Vol.con/area m ³ /m ²	Wacero/area kg/m ²
5,468	571	10.4	10,080	0.25	56.68

Tabla 5.4. Cantidad de material en el edificio.

Análisis inelástico

Una vez diseñado cada uno de los elementos estructurales, para lo cual el criterio para homogeneizar el acero de refuerzo fue que los elementos mecánicos máximos de dos elementos estructurales de la misma sección no difiera más del 20%, se procede al análisis no lineal asignando a los elementos estructurales el modelo de esfuerzo deformación propuesto por el FEMA-356 en los puntos donde se formarán articulaciones plásticas.

Con las especificaciones para la formación de articulaciones plásticas asignadas en cada uno de los elementos estructurales, comienza el análisis de empuje lateral o pushover; con una fuerza lateral aplicada a la estructura de una magnitud tal que cada uno de los elementos que la forman empiezan a sufrir deformaciones; esta aplicación de fuerza incrementa hasta que uno de los elementos rebasa el límite elástico, comienza a comportarse de manera diferente y finalmente falla. Es decir, en la gráfica esfuerzo deformación propuesta por el FEMA-356, cambia la pendiente de la curva. De esta

manera la matriz de rigidez de la estructura cambia y la fuerza aplicada se distribuye en sus nudos.

Una vez terminada esta distribución de fuerzas y arreglo de la matriz de rigidez, se vuelve a cargar la estructura con una carga lateral mayor hasta que suceda otra redistribución de fuerzas y arreglo en la matriz de rigidez, de tal manera que llegue el momento del colapso de la estructura.

La serie de pasos que se describió anteriormente se puede expresar de manera gráfica en una curva de pushover o una curva de capacidad de la estructura. La cual se muestra a continuación:

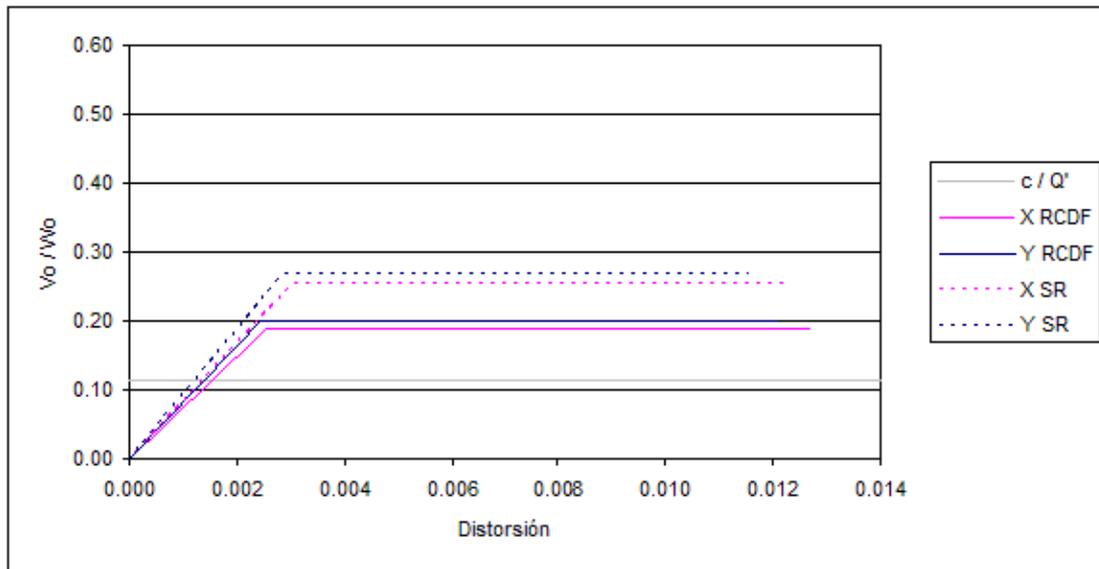


Figura 5.3. Curva de capacidad.

Distorsión – cociente del desplazamiento lateral del nivel más alto de la estructura con respecto a su base entre la altura total de la estructura.

V_o / W_o - coeficiente de cortante basal.

Principalmente, la Figura 5.3. muestra la rigidez y ductilidad del sistema para cada uno de los casos a analizar. También podemos destacar el punto de fluencia, el coeficiente de cortante basal y la ductilidad del sistema para cada caso. Cómo se expresa en la tabla 5.5.:

■ parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Caso	c Vo/Wo	Drift Fluencia	Max Drift	Vo ton	μ	Q
M - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	1.55	X	X RCDF	0.19	0.0026	0.0127	2424	4.96	4
			X SR	0.25	0.0031	0.0123	3287	4.02	
		Y	Y RCDF	0.20	0.0025	0.0121	2581	4.92	4
			Y SR	0.27	0.0029	0.0115	3471	4.00	

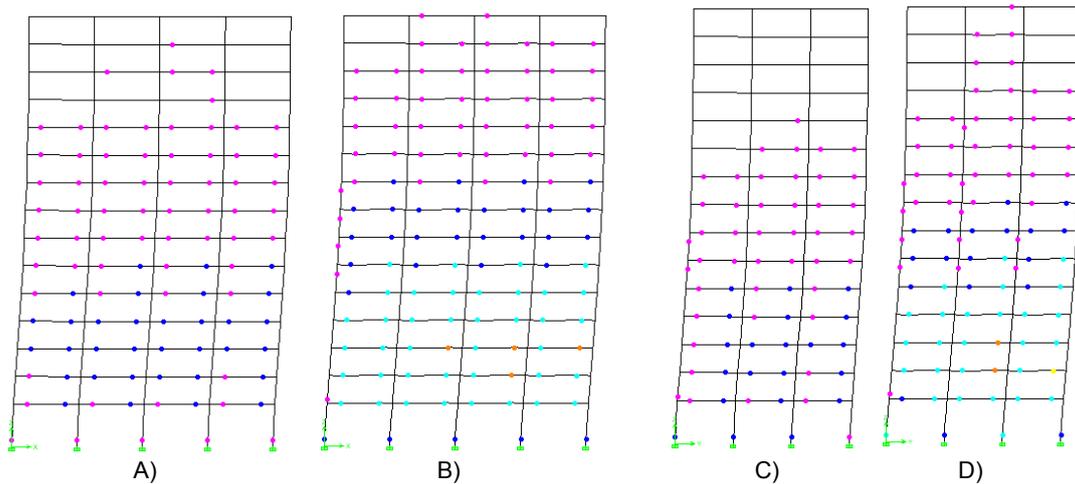
Tabla 5.5 Propiedades inelásticas del edificio.

Resulta interesante comentar los números correspondientes al coeficiente sísmico ($c=V_0/W_0$) y a la ductilidad (μ). El coeficiente de cortante basal que corresponde a los casos X RCDF y Y RCDF resulta en promedio 72% mayor que el especificado por las normas correspondientes (c/Q'), mientras que los casos donde interviene la sobre resistencia nominal de los materiales, el coeficiente de cortante basal se incrementa en promedio a 130%.

Las diferencias del coeficiente de cortante basal con y sin tomar en cuenta la sobre resistencia de los materiales es de 31 y 35%, en el sentido X y Y respectivamente, lo cual es mayor que el porcentaje de sobre resistencia utilizado de 30% para concreto y 20% para acero. Esto se debe a que en el análisis se modificó el módulo de elasticidad que está directamente ligado a la resistencia de compresión del concreto.

En cuanto a la ductilidad del sistema, los casos de sobre resistencia presentan un valor menor a los casos del RCDF. Este resultado está ligado al coeficiente de cortante basal, lo cual nos indica que mientras más resistente/más rígida sea una estructura tendrá menor capacidad de disipar energía a través de la deformación de sus elementos.

Para saber qué ocurre en los elementos estructurales durante el análisis inelástico, se monitorean las articulaciones plásticas que se forman en los elementos de fachada.



Formación de articulaciones en los marcos: A) formación de articulaciones al momento de fluencia en el marco 1, B) antes del colapso en el marco 1, C) fluencia en el marco A, D) antes del colapso en el marco A.

VIGAS	COLUMNAS
■ 0.000 - 0.010	■ 0.000 - 0.005
■ 0.010 - 0.020	■ 0.005 - 0.015
■ 0.020 - 0.025	■ 0.015 - 0.020
■ 0.025 - 0.030	■ 0.020 - 0.022
■ 0.030 - 0.035	■ 0.022 - 0.025
■ 0.035 - 0.040	■ 0.025 - 0.027
■ 0.040 - 0.050	■ 0.027 - 0.030

Para el factor de ductilidad que se utilizó en este sistema ($Q=4$), la formación de articulaciones es adecuada, ya que las vigas se empiezan a articular gradualmente hasta que colapsa la estructura, mientras que todas las columnas permanecen en el rango elástico. Esta formación de articulaciones adecuada se describe en la tabla anterior al observar que la ductilidad es igual ó superior que la establecida en el RCDF.

Tabla 5.6. Rotación en articulaciones de vigas y columnas. Unidades en radianes.

También se observa la relación de la formación de articulaciones con la gráfica de las distorsiones de entrepiso, donde las articulaciones que muestran los valores más altos de rotación se encuentran en el primer tercio de la altura del edificio la igual que los mayores valores de distorsiones de entrepiso.

Estos resultados indican que el sistema estructural M para edificios de características similares a las de este estudio y de alturas medianas (50m), tiene un comportamiento adecuado.

MF-15₃₀₀₋₃₀₀

Descripción del edificio

Este edificio de 15 niveles (52.8m) se estructura con columnas y vigas de fachada de una sección mayor a las del resto de la estructura, con la finalidad de que las fachadas resistan la mayor parte de las acciones sísmicas mientras que el resto de los elementos estructurales aporten resistencia ante las cargas de gravedad. Esta estructuración permite una altura libre mayor de entrepiso para optar por el uso de falsos plafones para el paso de instalaciones eléctricas, sanitarias, de ventilación, etc. Este sistema es modelado con un concreto de 300 kg/cm^2 para vigas y columnas en todos los niveles

Espectro de diseño

El espectro utilizado en este modelo es el del cuerpo principal de las NTC para Diseño por Sismo del RCDF, en la zona IIIb, con un factor de irregularidad 1.0 de acuerdo a las propiedades de la estructura y un factor de comportamiento sísmico 4.0 (Q) con respecto al sistema estructural. El espectro utilizado se muestra a continuación:

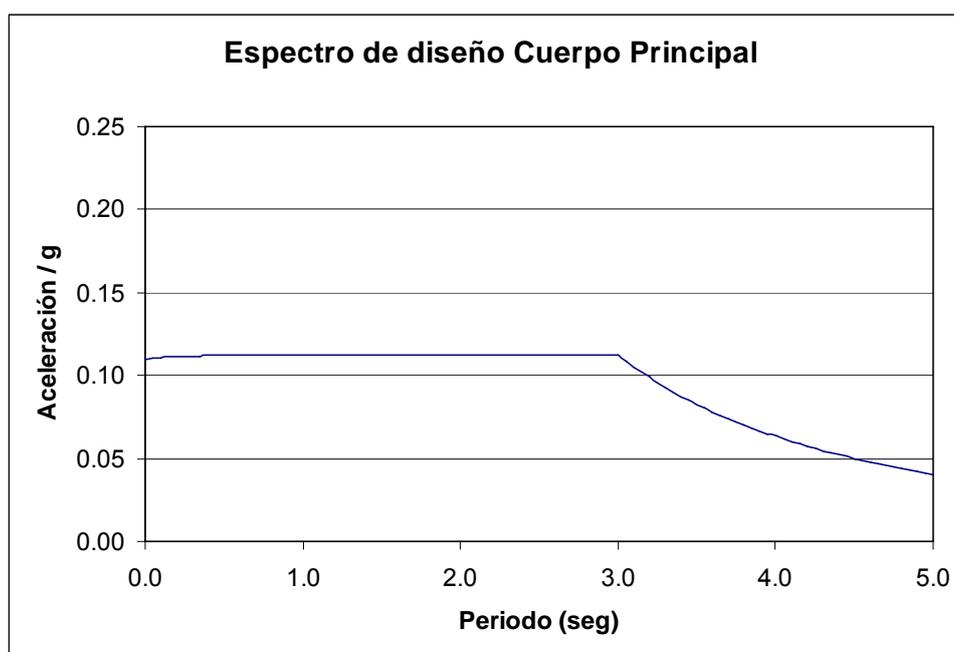


Figura 5.4. Espectro de diseño del cuerpo principal.

Al aplicar el espectro de aceleraciones en dirección al eje X y Y, se encontró que el cortante basal no cumple con la relación $V_o \geq 0.8a \frac{W_o}{Q'}$ (sección 9.3 de las NTC para Diseño por Sismo) en ambas direcciones, de modo que se incrementó la aceleración espectral en 3% en la dirección X y 2% en la dirección Y para el análisis de la estructura. A continuación se muestran las respuestas elásticas de este edificio.

Propiedades dinámicas de la estructura

Únicamente se presentan los periodos y masas de la estructura en cuestión.

MODO	PERIODO (seg)	MASA MODAL (%)	
		X	Y
1	1.610	77.23	0.00
2	1.513	0.00	76.82
3	1.113	0.00	0.00
Σ masas =		96.04	96.24

Tabla 5.7. Masas modales y periodos.

Análisis y diseño elástico

La gráfica muestra que los marcos en la dirección X tienen menos rigidez que los marcos en dirección Y, detalle que se muestra en las secciones de los elementos descritos en el Apéndice B, al igual que el acero de refuerzo en estos elementos.

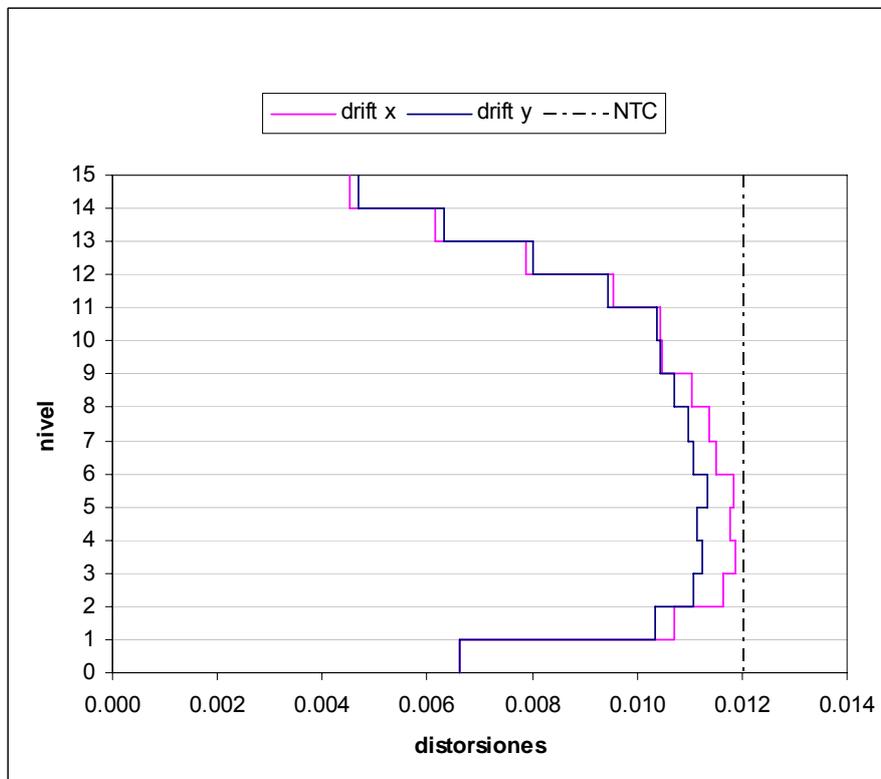


Figura 5.5. Distorsiones de entrepiso.

Para facilitar la lectura de los resultados se presenta una tabla con un resumen de las respuestas elásticas obtenidas hasta el momento:

parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Vo ton	Wo ton	c Vo/Wo	c c/Q'	Max Drift	Max Drift	Q
MF - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	1.61	X	1458	13308	0.1095	0.1159	0.0119	0.012	4
		Y	1438	13308	0.1081	0.1148	0.0113	0.012	4

Tabla 5.8. Resumen de las propiedades del edificio.

Se identifica de forma numérica que el desplazamiento máximo del sistema se encuentra sobre el eje X, quedando dentro de los parámetros del reglamento.

Ya que los desplazamientos están dentro del rango permitido por el reglamento, se procede al diseño de los elementos estructurales del sistema los cuales se encuentran detallados en el Apéndice B.

La tabla 5.9. muestra un resumen de la cantidad de materiales a utilizar para la estructuración de este edificio:

PESO				MATERIAL / m ²	
Wcon ton	Wacero ton	acer/con %	área m ²	Vol.con/area m ³ /m ²	Wacero/area kg/m ²
5,593	646	11.6	10,080	0.25	64.10

Tabla 5.9. Cantidad de material en el edificio.

Análisis inelástico

Una vez diseñado cada uno de los elementos estructurales, se procede al análisis inelástico utilizando los parámetros del FEMA-356 expuestos en el capítulo 4. La respuesta inelástica del sistema se muestra en la curva de capacidad de la Figura 5.6. Esta gráfica muestra la rigidez y ductilidad del sistema para cada uno de los casos a analizar. También podemos analizar el punto de fluencia, el coeficiente de cortante basal y la ductilidad del sistema para cada caso. Cómo se resume en la siguiente tabla:

parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Caso	c Vo/Wo	Drift Fluencia	Max Drift	Vo ton	μ	Q
MF - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	1.61	X	X RCDF	0.18	0.0028	0.0133	2458	4.77	4
			X SR	0.25	0.0032	0.0131	3317	4.07	
		Y	Y RCDF	0.20	0.0027	0.0122	2685	4.56	4
			Y SR	0.27	0.0031	0.0118	3625	3.78	

Tabla 5.10. Propiedades inelásticas del edificio.

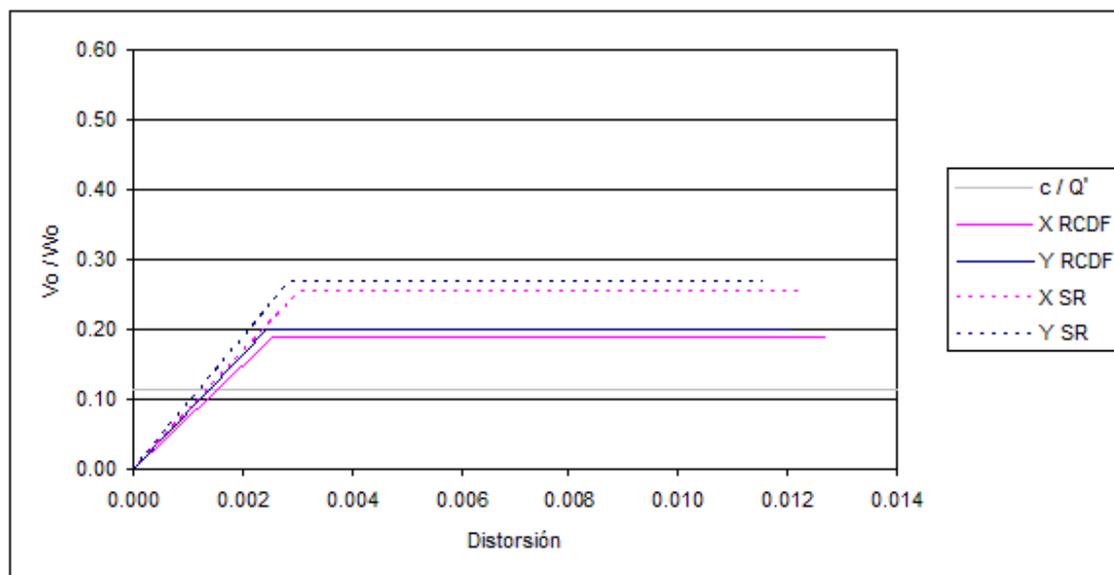


Figura 5.6. Curva de capacidad.

Distorsión – cociente del desplazamiento lateral del nivel más alto de la estructura con respecto a su base entre la altura total de la estructura.

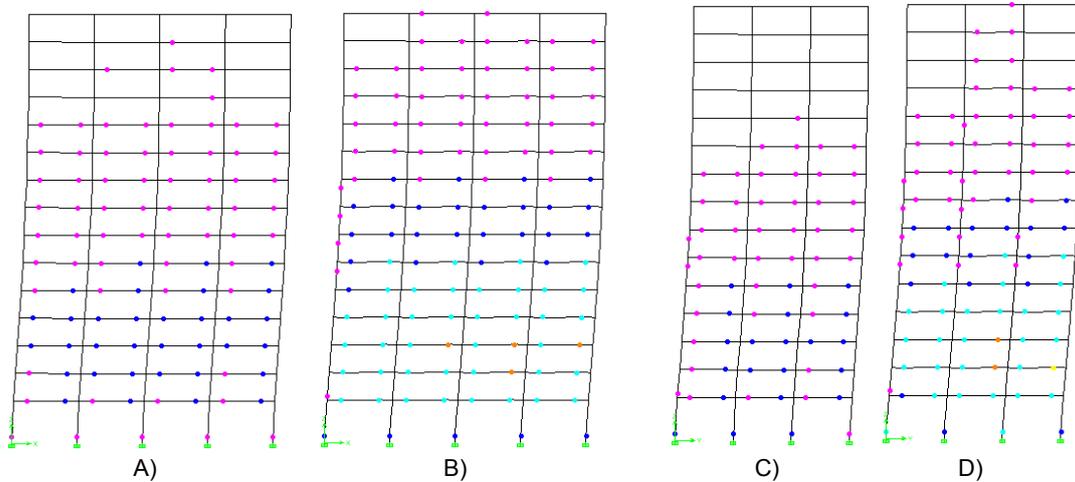
V_o / W_o - coeficiente de cortante basal.

En la tabla 5.10. que muestra las propiedades de la curva de capacidad, encontramos que los marcos en la dirección Y presentan con un coeficiente de cortante basal mayor que los de la dirección X, evento que era de esperarse desde la respuesta elástica mostrada en la gráfica de distorsiones de entrepiso donde los marcos en dirección al eje X se encuentran próximos al límite de distorsión marcado por el reglamento, mientras que los marcos en el sentido perpendicular se encuentran más alejados de dicho límite. Este edificio presenta una sobre resistencia en comparación al coeficiente sísmico de 65% en los casos del RCDF y 125% en los casos donde interviene la sobre resistencia nominal de los materiales.

Nuevamente se observa la relación que existe entre el coeficiente de cortante basal y la ductilidad del sistema. Cuando el coeficiente de cortante basal aumenta, la ductilidad se ve reducida. Este fenómeno se observa claramente al comparar los dos parámetros (c , μ) en los casos de sobre resistencia nominal de materiales y en los casos que no se considera.

En las figuras A), B), C), y D) siguientes, se observa la formación de articulaciones durante el análisis inelástico en los marcos de fachada. Ya que el análisis se hizo en 3D, se comenta que la mayoría de los elementos estructurales que forman los marcos interiores de este modelo presentaron deformaciones dentro del rango elástico, y sólo unos cuantos llegaron al punto de fluencia.

La formación de articulaciones en los elementos estructurales al momento de fluencia indica el cambio del rango elástico al rango inelástico; es decir, pasan de la recta A-B a la recta C-D de la curva esfuerzo deformación propuesta por el FEMA-356. De forma similar al momento de falla de la estructura, es cuando uno o más elementos estructurales no es capaz de aportar resistencia al sistema; es decir, se encuentra en el punto E de la curva esfuerzo deformación propuesta por el FEMA-356.



Formación de articulaciones en los marcos: A) formación de articulaciones al momento de fluencia en el marco 1, B) antes del colapso en el marco 1, C) fluencia en el marco A, D) antes del colapso en el marco A.

VIGAS		COLUMNAS	
	0.000 - 0.010		0.000 - 0.005
	0.010 - 0.020		0.005 - 0.015
	0.020 - 0.025		0.015 - 0.020
	0.025 - 0.030		0.020 - 0.022
	0.030 - 0.035		0.022 - 0.025
	0.035 - 0.040		0.025 - 0.027
	0.040 - 0.050		0.027 - 0.030

Las figuras anteriores nos ilustran el buen comportamiento del sistema, con la formación de articulaciones en la mayoría de las vigas de fachada y algunas articulaciones en las columnas, las cuales permanecen dentro del rango elástico, hasta el último paso del análisis. Lo que indica una disipación considerable de energía por medio de las deformaciones de los elementos antes del colapso de la estructura.

Tabla 5.11. Rotación en articulaciones de vigas y columnas. Unidades en radianes.

Las vigas que presentan el mayor valor de rotación son las de los niveles inferiores, mismas que se encuentran cercanas al límite del valor de distorsiones establecido por el reglamento, como se mostró en la gráfica de distorsiones de entrepiso.

MFR - 15₃₀₀₋₃₀₀

Descripción del edificio

Como se expuso en capítulo 3, este sistema estructural de 15 niveles (52.8m) incluye una columna al centro del claro en todos los marcos de fachada, dando la sensación de que una estructura tubular está envolviendo al edificio. También cuenta con vigas de fachada de mayor dimensión, de tal manera que los elementos estructurales interiores resulten con geometrías reducidas.

Debido al comportamiento adecuado que hemos tenido en esta familia de edificios sigue la propuesta de resistencia del concreto en vigas y columnas en 300 kg/cm².

Espectro de diseño

El espectro utilizado en este modelo es el del cuerpo principal de las NTC para Diseño por Sismo del RCDF, en la zona IIIb, con un factor de irregularidad 1.0 de acuerdo a las propiedades de la estructura y un factor de comportamiento sísmico 4.0 (Q) con respecto al sistema estructural.

Al introducir el espectro de diseño en el modelo y comenzar con el diseño estructural, encontramos que el haber decidido un factor de comportamiento sísmico igual a 4.0 se presenta dificultad en el diseño de las vigas de fachada, debido a los requisitos de diseño para marcos dúctiles. Esto se identifica en el cortante por capacidad, el cual está asociado al momento resistente del elemento con factor de resistencia unitario y considerando que el acero de refuerzo fluye a $1.25 f_y$, más el cortante estático debido a las cargas gravitacionales multiplicadas por su factor de carga, según lo expresado en la sección 7.2.4.1 de las NTC para el Diseño de Estructuras de Concreto del RCDF. Este requisito para marcos dúctiles representa un aumento de sección considerable para que el elemento resista dicha fuerza cortante, lo cual nos hace incumplir las condiciones geométricas de diseño para miembros en flexión expuestas en la sección 7.2.1 de las mismas normas; el claro libre no debe ser menor que cuatro veces el peralte efectivo.

Una vez considerado el párrafo anterior, se realiza el estudio de este sistema estructural con un factor de comportamiento sísmico igual a 2.0 para no tener que cumplir con los requisitos de marcos dúctiles y diseñar los elementos estructurales como marcos ordinarios. Ya que en este estudio se propone un factor de comportamiento sísmico igual a 4.0 para la comparación de todos los sistemas estructurales en las diferentes alturas propuestas, en los capítulos siguientes no se considera este sistema estructural MFR.

El espectro de diseño para este modelo en la zona IIIb, $Q = 2.0$ y factor de irregularidad igual a 1.0, como se muestra en la Figura 5.7.

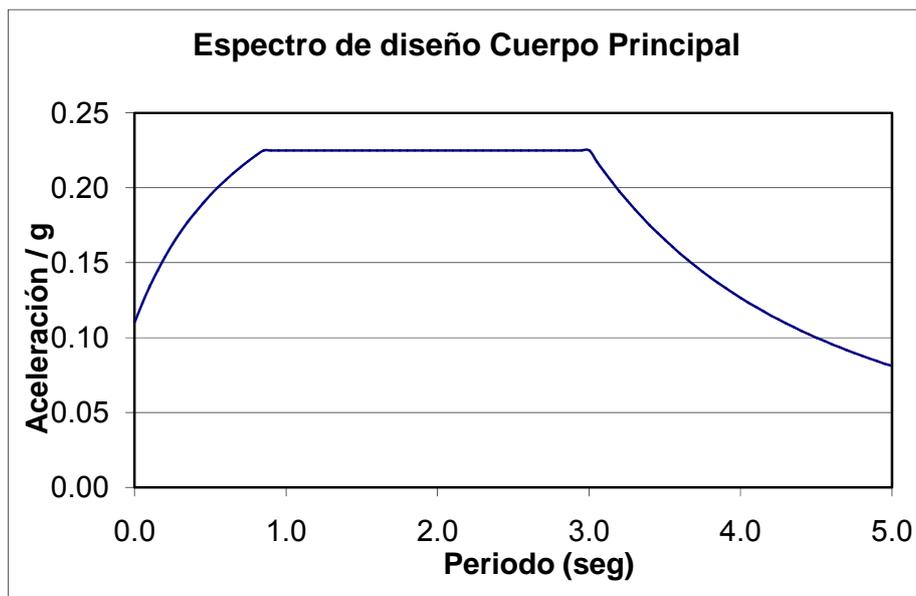


Figura 5.7. Espectro de diseño del cuerpo principal.

Propiedades dinámicas de la estructura

En la siguiente tabla se muestran los periodos y masas de la estructura:

MODO	PERIODO (seg)	MASA MODAL (%)	
		X	Y
1	1.070	75.23	0.00
2	1.048	0.00	74.78
3	0.693	0.00	0.00
Σ masas =		98.04	96.97

Tabla 5.12. Masas modales y periodos.

Análisis y diseño elástico

Para cumplir con los requisitos de cortante basal expresados en la sección 9.3 de las NTC para Diseño por Sismo, se incrementó el espectro de aceleraciones en 7% para la dirección del eje X y 6% para la dirección del eje Y. Este incremento en el espectro de aceleraciones se muestra en la tabla de resumen de respuestas elásticas en la columna correspondiente; coeficiente sísmico (c/Q'), donde originalmente ambas direcciones eran 0.225 ($c/Q'=0.45/2$), y ahora para X es 0.2408, y para Y 0.2385.

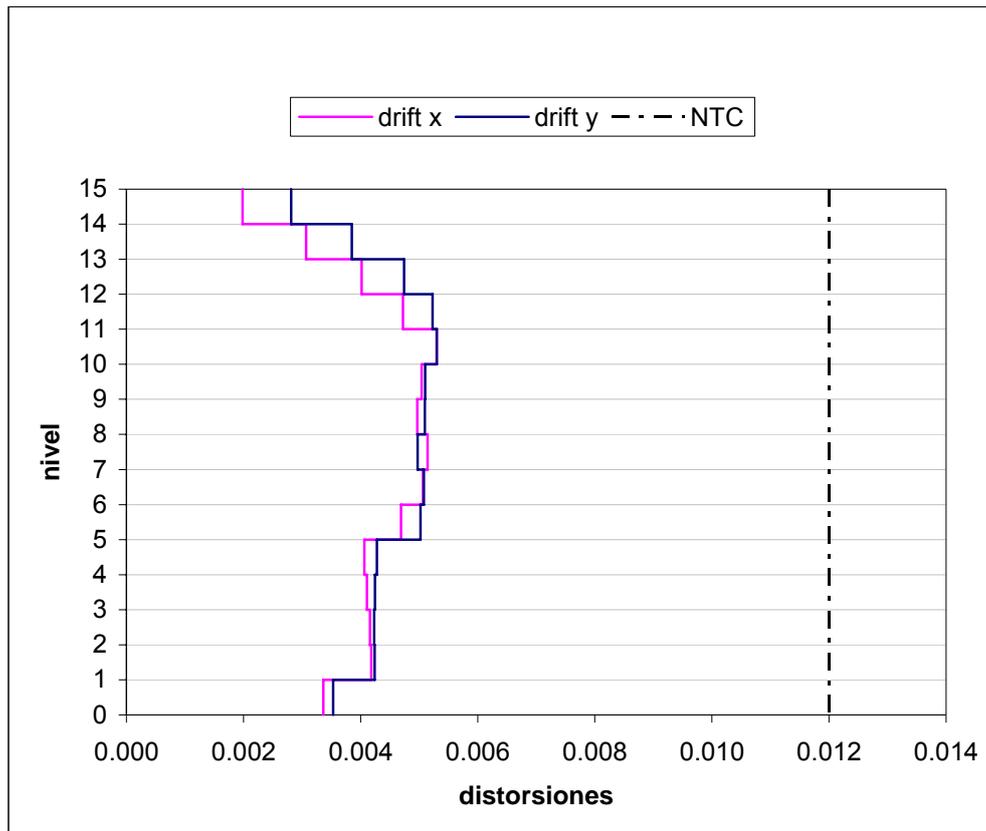


Figura 5.8. Distorsiones de entrepiso.

Esta gráfica muestra claramente que el diseño de la estructura está gobernado por la resistencia y no por los desplazamientos. Esto debido al valor de Q , donde se observa

que si todos los desplazamientos de entrepiso los multiplicamos por 2, nos daría como resultado un $Q = 4$, y las distorsiones de entrepiso quedarían en el límite del reglamento 0.012.

La Figura 5.8. de distorsiones de entrepiso muestra los máximos valores desde el 5° nivel al 12°, lo cual se debe a que los elementos estructurales a partir del 5° nivel empiezan a disminuir de sección, tal como se muestra en el detalle de elementos estructurales del Apéndice C.

En la tabla 5.13. se muestra un resumen de las respuestas elásticas de la estructura:

parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Vo ton	Wo ton	c Vo/Wo	c c/Q'	Max Drift	Max Drift	Q
MFR - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	1.07	X	2920	13774	0.2120	0.2408	0.0053	0.012	2
		Y	2904	13774	0.2108	0.2385	0.0053	0.012	2

Tabla 5.13. Resumen de las propiedades del edificio.

Como se comentó anteriormente, las distorsiones máximas de entrepiso se encuentran por debajo de la mitad del límite expresado por el reglamento, mientras que el cortante basal se encuentra ligeramente por arriba del doble del cortante basal de los edificios de la familia de 15 niveles diseñados con un factor de comportamiento sísmico de 4.

El detalle de refuerzo de los elementos estructurales se encuentra en el Apéndice C, de donde se observan las diferencias entre los armados de este modelo con los armados de los elementos estructurales de los edificios de esta familia, principalmente en la cantidad y separación de los estribos, ya que en el diseño de este edificio se puede incluir la resistencia del concreto para efectos de cortante.

Una vez terminado el diseño estructural, se presenta un resumen de la cantidad de material utilizado en el edificio (únicamente se considera los elementos estructurales):

PESO				MATERIAL / m ²	
Wcon ton	Wacero ton	acer/con %	área m ²	Vol.con/area m ³ /m ²	Wacero/area kg/m ²
6,590	856	13.0	10,080	0.30	84.89

Tabla 5.14. Cantidad de material en el edificio.

Análisis inelástico

Concluido el análisis y diseño elástico de la estructura, se procede al análisis inelástico.

La curva de capacidad que muestra el comportamiento del sistema, Figura 5.9., describe claramente el efecto que produce el diseñar con un factor de comportamiento sísmico de 2.0, donde la rigidez tiene una pendiente mucho mayor en comparación de

los modelos diseñados con $Q=4$ y la distorsión se ve reducida. Lo cual nos indica que el colapso de la estructura ocurrirá poco después de que ésta alcance su punto de fluencia, es decir, la estructura se volverá inestable antes de que las vigas alcancen la rotación máxima en sus articulaciones plásticas, o dicho de otra manera, las articulaciones en vigas no llegarán a plastificarse al momento del colapso del sistema.

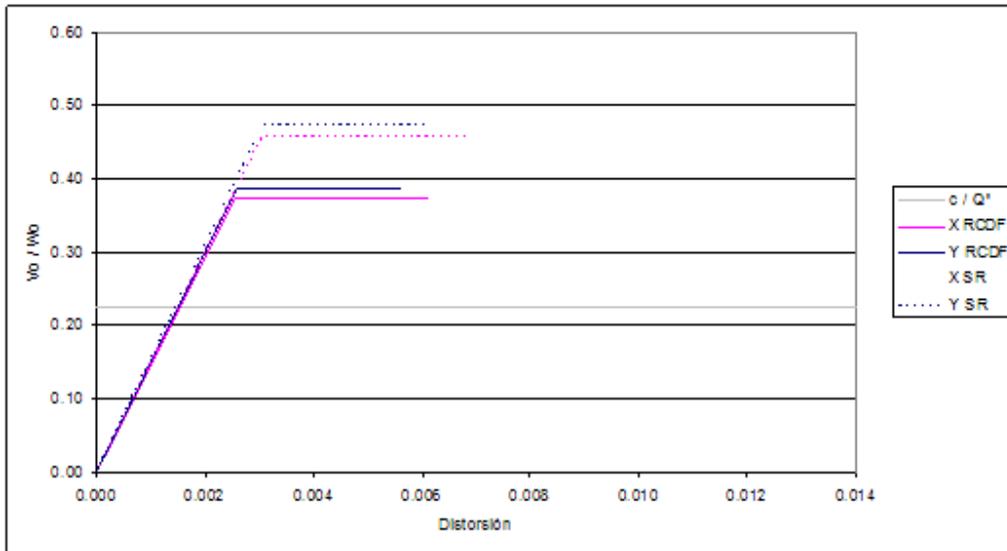


Figura 5.9. Curva de capacidad.

Distorsión – cociente del desplazamiento lateral del nivel más alto de la estructura con respecto a su base entre la altura total de la estructura.

V_o / W_o - coeficiente de cortante basal.

A continuación se presenta un resumen de los puntos en estudio de la curva de capacidad, tabla 5.15.

■ parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Caso	c Vo/Wo	Drift Fluencia	Max Drift	Vo ton	μ	Q
MFR - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	1.07	X	X RCDF	0.37	0.0026	0.0061	5140	2.39	2
			X SR	0.46	0.0031	0.0069	6305	2.27	
		Y	Y RCDF	0.39	0.0026	0.0056	5345	2.19	2
			Y SR	0.47	0.0031	0.0062	6507	2.01	

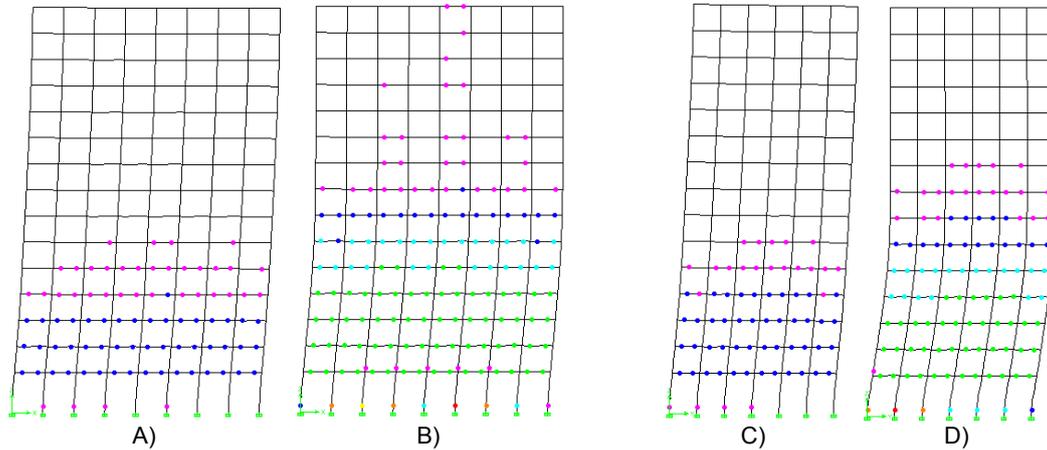
Tabla 5.15. Propiedades inelásticas del edificio.

Numéricamente se observa el incremento del coeficiente sísmico y del cortante basal con respecto a los modelos anteriores, llegando a ser un poco menos del doble.

Se puede observar que en todos los casos analizados en este modelo, la ductilidad del sistema está arriba de dos, lo que indica un buen comportamiento. Se distingue que las curvas X RCDF y X SR superan un 9 y 11% en ductilidad a las curvas Y RCDF y Y SR

respectivamente, debido a que los marcos del eje Y tienen secciones de mayor dimensión, lo que representa mayor resistencia y menor ductilidad.

Para entender mejor este comportamiento, se muestra a continuación la formación de articulaciones en los miembros estructurales:



Formación de articulaciones en los marcos: A) formación de articulaciones al momento de fluencia en el marco 1, B) antes del colapso en el marco 1, C) fluencia en el marco A, D) antes del colapso en el marco A.

VIGAS		COLUMNAS	
	0.000 - 0.010		0.000 - 0.005
	0.010 - 0.020		0.005 - 0.015
	0.020 - 0.025		0.015 - 0.020
	0.025 - 0.030		0.020 - 0.022
	0.030 - 0.035		0.022 - 0.025
	0.035 - 0.040		0.025 - 0.027
	0.040 - 0.050		0.027 - 0.030

En los marcos que se muestran, se observa que la formación de articulaciones en las vigas presentan una rotación máxima de 0.022 radianes, que en el FEMA-356 se define como LS (life safety), al instante que la base de las columnas en la planta baja tienen rotaciones máximas de 0.030 radianes, que en el FEMA-356 se define mayor a CP (collapse prevention), lo cual significa que la estructura es inestable y se presenta el colapso.

Tabla 5.16. Rotación en articulaciones de vigas y columnas. Unidades en radianes.

Aunque lo ideal es que se presenten articulaciones máximas en todas las vigas antes del colapso, este es un buen comportamiento debido a que se eligió un factor de comportamiento sísmico $Q = 2$, el cual indica que fallarán primero las columnas que las vigas de acuerdo a los criterios de diseño del RCDF para este valor, tal como se mostró en la figura anterior.

5.2. EDIFICIOS DE 25 NIVELES

Este apartado comenta la respuesta y comportamiento de los edificios de 25 niveles, así como las modificaciones en cada uno de los modelos de acuerdo a los resultados que se obtienen. Recordando del apartado anterior, edificios de 15 niveles, que el sistema estructural MFR ya no se utilizará para los siguientes cálculos por considerarlo antieconómico.

M - 25₃₀₀₋₃₀₀

Descripción del edificio

Este modelo estructural de 25 niveles (86.8 m), propone un sistema a base marcos dúctiles en el que las vigas de entrepiso cuentan con la misma sección de igual manera que las columnas. Donde cada uno de los marcos participa en la resistencia de las fuerzas sísmicas.

La resistencia del concreto para vigas y columnas es la misma, 300 de kg/cm^2 .

Espectro de diseño

El espectro utilizado en este modelo es del cuerpo principal de las NTC para Diseño por Sismo del RCDF, en la zona IIIb, con un factor de irregularidad 0.9 debido a la relación de altura con su lado más corto de la base, y un factor de comportamiento sísmico 4.0 (Q) de acuerdo a su sistema estructural. El espectro utilizado se muestra a continuación en l Figura 5.10.:

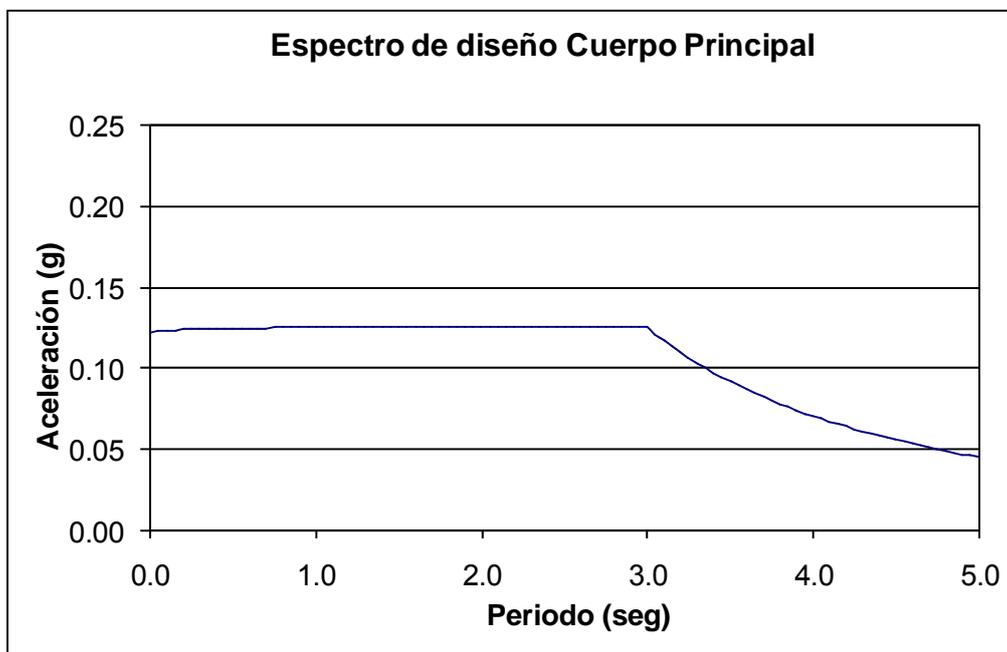


Figura 5.10. Espectro de diseño del cuerpo principal.

Las aceleraciones espectrales de este espectro se incrementaron 8% para cada una de las direcciones del modelo (X y Y), cumpliendo con los requisitos de cortante basal expresados en la sección 9.3 de las NTC para Diseño por Sismo del RCDF

$$\left(V_o \geq 0.8a \frac{W_o}{Q'} \right).$$

Propiedades dinámicas de la estructura

A continuación se muestra tabla 5.17. con los periodos y masas de la estructura:

MODO	PERIODO (seg)	MASA MODAL (%)	
		X	Y
1	1.987	73.59	0.00
2	1.870	0.00	72.92
3	1.554	0.00	0.00
Σ masas =		94.11	94.42

Tabla 5.17. Masas modales y periodos.

Análisis y diseño elástico

En la siguiente gráfica se muestran las distorsiones de entrepiso. Podemos observar que los valores de los desplazamientos quedan dentro del límite de tolerancia expuesto en el reglamento. En los niveles inferiores se presentan los máximos desplazamientos

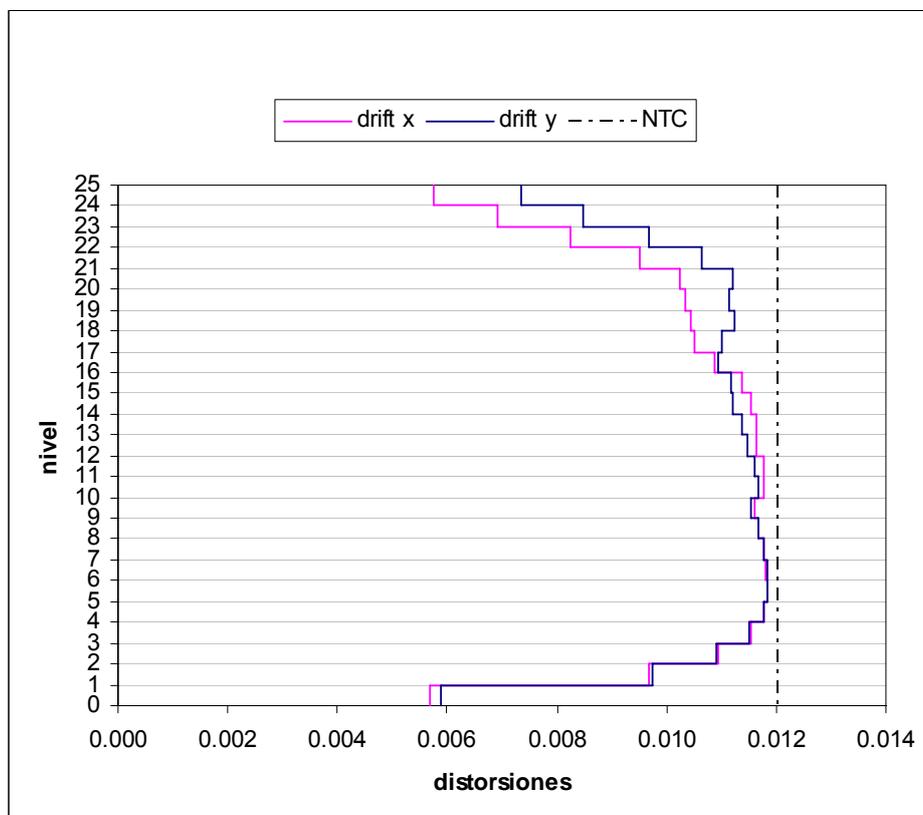


Figura 5.11. Distorsiones de entrepiso.

en las dos direcciones de los marcos, mientras que en los niveles superiores existe mayor diferencia entre ellos, esto se debe a que en las vigas de los últimos niveles existe mayor diferencia en cuanto a las dimensiones de sus secciones. Como se muestra en el apéndice D.

Una vez que los desplazamientos del edificio cumplen con los requisitos del código, se elabora la tabla 5.18. con los datos resumidos de la respuesta de la estructura, acompañado de los parámetros que marca el RCDF:

parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Vo ton	Wo ton	c Vo/Wo	c c/Q'	Max Drift	Max Drift	Q
M - 25 ₃₀₀₋₃₀₀	1.99	X	3111	28392	0.1096	0.1350	0.0118	0.012	4
		Y	3092	28392	0.1089	0.1350	0.0119	0.012	4

Tabla 5.18. Resumen de las propiedades del edificio.

Los datos expresados en la tabla 5.18. están relacionados con la gráfica de distorsiones de entrepiso, encontrando la cercanía de los valores del cortante basal (V_o) de la dirección X y la dirección Y, que son prácticamente iguales ($3,111 \cong 3,092$ respectivamente), como en la gráfica de distorsiones de entrepiso los valores máximos de las dos direcciones X y Y ($0.0118 \cong 0.0119$ respectivamente), que se muestra en el traslape de las curvas desde el nivel 4 al nivel 9.

Concluido el análisis elástico, el modelo se diseña con el programa RCBuilding versión 6.2. Los detalles de refuerzo y geométricos de cada uno de los elementos estructurales se encuentran en el apéndice D. La tabla 5.19. muestra un resumen de la cantidad de materiales utilizados en el edificio:

PESO				MATERIAL / m ²	
Wcon ton	Wacero ton	acer/con %	área m ²	Vol.con/area m ³ /m ²	Wacero/area kg/m ²
15,690	1562	10.0	16,800	0.42	92.99

Tabla 5.19. Cantidad de material en el edificio.

Esta tabla es importante porque nos da una idea general del costo de los elementos estructurales de la obra.

Análisis inelástico

Una vez concluido el diseño estructural de nuestro edificio, es posible iniciar el análisis inelástico. Ya que el procedimiento del análisis estático no lineal en este estudio se realiza asignando puntos de control en los elementos estructurales para determinar la deformación de los mismos al momento que se incrementa la carga lateral en la estructura, obteniendo el comportamiento ($V_o-\delta$) global del sistema.

La Figura 5.12. muestra el comportamiento global de la estructura ante una fuerza lateral que incrementa su magnitud hasta provocar el colapso del edificio. Se observa que el sistema cuenta con una ductilidad adecuada, ya que a simple vista se encuentra que la relación de la longitud horizontal de la meseta de las curvas es mayor que la longitud horizontal de la curva antes de la meseta. Numéricamente esta relación es de 3.5 a 4.5 veces aproximadamente.

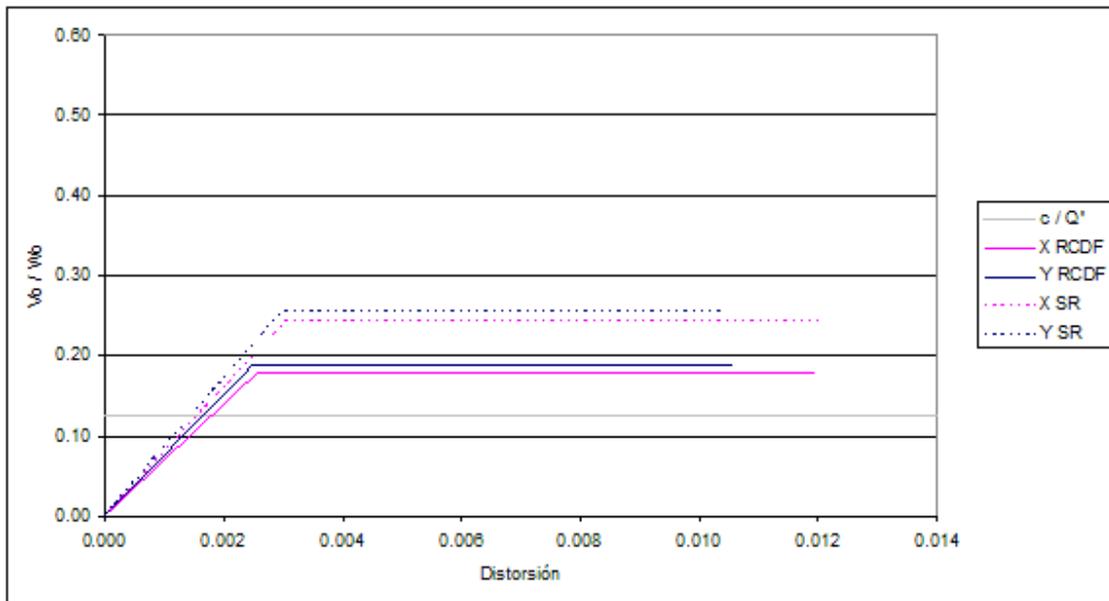


Figura 5.12. Curva de capacidad.

Distorsión – cociente del desplazamiento lateral del nivel más alto de la estructura con respecto a su base entre la altura total de la estructura.

V_o / W_o - coeficiente de cortante basal.

Los valores numéricos de la gráfica anterior, se muestran en la tabla 5.20. como un resumen de la respuesta inelástica del edificio en estudio:

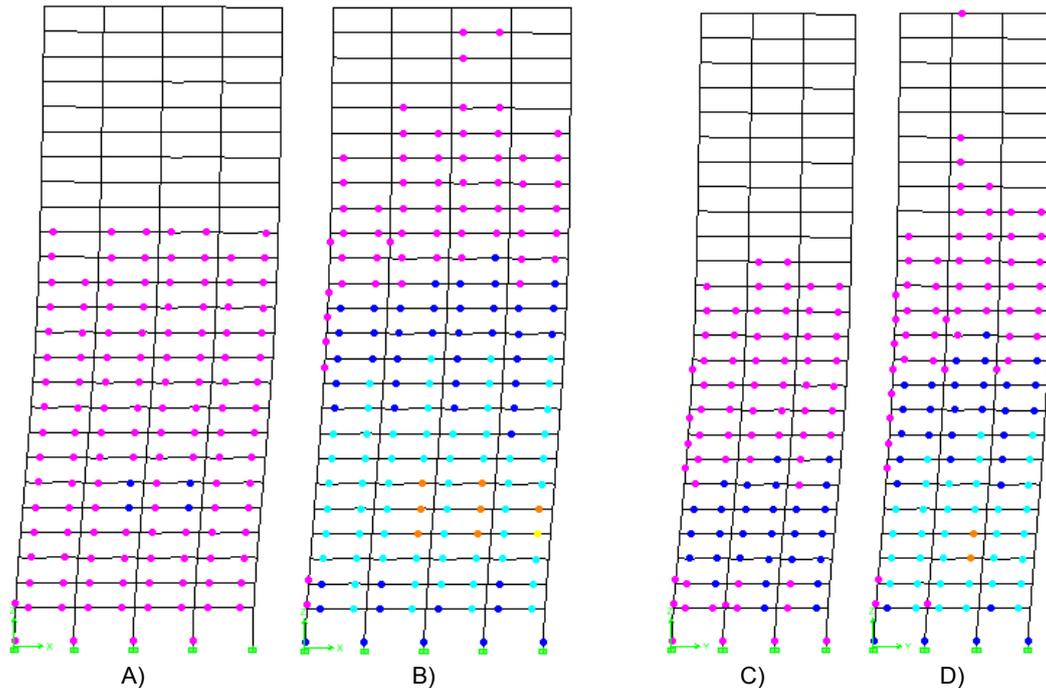
■ parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Caso	c Vo/Wo	Drift Fluencia	Max Drift	Vo ton	μ	Q
M - 25 ₃₀₀₋₃₀₀	1.99	X	X RCDF	0.18	0.0026	0.0119	5056	4.64	4
			X SR	0.24	0.0031	0.0120	6896	3.92	
		Y	Y RCDF	0.19	0.0025	0.0106	5346	4.22	4
			Y SR	0.26	0.0030	0.0103	7245	3.46	

Tabla 5.20. Propiedades inelásticas del edificio.

Comparando el coeficiente de cortante basal para los casos RCDF y SR en ambas direcciones, encontramos que se comportan muy semejantes.

En la comparación de la respuesta de ductilidad de la estructura, encontramos que los marcos en dirección al eje X cuentan con mayor ductilidad que los marcos en dirección al eje Y, esto se debe a que la cuantía de refuerzo de las vigas paralelas al eje X es menor a la cuantía de refuerzo de las vigas paralelas al eje Y, y sabiendo que los elementos horizontales son los que aportan la mayor ductilidad de la estructura, siendo cuatro crujiás en la dirección X y tres crujiás en la dirección Y, se entiende la diferencia de ductilidad para cada una de las direcciones. Este comportamiento se observa en la formación de articulaciones plásticas en las siguientes figuras:



Formación de articulaciones en los marcos: A) formación de articulaciones al momento de fluencia en el marco 1, B) antes del colapso en el marco 1, C) fluencia en el marco A, D) antes del colapso en el marco A.

VIGAS	COLUMNAS
 0.000 - 0.010	 0.000 - 0.005
 0.010 - 0.020	 0.005 - 0.015
 0.020 - 0.025	 0.015 - 0.020
 0.025 - 0.030	 0.020 - 0.022
 0.030 - 0.035	 0.022 - 0.025
 0.035 - 0.040	 0.025 - 0.027
 0.040 - 0.050	 0.027 - 0.030

Tabla 5.21. Rotación en articulaciones de vigas y columnas. Unidades en radianes.

La diferencia en la ductilidad comentada en el párrafo anterior, se entiende visualmente con la formación de articulaciones observada en los marcos en dirección al eje X (marco 1) y en dirección al eje Y (marco A) antes del colapso de la estructura. Para el eje X se tienen articulaciones con rotaciones de 0.015 a 0.020 radianes (color azul cielo) hasta el nivel 11, mientras que para el eje Y las articulaciones que se encuentran en los mismos intervalos de rotación se presentan hasta el nivel 8.

De la misma forma es notorio la presencia de articulaciones de 0.025 a 0.027 radianes (color naranja; las de mayor magnitud para este modelo), 7 articulaciones para el marco 1 y 2 para el marco A. Al tener mayor número de articulaciones de mayor magnitud el marco 1, tendrá una ductilidad mayor, como se mostró de manera numérica.

El comportamiento global del sistema es adecuado, ya que la ductilidad para todos los casos oscila al valor del reglamento. El factor de comportamiento sísmico igual a 4.0 obedece a la formación de articulaciones plásticas en las vigas hasta el colapso de la estructura mientras que las articulaciones en las columnas permanecen en estado elástico.

Después de llegar a los resultados mostrados en este modelo y con la intención de optimizar los recursos materiales, se opta por diseñar los siguientes casos modificando la resistencia del concreto en las columnas, de 300 kg/cm^2 a 400 kg/cm^2 .

M - 25₃₀₀₋₄₀₀

Como se comentó en el modelo anterior, a partir de este edificio, la resistencia del concreto utilizado en el análisis y diseño de vigas será de 300 kg/cm^2 y para las columnas de 400 kg/cm^2 . El objetivo de este cambio es comparar el comportamiento de éste modelo con el anterior, al igual que las cantidades de material utilizada para cada uno de ellos. Si nos encontramos favorecidos por este cambio en los modelos siguientes se contemplará modificar la resistencia del concreto, que principalmente se deberá a la altura del edificio y el sistema estructural, especialmente por la presencia de muros de concreto.

Descripción del edificio

Es un modelo de 25 niveles (86.8 m), el cual está estructurado con vigas de concreto reforzado de 300 kg/cm^2 y columnas de concreto reforzado de 400 kg/cm^2 , que forman marcos dúctiles resistentes a fuerzas laterales.

Espectro de diseño

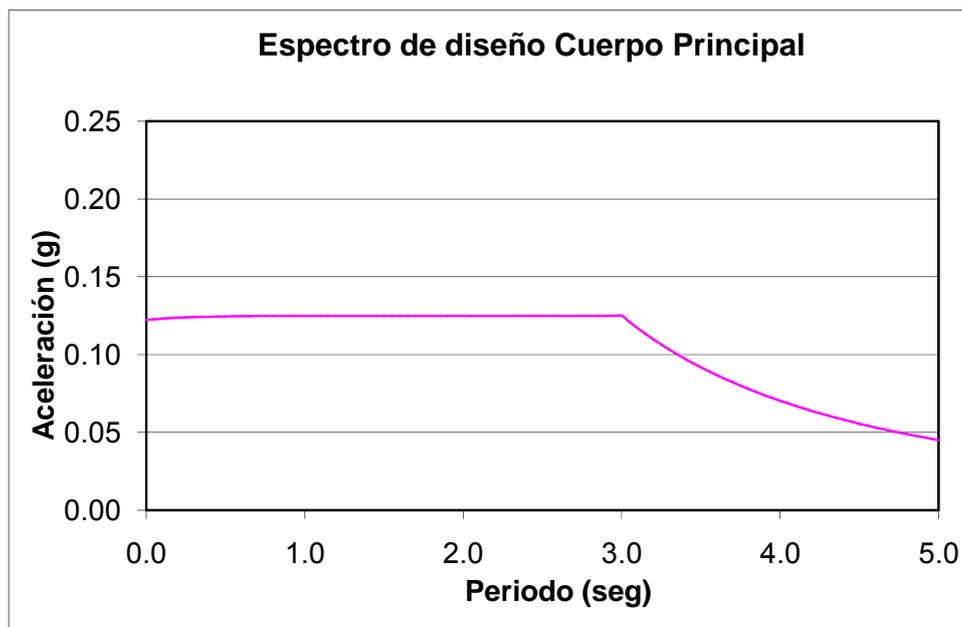


Figura 5.13. Espectro de diseño del cuerpo principal.

El espectro utilizado en este modelo es del cuerpo principal de las NTC para Diseño por Sismo del RCDF, en la zona IIIb, con un factor de irregularidad 0.9 debido a la relación de altura con su lado más corto de la base, y un factor de comportamiento sísmico 4.0 (Q) de acuerdo a su sistema estructural.

Para cumplir los requisitos de cortante basal expresados en sección 9.3 del las NTC Para Diseño por Sismo $\left(V_o \geq 0.8a \frac{W_o}{Q'} \right)$, se aumentan las aceleraciones espectrales 8% en la dirección X y 8% en la dirección Y. Igual que el modelo anterior M - 25₃₀₀₋₃₀₀.

Propiedades dinámicas de la estructura

A continuación se muestra una tabla con los periodos y masas de la estructura:

MODO	PERIODO (seg)	MASA MODAL (%)	
		X	Y
1	1.977	73.78	0.00
2	1.837	0.00	73.19
3	1.550	0.00	0.00
Σ masas =		93.88	94.23

Tabla 5.22. Masas modales y periodos

Se puede observar que los modos de la estructura son prácticamente iguales a los del modelo anterior.

Análisis y diseño elástico

La respuesta estática de desplazamientos de entrepiso se muestra en la Figura 5.14. Se observa un comportamiento similar en las dos direcciones de los marcos (X, Y) lo cual difiere en el modelo anterior en cuanto a los resultados en los niveles superiores, debido a que las secciones de las vigas en el eje Y son de menor dimensión transversal (ver apéndice E), detalle que no se permite en el modelo M - 25₃₀₀₋₃₀₀ porque las distorsiones de esos entrepisos excederían el límite establecido en el reglamento. Es en este punto donde el incremento en la resistencia del concreto en las columnas marca la diferencia.

En la tabla 5.23. podemos observar un resumen de la respuesta elástica del modelo que expone numéricamente la gráfica de distorsiones de entrepiso relacionando las fuerzas laterales que actúan sobre el modelo.

■ parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	V _o ton	W _o ton	c V _o /W _o	c c/Q'	Max Drift	Max Drift	Q
M - 25 ₃₀₀₋₄₀₀	1.98	X	3055	27810	0.1098	0.1350	0.0118	0.012	4
		Y	3009	27810	0.1082	0.1350	0.0114	0.012	4

Tabla 5.23. Resumen de las propiedades del edificio.

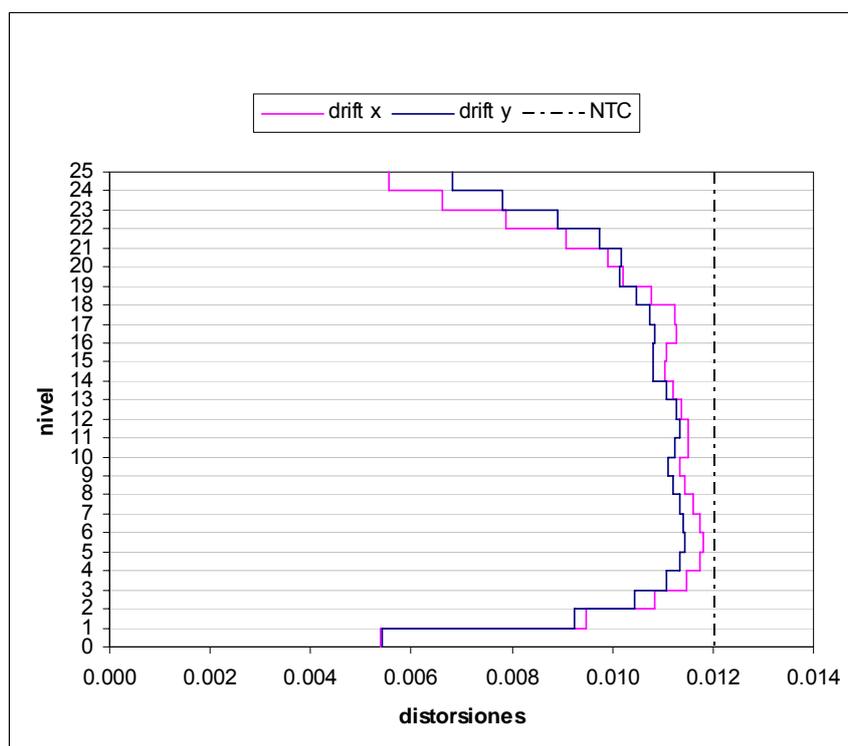


Figura 5.14. Distorsiones de entrepiso.

Comparando estos resultados con el modelo M - 25₃₀₀₋₃₀₀ se encuentra que el cortante basal disminuye 1%, una cifra insignificativa. Aunque en la cantidad de materiales existe una diferencia mayor, como se muestra a continuación.

En el apéndice E se muestra de manera detallada las propiedades geométricas y el acero de refuerzo de los elementos estructurales del modelo. A partir de esas tablas, se muestra a continuación un resumen de la cantidad de materiales utilizado para este edificio.

PESO				MATERIAL / m ²	
Wcon ton	Wacero ton	acer/con %	área m ²	Vol.con/area m ³ /m ²	Wacero/area kg/m ²
15,070	1459	9.7	16,800	0.41	86.84

Tabla 5.24. Cantidad de material en el edificio.

Comparando los modelos M - 25 con el cambio de resistencia del concreto en las columnas, se encuentra una diferencia en el peso del concreto de 620 toneladas (282m³), y 103 toneladas de acero en el refuerzo de los elementos estructurales.

Análisis inelástico

Una vez terminado el diseño estructural del edificio, se comienza con el análisis estático paso a paso de empuje lateral monitoreando el cortante basal y el desplazamiento lateral considerado en el nivel más alto del edificio ($V_o-\delta$), estos resultados se muestran

en la Figura 5.15. Los valores de esta gráfica se expresan resumidos en la tabla 1, la cual indica un buen comportamiento inelástico de acuerdo a los parámetros elegidos de ductilidad y zona sísmica.

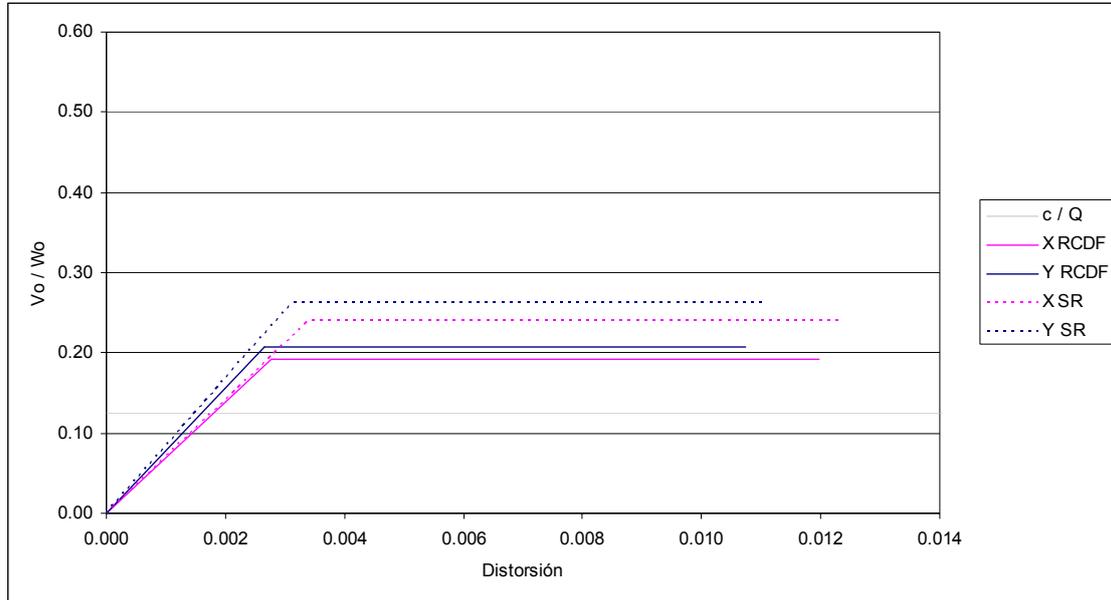


Figura 5.15. Curva de capacidad.

Distorsión – cociente del desplazamiento lateral del nivel más alto de la estructura con respecto a su base entre la altura total de la estructura.

V_o / W_o - coeficiente de cortante basal.

parámetros establecidos por el RCDF

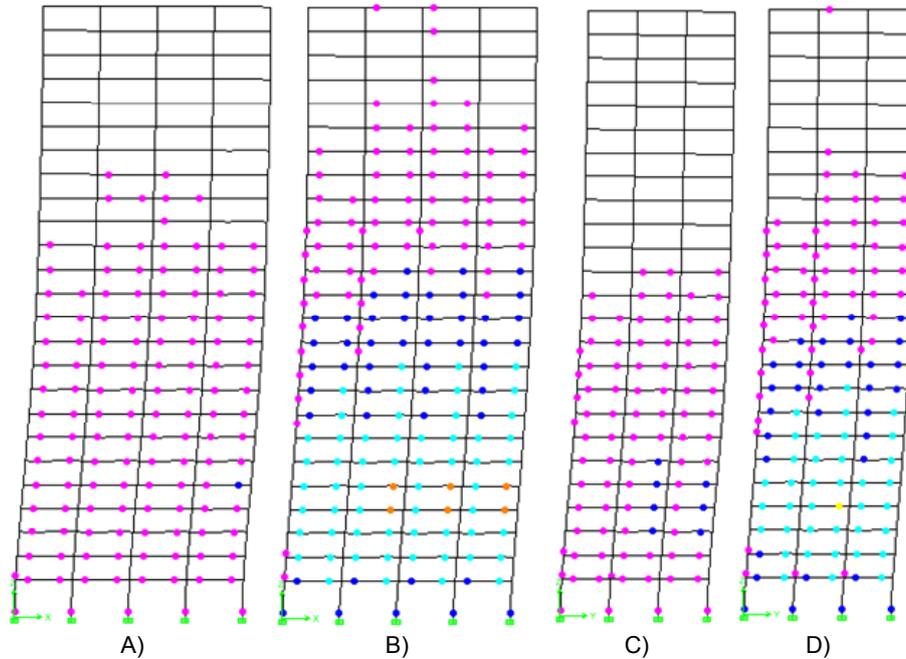
MODELO	T seg	Eje	Caso	c Vo/Wo	Drift Fluencia	Max Drift	Vo ton	μ	Q
M - 25 ₃₀₀₋₄₀₀	1.98	X	X RCDF	0.19	0.00278	0.01197	5361	4.31	4
			X SR	0.24	0.0034	0.0124	6679	3.66	
		Y	Y RCDF	0.21	0.0027	0.0107	5762	4.05	4
			Y SR	0.26	0.0031	0.0111	7307	3.54	

Tabla 5.25. Propiedades inelásticas del edificio.

La gráfica y tabla anterior nos muestran el comportamiento inelástico global de la estructura. Comparando los resultados inelásticos con el modelo anterior, encontramos que son muy similares, con un pequeño incremento en el coeficiente de cortante basal de 1% y un pequeño decremento en la ductilidad de la estructura de 1%.

La figura 3 nos muestra la formación de articulaciones en cada uno de los miembros estructurales al instante de llegar al punto de fluencia del sistema y al momento del colapso. Las articulaciones en los miembros se presentan de manera adecuada, es decir, al momento de la falla de la estructura la mayoría de las vigas se encuentran

articuladas desde su punto elástico hasta su punto límite de falla, mientras que las columnas se mantienen dentro de su rango elástico. Esta secuencia de formación de articulaciones nos indica una buena ductilidad del sistema, lo cual respalda a los parámetros establecidos por el reglamento para un factor de comportamiento sísmico de 4.



Formación de articulaciones en los marcos: A) formación de articulaciones al momento de fluencia en el marco 1, B) antes del colapso en el marco 1, C) fluencia en el marco A, D) antes del colapso en el marco A.

VIGAS		COLUMNAS	
	0.000 - 0.010		0.000 - 0.005
	0.010 - 0.020		0.005 - 0.015
	0.020 - 0.025		0.015 - 0.020
	0.025 - 0.030		0.020 - 0.022
	0.030 - 0.035		0.022 - 0.025
	0.035 - 0.040		0.025 - 0.027
	0.040 - 0.050		0.027 - 0.030

En comparación de la ductilidad con el modelo anterior, se observa que existen menos articulaciones en las vigas de color naranja, lo cual indica que este modelo tiene menos ductilidad que el anterior. También se expresa gráficamente que las articulaciones en las columnas permanecen en el rango elástico.

Tabla 5.26. Rotación en articulaciones de vigas y columnas. Unidades en radianes.

MF - 25₃₀₀₋₄₀₀

Descripción del edificio

Edificio de 25 niveles (86.8 m) con vigas de concreto reforzado de 300 kg/cm² y columnas de 400 kg/cm². El sistema estructural de este modelo cuenta con marcos

dúctiles que presentan mayores dimensiones en las fachadas que aportan la mayor resistencia ante acciones sísmicas, mientras que las secciones de los marcos interiores son menores. Este tipo de estructuración permite un mayor espacio libre de entrepiso, que se puede aprovechar para el paso de instalaciones en falsos plafones. Mientras que las vigas de fachada aunque sean de grandes dimensiones se pueden ocultar en los muros y columnas de fachada.

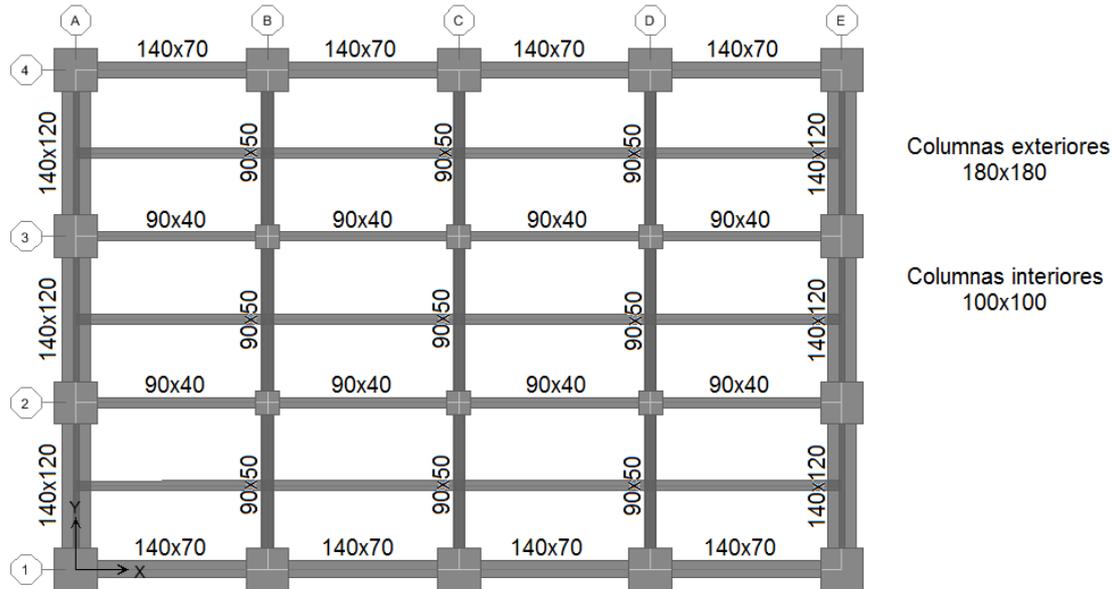


Figura 5.16. Planta nivel 1. Secciones de elementos en cm.

Espectro de diseño

Esta estructura es analizada utilizando el espectro de diseño del cuerpo principal de las NTC para Diseño por Sismo del RCDF, en la zona IIIb, con un factor de irregularidad 0.9 debido a la relación de altura con su lado más corto de la base, y un factor de comportamiento sísmico 4.0 (Q) de acuerdo a su sistema estructural. El espectro utilizado se muestra en la Figura 5.17..

Propiedades dinámicas de la estructura

A continuación se muestra una tabla con los periodos y masas de la estructura:

MODO	PERIODO (seg)	MASA MODAL (%)	
		X	Y
1	1.982	73.12	0.00
2	1.878	0.00	72.18
3	1.295	0.00	0.00
Σ masas =		94.29	94.53

Tabla 5.27. Masas modales y periodos

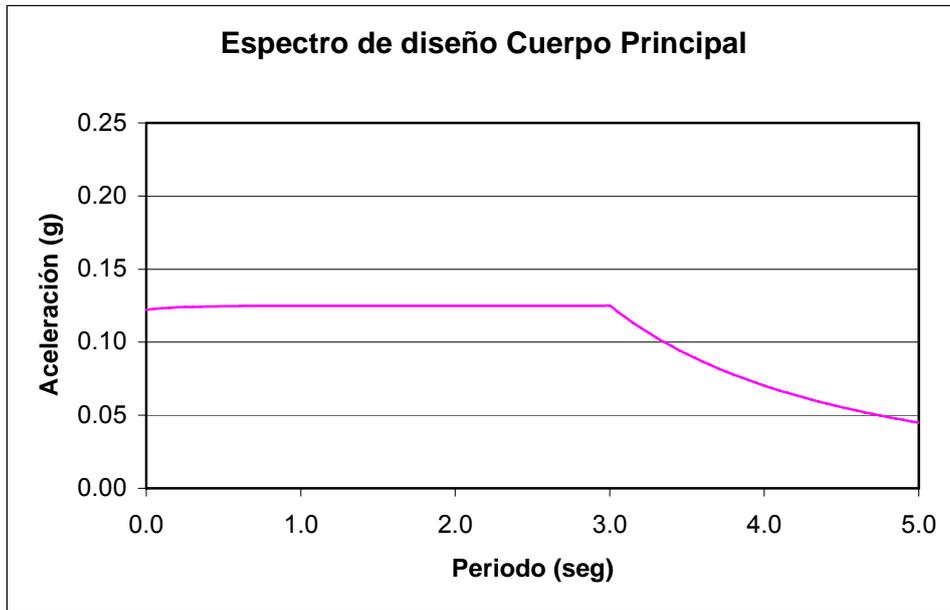


Figura 5.17. Espectro de diseño del cuerpo principal.

Análisis y diseño elástico

Para el dimensionamiento de los elementos de la estructura se siguió con las consideraciones de distorsiones de entre piso que marca el RCDF, los cuales se muestran en la siguiente gráfica:

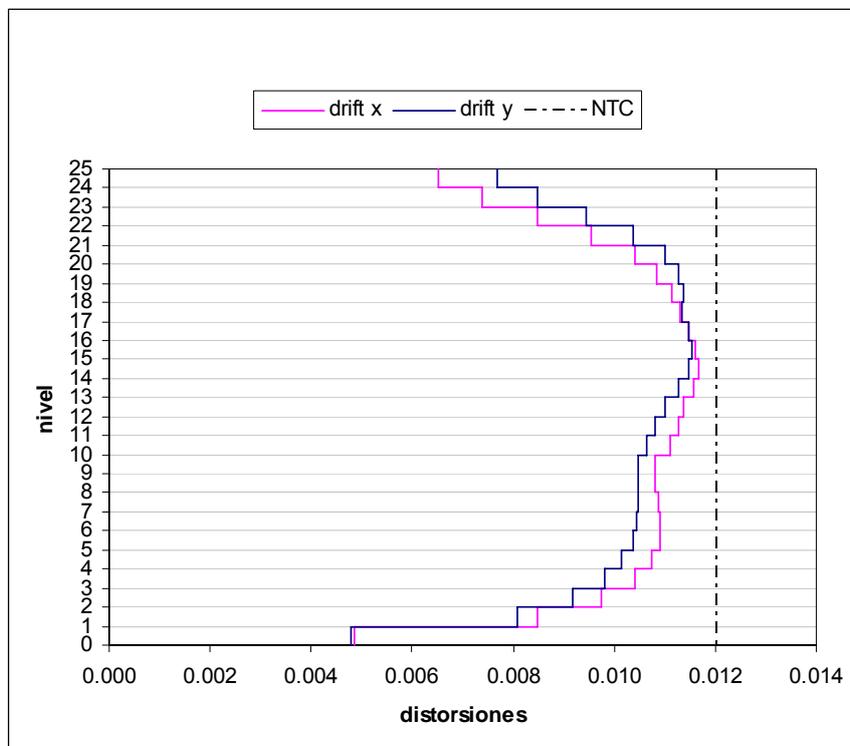


Figura 5.18. Distorsiones de entrepiso.

Esta gráfica (Figura 5.18.) muestra que las distorsiones máximas de entre piso ocurren alrededor del nivel 15 para ambas direcciones.

En el transcurso del diseño estructural de este edificio se encontró que las secciones y el acero de refuerzo en elementos estructurales de los niveles inferiores están gobernados por los elementos mecánicos, mientras que los niveles superiores por el límite de distorsión de entrepiso. Este detalle se puede observar en el detalle de acero de refuerzo en los elementos estructurales que se describe en el apéndice F.

En la siguiente tabla encontramos un resumen de los resultados más representativos del análisis y diseño elástico del edificio.

■ parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Vo ton	Wo ton	c Vo/Wo	c c/Q'	Max Drift	Max Drift	Q
MF - 25 ₃₀₀₋₄₀₀	1.98	X	3264	28945	0.1127	0.1250	0.0117	0.012	4
		Y	3232	28945	0.1117	0.1250	0.0115	0.012	4

Tabla 5.28. Resumen de las propiedades del edificio.

En el apéndice F se muestra de manera detallada las propiedades geométricas y el acero de refuerzo de los elementos estructurales del modelo. A partir de esas tablas, se muestra a continuación un resumen de la cantidad de materiales utilizado para este edificio.

PESO				MATERIAL / m ²	
Wcon ton	Wacero ton	acer/con %	área m ²	Vol.con/area m ³ /m ²	Wacero/area kg/m ²
15,608	1713	11.0	16,800	0.42	101.96

Tabla 5.29. Cantidad de material en el edificio.

Análisis inelástico

Para conocer el comportamiento inelástico del sistema, se aplica una carga lateral creciente hasta provocar el colapso del edificio. Mediante este análisis estático se conoce la formación de articulaciones en el sistema, lo cual nos indica la manera en la que falla la estructura. Como se muestra en la Figura 5.19.

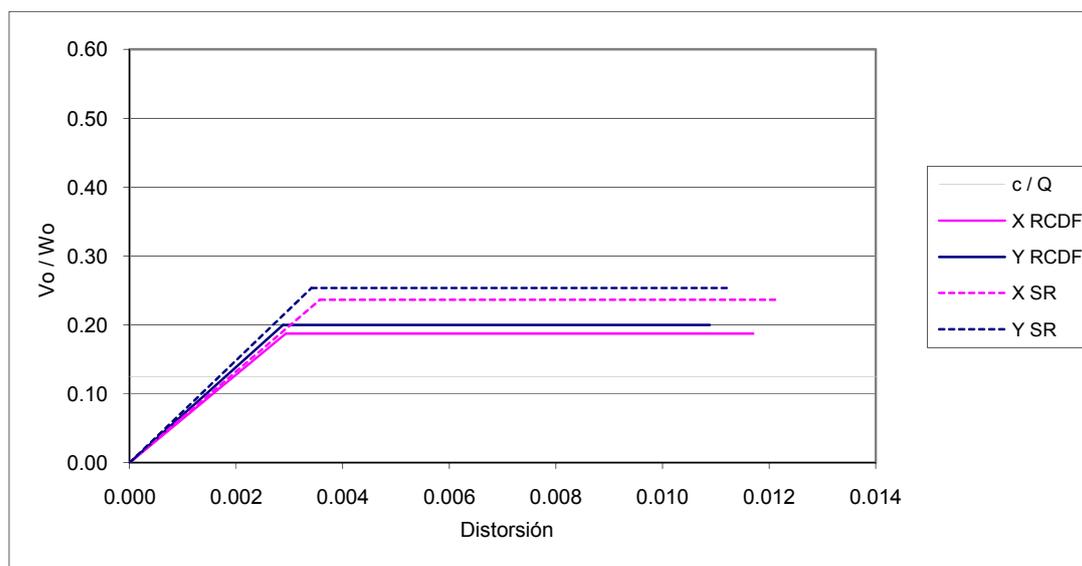


Figura 5.19. Curva de capacidad.

Distorsión – cociente del desplazamiento lateral del nivel más alto de la estructura con respecto a su base entre la altura total de la estructura.

V_o / W_o - coeficiente de cortante basal.

La gráfica anterior, Figura 5.19., muestra el comportamiento global del sistema donde para cada caso se observa la ductilidad, el coeficiente de cortante basal y la rigidez.

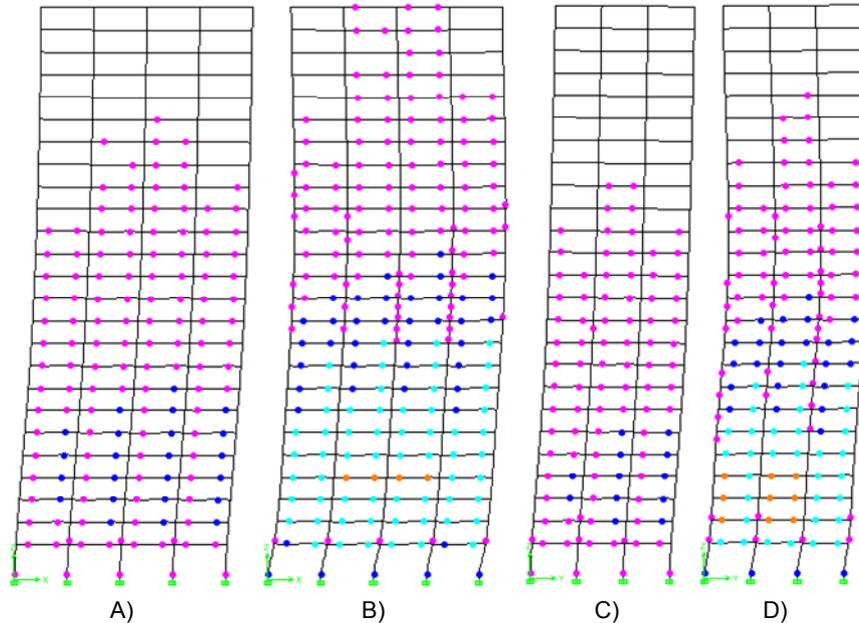
En la siguiente tabla se observan los valores numéricos de la curva de capacidad, que aunque en ninguno de los casos se obtiene la ductilidad deseada, las curvas X RCDF y Y RCDF son satisfactorias, mientras que las curvas X SR y Y SR difieren 15% y 18% respecto a los parámetros elegidos del reglamento. Esto se debe a la combinación de sobre resistencia y al sistema estructural. Por un lado la sobre resistencia, como se ha mostrado hasta ahora en este estudio, aumenta el cortante basal y disminuye la ductilidad, y por otro, el sistema estructural provoca que los marcos de fachada aporten la mayor resistencia ante las acciones sísmicas debido a sus grandes dimensiones, mientras que los marcos internos gozan de integridad estructural, por lo que la aportación de ductilidad de las vigas a todo el sistema se ve reducido principalmente a los elementos horizontales de fachada.

parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Caso	c Vo/Wo	Drift Fluencia	Max Drift	Vo ton	μ	Q
MF - 25 ₃₀₀₋₄₀₀	1.98	X	X RCDF	0.19	0.0029	0.0117	5951	3.98	4
			X SR	0.24	0.0036	0.0121	7361	3.39	
		Y	Y RCDF	0.20	0.0029	0.0109	6357	3.78	4
			Y SR	0.25	0.0034	0.0112	7892	3.29	

Tabla 5.30. Propiedades inelásticas del edificio.

En la siguiente figura, se ilustra la formación de articulaciones en los marcos de fachada. Donde podemos observar que los elementos estructurales de los niveles inferiores son los que provocan la inestabilidad del sistema causando el colapso, recordando de la gráfica de distorsiones de entre piso que los elementos de estos niveles fueron diseñados por los elementos mecánicos y no por los desplazamientos.



Formación de articulaciones en los marcos: A) formación de articulaciones al momento de fluencia en el marco 1, B) antes del colapso en el marco 1, C) fluencia en el marco A, D) antes del colapso en el marco A.

VIGAS		COLUMNAS	
	0.000 - 0.010		0.000 - 0.005
	0.010 - 0.020		0.005 - 0.015
	0.020 - 0.025		0.015 - 0.020
	0.025 - 0.030		0.020 - 0.022
	0.030 - 0.035		0.022 - 0.025
	0.035 - 0.040		0.025 - 0.027
	0.040 - 0.050		0.027 - 0.030

El desempeño de este modelo sigue resultando provechoso desde el punto de vista de seguridad estructural. Esto es, las vigas que forman los marcos sismo resistente de fachada entran en altos valores de rotación en sus articulaciones plásticas hasta la falla del edificio mientras que las columnas se encuentran el estado elástico.

Tabla 5.31. Rotación en articulaciones de vigas y columnas. Unidades en radianes.

En la segunda figura de izquierda a derecha (formación de articulaciones antes del colapso en el marco 1), se puede notar la formación de articulaciones en las columnas del nivel 10, 11 y 12, esto nos indica un cambio de resistencia de estas columnas con respecto a las columnas de niveles inferiores, lo cual se detalla en el apéndice F, que nos indica que en ese nivel hay una reducción de la sección de las columnas y una reducción en el acero de refuerzo.

MFW - 25₄₅₀₋₄₅₀

Descripción del edificio

Modelo de 25 niveles (86.8 m) que presenta elementos estructurales de fachada de secciones mayores a los marcos internos. También cuenta con muros de cortante en las últimas crujías de cada marco, como se muestra en la siguiente figura vista en planta:

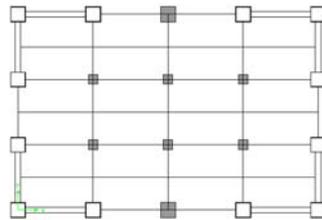


Figura 5.20. Vista en planta.

De acuerdo al sistema estructural, se propone una resistencia de 450 kg/cm^2 para todos los elementos estructurales (vigas, columnas y muros). Si con el cambio de resistencia se encuentran beneficios en el ahorro de materiales, los casos siguientes se diseñarán con un concreto de 450 kg/cm^2 .

Espectro de diseño

Para esta estructura, el espectro de diseño utilizado tiene un factor de comportamiento sísmico (Q) de 3.0 de acuerdo al sistema estructural que presenta muros de cortante. Los demás parámetros son los descritos en el cuerpo principal de las NTC para Diseño por Sismo del RCDF, en la zona IIIb, con un factor de irregularidad 0.9 debido a la relación de altura con su lado más corto de la base. El espectro utilizado se muestra a continuación:

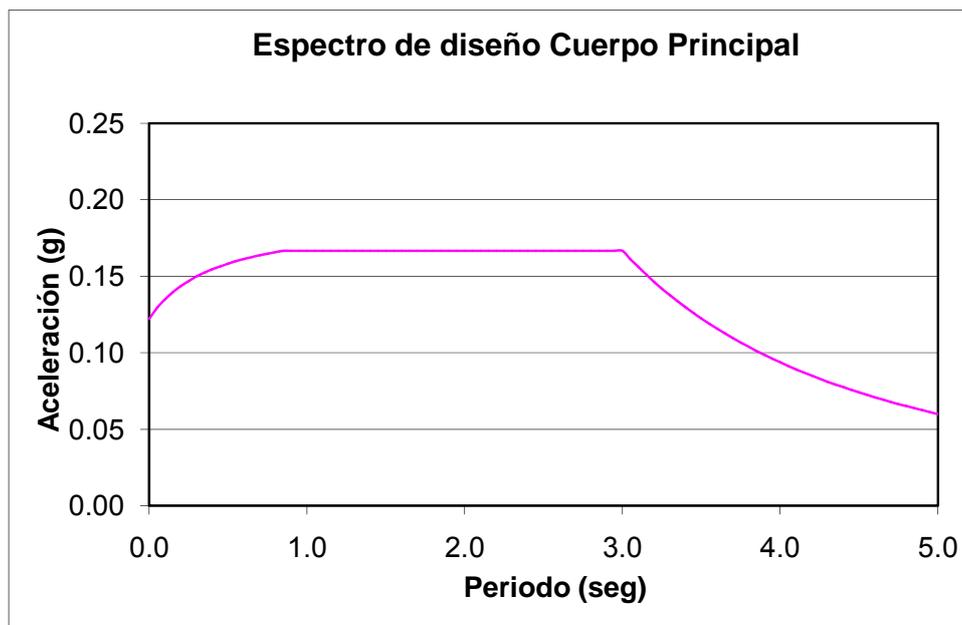


Figura 5.21. Espectro de diseño del cuerpo principal.

Propiedades dinámicas de la estructura

A continuación se muestra una tabla con los periodos y masas de la estructura:

MODO	PERIODO (seg)	MASA MODAL (%)	
		X	Y
1	1.470	67.53	0.00
2	1.221	0.00	70.23
3	0.751	0.00	0.00
Σ masas =		95.06	97.09

Tabla 5.32. Masas modales y periodos

La estructuración con muros de cortante marca una diferencia considerable en el periodo dominante de la estructura. En comparación a los casos anteriores que presentan la misma altura, el periodo se reduce en un 25% aproximadamente.

Análisis y diseño elástico

Para el efecto del análisis elástico con el dimensionamiento de las secciones expuestas en el apéndice G, la siguiente figura muestra las distorsiones de entre piso de toda la estructura.

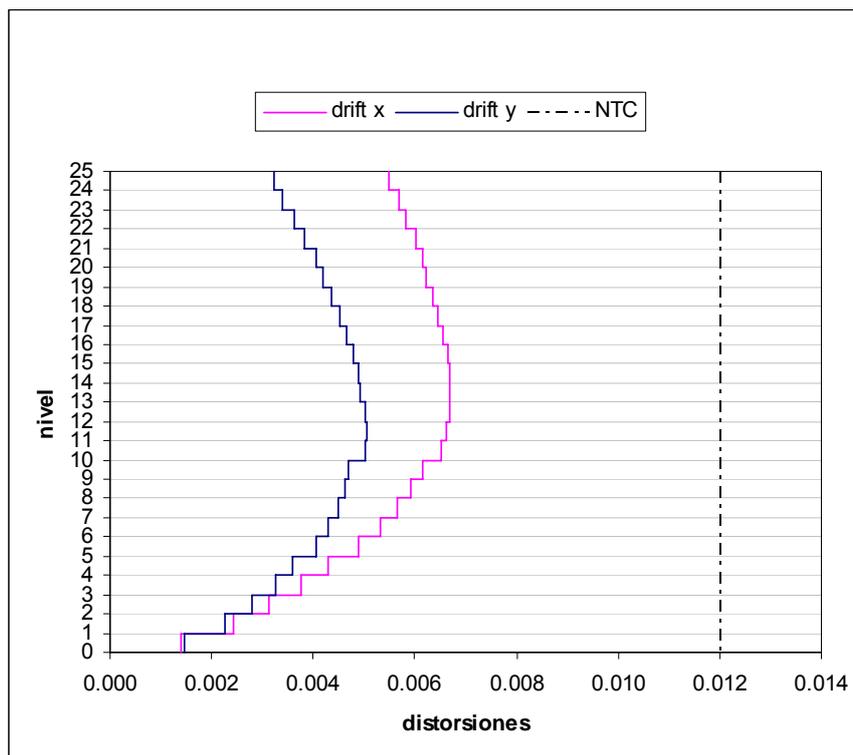


Figura 5.22. Distorsiones de entrepiso.

Los niveles que se encuentran a media altura del edificio (nivel 10 a 20) presentan mayores distorsiones de entrepiso que el resto del edificio, debido a que en los niveles inferiores el espesor de los muros de cortante es de mayores dimensiones, y en los niveles superiores, el cortante de entrepiso es menor que en el resto de los niveles.

El detalle que los primeros niveles presenten una distorsión pequeña en comparación al resto del edificio, se debe a que su diseño es gobernado por las fuerzas laterales en lugar de estar restringido por el límite elegido de 0.012 que marca el RCDF para distorsiones de entre piso.

Como se muestra en el apéndice G, las vigas de fachada cuentan con secciones de grandes dimensiones, principalmente en el peralte, lo cual fue decidido para que el comportamiento de los muros de cortante ubicados en los claros extremos de cada fachada actúen de manera acoplada.

Para el diseño elástico de la estructura se pudo observar que los muros de cortante, para este modelo, contribuyen a una reducción en el desplazamiento lateral y a disminuir casi en su totalidad la presencia de torsión en las columnas, aún y cuando se introduce el espectro de diseño con la excentricidad que marcan las NTC para Diseño por Sismo del RCDF.

A manera de resumen, la siguiente tabla muestra los parámetros más representativos de la gráfica de distorsiones de entre piso.

parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Vo ton	Wo ton	c Vo/Wo	c c/Q'	Max Drift	Max Drift	Q
MFW - 25 ₃₀₀₋₄₀₀	1.47	X	3422	23236	0.1473	0.1667	0.0067	0.012	3
		Y	3538	23236	0.1523	0.1667	0.0050	0.012	3

Tabla 5.33. Resumen de las propiedades del edificio.

De la tabla anterior se observa claramente la aportación de rigidez de los muros de cortante para la distorsión máxima de la estructura, aproximadamente la mitad del límite que marca el RCDF. Este aumento de rigidez también se muestra en la reducción del periodo dominante, que en comparación de los demás edificios de la misma altura se reduce 25%.

En cuanto al cortante basal, se observa la diferencia en la magnitud que actúa en sentido paralelo al eje X y al eje Y, efecto que se refleja en el acero de refuerzo en los muros (ver Apéndice G) para resistir la fuerza cortante de entre piso.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la cantidad de los materiales utilizados en los elementos estructurales del edificio.

PESO				MATERIAL / m ²	
Wcon ton	Wacero ton	acer/con %	área m ²	Vol.con/area m ³ /m ²	Wacero/area kg/m ²
14,755	981	6.7	16,800	0.40	58.42

Tabla 5.34. Cantidad de material en el edificio.

De la tabla 5.34, se comparan las cantidades de materiales contra los demás sistemas estructurales, notando la diferencia tanto en la reducción del concreto como en el acero de refuerzo, que en promedio se reduce 20% el volumen de concreto, y 40% para el acero de refuerzo. La comparación de resultados entre todos los modelos analizados en este estudio se mostrará en el capítulo 7.

Análisis inelástico

Para el análisis inelástico los muros, éstos se modelan como columnas anchas; elementos columna con propiedades físicas del muro y con elementos viga infinitamente rígido en sus extremos. Los parámetros para monitorear las rotaciones en estos elementos, son los mostrados en a curva esfuerzo-deformación y en la tabla de parámetros de modelaje y valores numéricos aceptables para procedimientos no lineales en columnas de concreto reforzado del FEMA-356.

Teniendo especificadas todas las articulaciones en los elementos estructurales del edificio, se comienza el análisis estático no lineal de empuje lateral paso a paso hasta provocar el colapso de la estructura. La serie de pasos que se utiliza en este análisis se muestra en la siguiente curva de capacidad de la estructura en estudio.

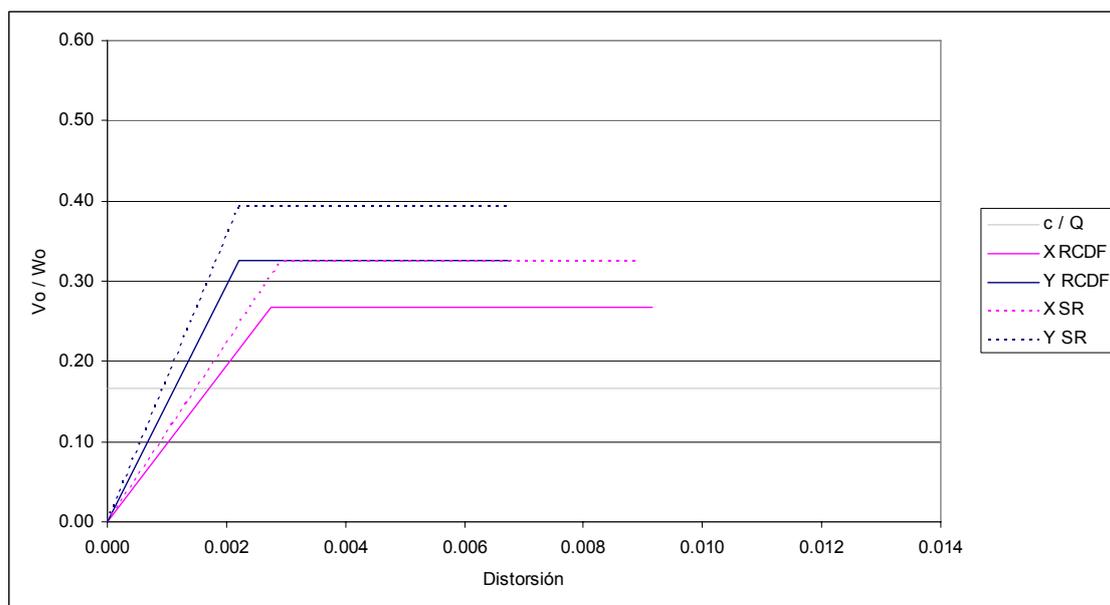


Figura 5.23. Curva de capacidad.

Distorsión – cociente del desplazamiento lateral del nivel más alto de la estructura con respecto a su base entre la altura total de la estructura.

V_o / W_o - coeficiente de cortante basal.

Esta curva de capacidad muestra la rigidez del sistema, la cual es mayor a la rigidez de los sistemas anteriores, y la ductilidad del mismo, menor a la ductilidad de los sistemas anteriores.

Estos puntos que describen la curva de capacidad se resumen en la siguiente tabla.

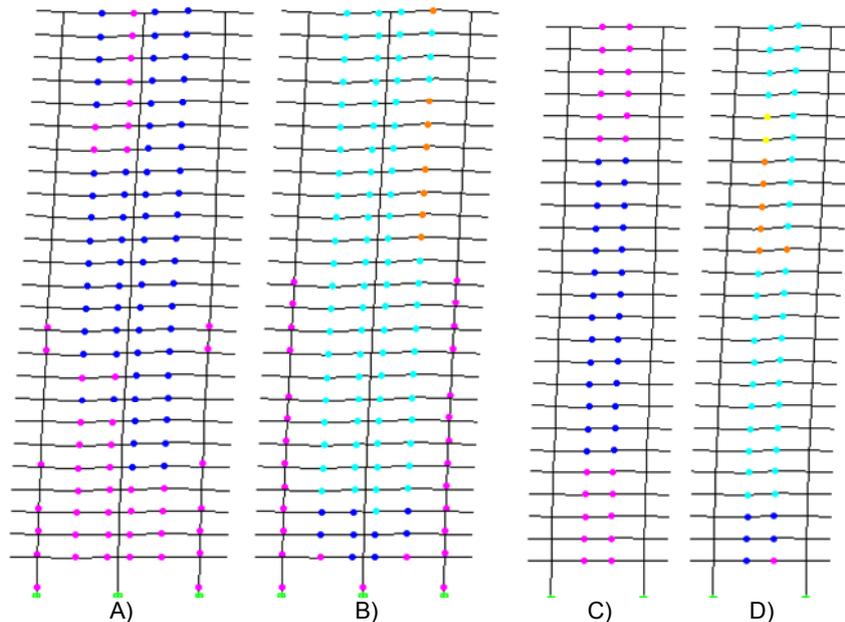
■ parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Caso	c Vo/Wo	Drift Fluencia	Max Drift	Vo ton	μ	Q
MFW - 25 ₄₅₀₋₄₅₀	1.47	X	X RCDF	0.27	0.0028	0.0092	7678	3.32	3
			X SR	0.32	0.0029	0.0089	9060	3.04	
		Y	Y RCDF	0.33	0.0022	0.0068	9329	3.06	3
			Y SR	0.39	0.0022	0.0067	11001	3.02	

Tabla 5.35. Propiedades inelásticas del edificio.

Se puede observar el aumento en el coeficiente de cortante basal de la estructura en comparación a la ordenada espectral del reglamento ($c/Q'=0.1667$), y aunque la ductilidad del sistema sea menor que los modelos anteriores, sigue teniendo un comportamiento adecuado conforme a los parámetros del RCDF con los que se analizó y diseñó la estructura.

Para identificar lo que ocurre en los elementos estructurales de la estructura al incrementar la carga lateral al momento de fluencia y colapso de la estructura, se presenta la formación de articulaciones plásticas en la siguiente figura.



Formación de articulaciones en los marcos: A) formación de articulaciones al momento de fluencia en el marco 1, B) antes del colapso en el marco 1, C) fluencia en el marco A, D) antes del colapso en el marco A.

Como se muestra en la figura anterior, las articulaciones que presentan los máximos valores de rotación se encuentra en los niveles superiores, evento que era de esperarse desde la gráfica de distorsiones de entre piso, donde se presenta la mayor distorsión alrededor del 14° nivel.

También se observa que los muros presentan valores mínimos de rotación, esto se debe a que en el diseño del acero de refuerzo de los elementos muro y columnas, interviene el sismo en ambas direcciones (30% y 100% de acuerdo al RCDF) utilizando el diagrama de interacción, mientras que en análisis inelástico únicamente se aplica la fuerza lateral en un sentido, permitiendo que el acero de refuerzo que colaboraba en la resistencia del momento actuante en el segundo plano del elemento ahora aporte toda su resistencia al momento que actúa en el primer plano.

VIGAS		COLUMNAS	
	0.000 - 0.010		0.000 - 0.005
	0.010 - 0.020		0.005 - 0.015
	0.020 - 0.025		0.015 - 0.020
	0.025 - 0.030		0.020 - 0.022
	0.030 - 0.035		0.022 - 0.025
	0.035 - 0.040		0.025 - 0.027
	0.040 - 0.050		0.027 - 0.030

Tabla 5.36. Rotación en articulaciones de vigas y columnas. Unidades en radianes.

Al igual que los modelos anteriores, este sistema estructural sigue con un comportamiento sismo resistente aceptable, ya que se articulan la mayoría de las vigas hasta llegar a la inestabilidad del sistema antes de que cualquier elemento vertical alcance una rotación superior a su límite de fluencia. Verificando que las normas del código mexicano son adecuadas para este tipo de estructuración.

5.3. EDIFICIOS DE 40 NIVELES

Este subcapítulo muestra los resultados de los edificios de 40 niveles, 137.8 m de altura.

De acuerdo a los estudios realizados hasta ahora, no se modelarán edificios estructurados únicamente con marcos dúctiles (M, MF, MFR) ni edificios que presentan únicamente muros de cortante en los claros extremos de las fachadas (MFW), debido a que, para la configuración de los edificios de este estudio, ninguna de las dos configuraciones cumplen con el límite de distorsión de entre piso que propone las NTC para Diseño por Sismo del RCDF para edificios de esta altura.

M1X3Y - 40₄₅₀₋₄₅₀

Descripción del edificio

Este edificio cuenta con una altura de 137.8 m en un total de 40 niveles. Todos los elementos estructurales son de concreto reforzado de 450 kg/cm².

La nomenclatura sugiere una estructuración a base de macro marcos. 1X3Y indica la formación de un macro marco en la fachada del eje X y tres macro marcos en la fachada del eje Y. El macro marco en el eje X se encuentra a la mitad del edificio, nivel 20, mientras que los marcos en el sentido Y se encuentran en los niveles 10, 20 y 30. Como se muestra en la siguiente figura.

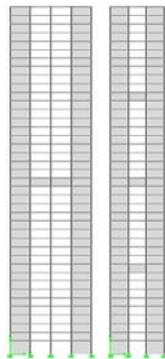


Figura 5.24. Macro marcos en fachadas paralelas al eje X y Y.



Figura 5.25. Vista en isométrico

Las siguientes vistas en planta nos muestran que en los niveles 10 y 30 sólo se presentan macro marcos en las fachadas paralelas al eje Y, y en el nivel 20 macro marcos en todas las fachadas del edificio.

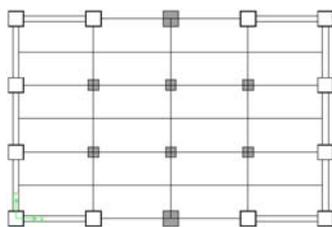


Figura 5.26.
Niveles 10 y 30

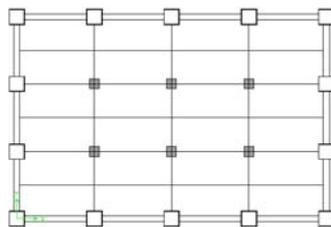


Figura 5.27.
Nivel 20

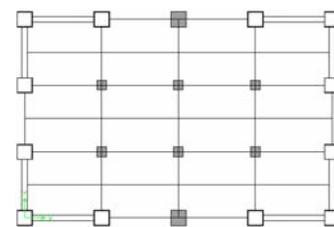


Figura 5.28.
Niveles restantes sin macro marcos

Las plantas muestran que el sistema estructural está diseñado para que los elementos de fachada aporten la mayor resistencia ante las acciones laterales. Esto se observa en la diferencia de las dimensiones de las secciones de columnas de los marcos interiores y las columnas de fachada.

Espectro de diseño

Debido al sistema estructural de muros de cortante, el factor de comportamiento sísmico expresado en el cuerpo principal de las NTC para Diseño por Sismo del RCDF nos indica que se tiene que utilizar un valor de 3.0, y debido a la relación de su altura con su lado más corto de la base se aplica un factor de irregularidad de 0.9. Así el espectro de diseño en la zona IIIb del distrito federal queda descrito en la siguiente gráfica.

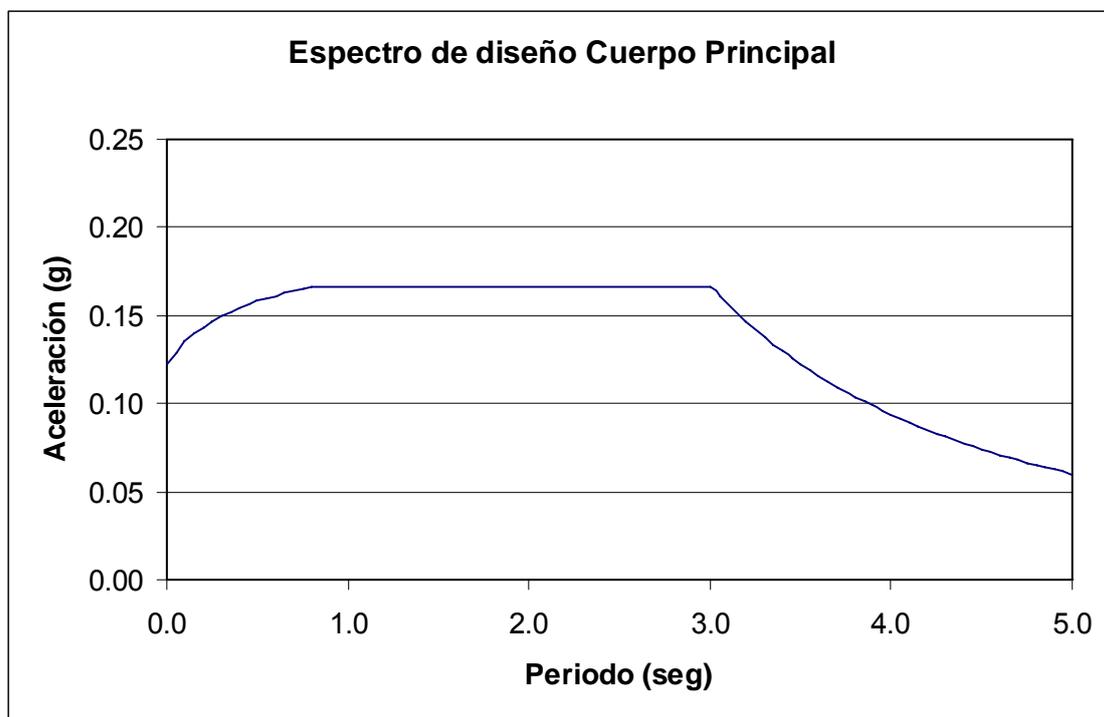


Figura 5.29. Espectro de diseño del cuerpo principal.

Propiedades dinámicas de la estructura

Los periodos y la masa modal de la estructura se muestran en la siguiente tabla:

MODO	PERIODO (seg)	MASA MODAL (%)	
		X	Y
1	1.784	70.75	0.00
2	1.766	0.00	65.79
3	0.684	13.57	0.00
Σ masas =		94.68	94.24

Tabla 5.3. Masas modales y periodos

El sistema estructural de este modelo nos muestra periodo corto del edificio (1.784 seg) en relación con su altura, ya que a primera instancia se podría pensar en un edificio de 20 niveles.

Análisis y diseño elástico

Antes de realizar el diseño del acero de refuerzo en los elementos estructurales, se debe de revisar que las distorsiones de entre piso cumplan con los requerimientos del RCDF, este requisito se lleva a cabo mediante el proceso iterativo de selección en la geometría de las secciones de elementos estructurales para oponerse al desplazamiento lateral provocado por el espectro de diseño. Una vez concluido el requisito de distorsiones de entre piso, se diseñan los elementos por resistencia. Como se observa en la siguiente gráfica, las distorsiones de entre piso se encuentran alejadas del límite establecido por el reglamento; esto se debe a que el diseño de los elementos estructurales para este modelo está gobernado por las acciones externas y no por desplazamientos.

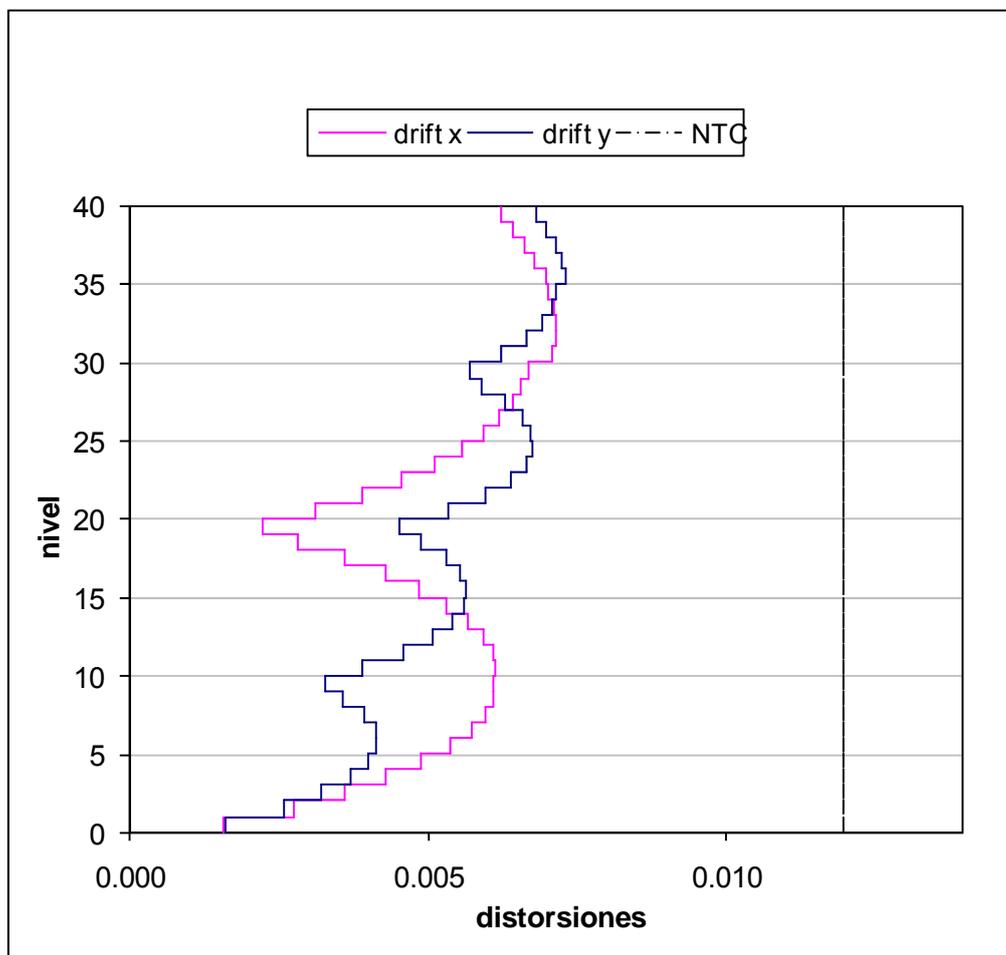


Figura 5.30. Distorsiones de entre piso.

En esta figura se distinguen los puntos donde la magnitud de la distorsión de entre piso se ve reducida considerablemente, lo cual indica la presencia de macro marcos. En el

eje X se puede identificar el macro marco en el nivel 20, mientras que en el eje Y en los niveles 10, 20 y 30.

Este sistema estructural muestra la reducción de desplazamientos laterales para estructuras de gran altura.

La siguiente tabla muestra un resumen de los puntos máximos de la gráfica anterior.

parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Vo ton	Wo ton	c Vo/Wo	c c/Q'	Max Drift	Max perm	Q
M1X3Y - 40 ₄₅₀₋₄₅₀	1.78	X	6463	41173	0.1570	0.1667	0.0072	0.012	3
		Y	6169	41173	0.1498	0.1667	0.0073	0.012	3

Tabla 5.38. Resumen de las propiedades del edificio.

Se puede observar que la estructura se encuentra alejada del valor límite de la distorsión de entre piso, debido a que si reducimos las secciones de la estructura para acercarnos a dicho límite, los elementos estructurales no serían capaces de resistir las acciones externas.

Una vez concluido el análisis estático, se diseña el edificio conforme a las normas correspondientes con el programa de diseño y análisis estructural RCBuilding versión 6.2. El detalle de refuerzo de los elementos estructurales se describe en el apéndice H. En este apéndice se puede observar el armado de los muros y columnas de concreto que forman parte de las columnas del macro marco; y como era de esperarse, los elementos que se encuentran en el primer nivel así como los elementos cercanos a los muros que forman la viga del macro marco son los elementos que presentan mayor cuantía de refuerzo. Esto se debe a la distribución de los elementos mecánicos en las columnas, las cuales se comportan como un elemento continuo (como el diagrama de momento en columnas de un marco convencional) aunque estén separados por entre pisos.

A continuación se presentan un cuadro de resumen de la cantidad de materiales utilizados para este edificio:

PESO				MATERIAL / m ²	
Wcon ton	Wacero ton	acer/con %	área m ²	Vol.con/area m ³ /m ²	Wacero/area kg/m ²
28,797	2736	9.5	26,880	0.49	101.79

Tabla 5.39. Cantidad de material en el edificio.

Estos valores sirven de indicadores para una aproximación del costo de los elementos estructurales del edificio. Esta tabla junto con los resultados inelásticos, se mencionan nuevamente en las conclusiones de este estudio para comparar la relación de cantidad

de material y eficiencia de cada uno de los sistemas estructurales involucrados en esta investigación.

Análisis inelástico

Para el análisis inelástico de empuje lateral del edificio, se muestra el comportamiento de la estructura en la siguiente curva de capacidad:

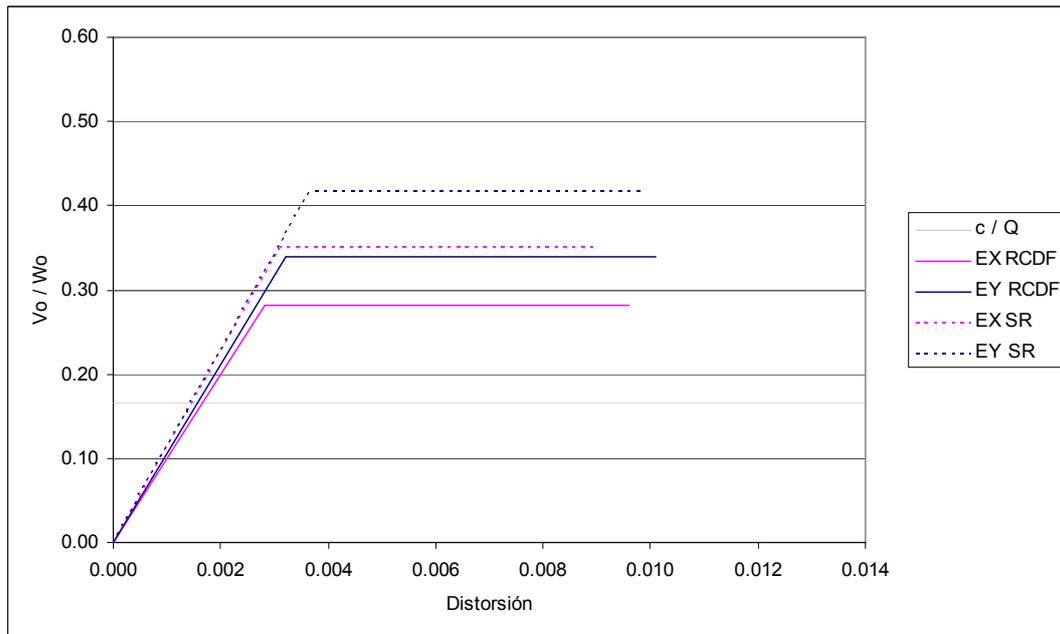


Figura 5.31. Curva de capacidad.

Distorsión – cociente del desplazamiento lateral del nivel más alto de la estructura con respecto a su base entre la altura total de la estructura.

V_o / W_o - coeficiente sísmico de la estructura.

Para interpretar la gráfica anterior, recurrimos a la siguiente tabla que muestra un resumen de los valores de la curva de capacidad y algunos parámetros del reglamento.

■ parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Caso	c Vo/Wo	Drift Fluencia	Max Drift	Vo ton	μ	Q
M1X3Y - 40 ₄₅₀₋₄₅₀	1.78	X	X RCDF	0.28	0.0028	0.0096	14896	3.41	3
			X SR	0.35	0.0031	0.0090	17968	2.92	
		Y	Y RCDF	0.34	0.0032	0.0101	17958	3.15	3
			Y SR	0.42	0.0036	0.0099	21425	2.72	

Tabla 5.40. Propiedades inelásticas del edificio.

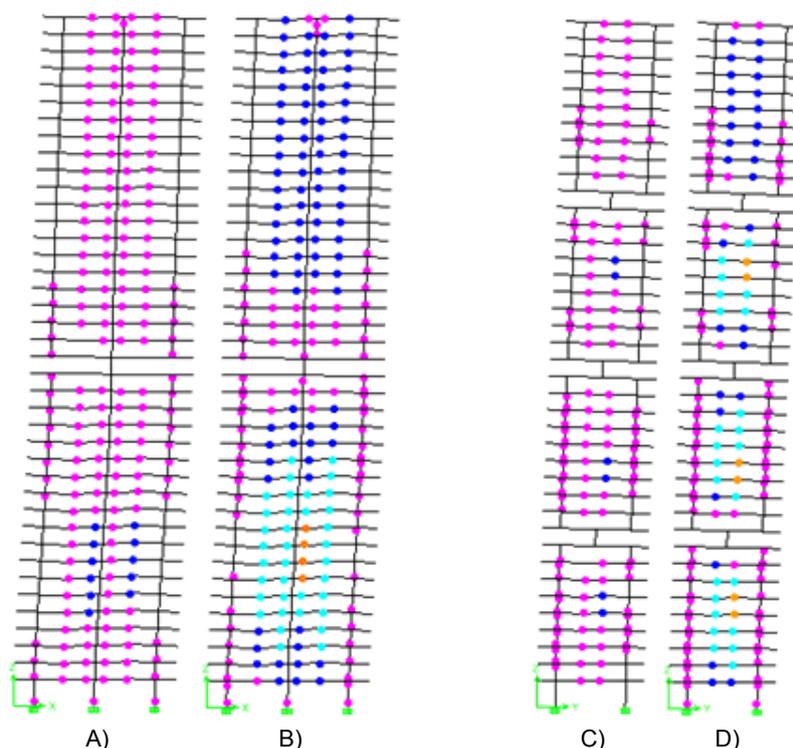
La tabla anterior muestra un buen comportamiento de la estructura al comparar el nivel de ductilidad establecido al momento del diseño y la ductilidad alcanzada por la

estructura después del análisis inelástico. Al relacionar la ductilidad del sistema con el cortante basal del mismo, como lo hemos visto en el transcurso de este estudio, sigue la tendencia de mayor resistencia del sistema asociada a una menor ductilidad del mismo, esta relación se observa en la comparación de los casos RCDF ante SR.

En los cuatro casos analizados, el coeficiente de cortante basal es mucho mayor que el marcado por el código (0.1667), desde 1.68 veces para el caso X RCDF hasta 2.52 veces para el caso Y SR.

Cuando se comparan los resultados de fuerzas y desplazamientos entre los marcos de las dos direcciones del edificio, encontramos que los marcos paralelos al eje X alcanzan mayor ductilidad que los marcos paralelos al eje Y, sin embargo, resultan con menor resistencia. La ductilidad se debe a que en el eje de las X existe un mayor número de vigas, mismas que proporcionan la mayor parte de ductilidad al edificio; y la diferencia en resistencia se debe a que los marcos de fachada paralelos al eje Y sólo tienen una cruzía, lo cual lleva a que los elementos rígidos de fachada traten de acoplarse y funcionen como un solo elemento.

La formación de articulaciones en los elementos estructurales, se describen en la siguiente figura.



Formación de articulaciones en los marcos: A) formación de articulaciones al momento de fluencia en el marco 1, B) antes del colapso en el marco 1, C) fluencia en el marco A, D) antes del colapso en el marco A.

Este esquema muestra la similitud que existe en la respuesta del análisis inelástico con la gráfica de distorsiones de entre piso. Las articulaciones que presentan mayor rotación se encuentran en los niveles de las distorsiones máximas de entre piso. También se observa que las articulaciones plásticas de mayor valor se encuentran en los niveles medios comprendidos dentro del macro marco.

VIGAS		COLUMNAS	
	0.000 - 0.010		0.000 - 0.005
	0.010 - 0.020		0.005 - 0.015
	0.020 - 0.025		0.015 - 0.020
	0.025 - 0.030		0.020 - 0.022
	0.030 - 0.035		0.022 - 0.025
	0.035 - 0.040		0.025 - 0.027
	0.040 - 0.050		0.027 - 0.030

El comportamiento inelástico de este modelo, nivel de ductilidad, sigue siendo el esperado de acuerdo a los parámetros iniciales establecidos por el RCDF.

Tabla 5.41. Rotación en articulaciones de vigas y columnas. Unidades en radianes.

M3X3Y - 40₄₅₀₋₄₅₀

Descripción del edificio

Este edificio de 40 niveles (137.8 m), está estructurado a base de macro marcos y un concreto reforzado de 450 kg/cm².

Como lo expresa la nomenclatura 3X3Y, este sistema estructural cuenta con 3 macro marcos en las fachadas paralelas al eje X y 3 macro marcos en las fachadas paralelas al eje Y. En ambas direcciones los marcos que se forman se encuentran en los niveles 10, 20 y 30 del edificio, tal como se muestra en la siguiente figura:

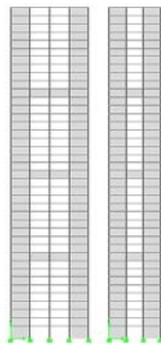


Figura 5.32. Macro marcos en fachadas paralelas al eje X y Y.



Figura 5.33. Vista en isométrico

Las vistas en planta que se muestran a continuación ilustran la formación de macro marcos en los distintos niveles del edificio.

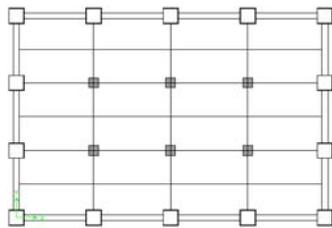


Figura 5.34. Nivel 10, 20 y 30.

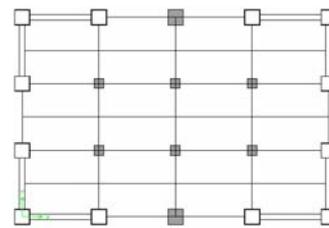


Figura 5.35. Niveles restantes.

Se observa la diferencia en las dimensiones de las columnas interiores, cuya aportación a la resistencia lateral del sistema es mínima en comparación de los elementos de fachada toman la mayor parte de las acciones laterales. Las dimensiones de los elementos estructurales se encuentran detalladas en el apéndice I.

Espectro de diseño

El espectro de diseño utilizado para este edificio tiene un factor de comportamiento sísmico de 3.0 debido al sistema estructural de muros de cortante, un factor de irregularidad de 0.9 por la relación de su altura con el lado más corto de su base y aceleraciones espectrales de acuerdo a los para la zona IIIb de las NTC por Diseño por Sismo del RCDF.

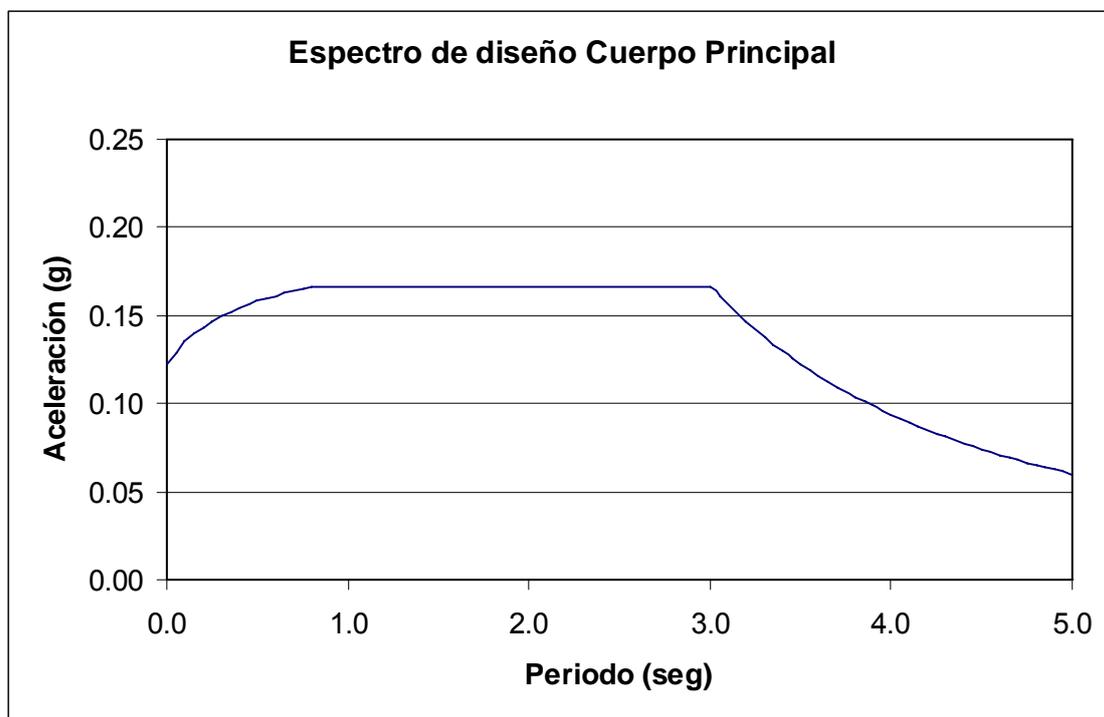


Figura 5.36. Espectro de diseño del cuerpo principal.

Propiedades dinámicas de la estructura

La siguiente tabla muestra los periodos y la participación de la masa modal de la estructura.

MODO	PERIODO (seg)	MASA MODAL (%)	
		X	Y
1	1.749	0.00	65.71
2	1.329	68.32	0.00
3	0.631	0.00	0.00
Σ masas =		94.41	94.22

Tabla 5.42. Masas modales y periodos

Resalta el corto valor del periodo fundamental de 1.749 seg para una estructura de 137.8 m de altura.

Análisis y diseño elástico

La siguiente gráfica muestra la respuesta de distorsiones de entre piso del edificio. Fácilmente se logra distinguir los niveles donde se presenta la estructuración de macro marcos en la fachada, siendo tres macro marcos en cada dirección.

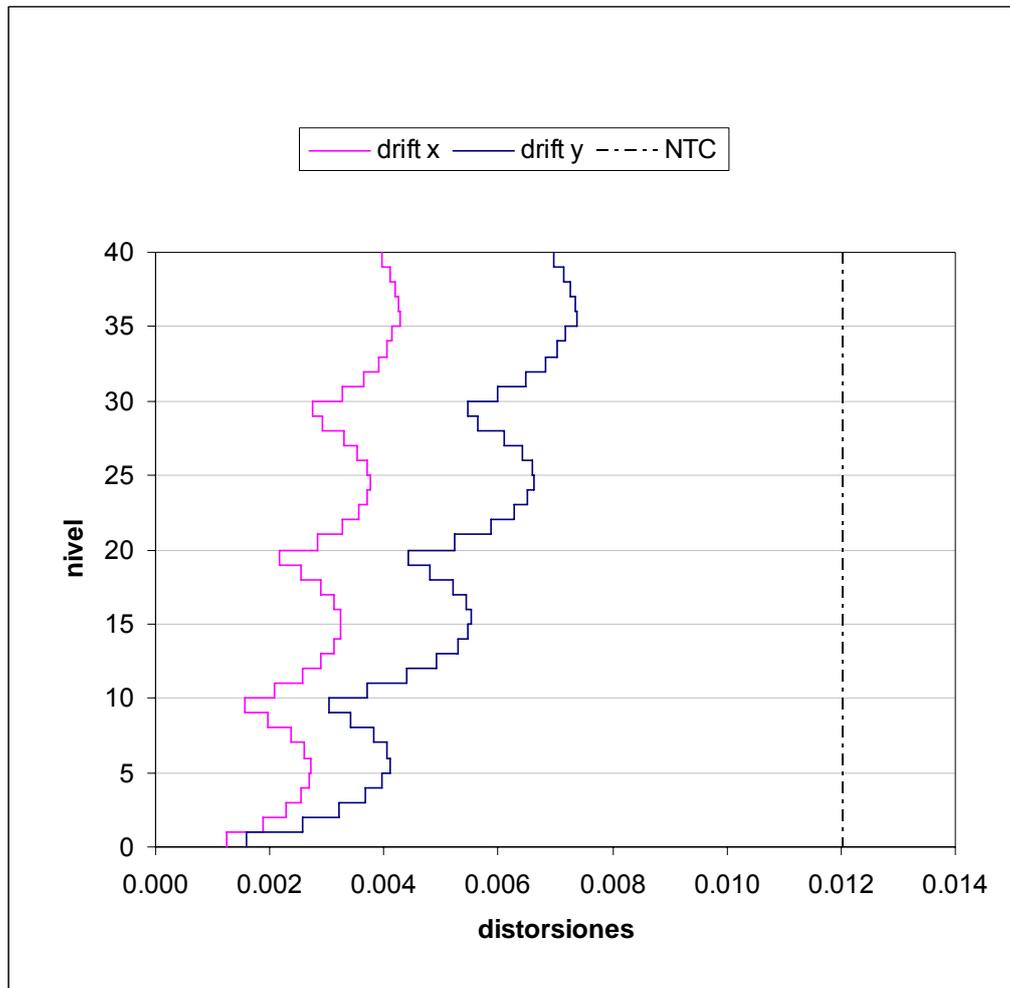


Figura 5.37. Distorsiones de entre piso.

En los primeros niveles del edificio aparecen distorsiones pequeñas en comparación de las distorsiones de los niveles superiores, esto se debe a que el diseño de los elementos estructurales en los niveles inferiores está regido por las fuerzas actuantes, mientras que en los niveles superiores el diseño de los elementos estructurales es gobernado por el desplazamiento lateral. Estos últimos siguen estando lejos del límite de distorsión especificado por el reglamento, y aunque se podría lograr una estructura aceptable, en cuanto a distorsiones se refiere, asignando secciones menores a los elementos estructurales de estos últimos pisos, la diferencia de rigideces a los niveles inferiores daría como resultado un mal desempeño del sistema.

Comparando las distorsiones de entrepiso en ambas direcciones, se encuentra que los marcos paralelos al eje X presentan valores menores a los del eje Y, y aunque los marcos de fachada paralelos al eje Y cuentan con secciones mayores en sus elementos estructurales (ver Apéndice I) a los del eje X, esto se debe al número de crujías que existe en cada dirección.

A manera de resumen, en la siguiente tabla se presentan los valores más representativos de la gráfica de distorsiones de entrepiso.

parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Vo ton	Wo ton	c Vo/Wo	c c/Q'	Max Drift	Max perm	Q
M3X3Y - 40 ₄₅₀₋₄₅₀	1.75	X	6272	40777	0.1538	0.1667	0.0043	0.012	3
		Y	6103	40777	0.1497	0.1667	0.0074	0.012	3

Tabla 5.43. Resumen de las propiedades del edificio.

Los valores máximos de las distorsiones de entre piso en ambas direcciones tienen una diferencia de 58% con respecto al valor del eje X, resultado de la diferencia del número de crujías para el eje X y el eje Y. Esta diferencia no había sido tan notoria en los modelos anteriores, lo cual indica para este estudio que existe una relación entre la geometría de la planta y la altura del edificio para que ambas direcciones presenten una respuesta elástica similar.

Los demás resultados expuestos en esta tabla se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el reglamento. Una vez concluido esta etapa de análisis se comienza con el diseño estructural. Los detalles de las secciones y del acero de refuerzo se muestran en el apéndice I.

Los muros de cortante, y las columnas que confinan a los muros que forman las columnas de los macro marcos, presentan mayor cuantía de acero en la base y en la cercanía de la viga del macro marco, ya que tienen un comportamiento similar al de un marco de concreto convencional (ver apéndice I).

Las vigas de fachada tienen una cuantía de acero pequeña, e incluso en varios elementos la cuantía es mínima, lo cual nos indica que las fuerzas laterales inducidas al edificio son soportadas por los macro marcos.

Del apéndice I se cuantifica la cantidad de material utilizado en la estructura del edificio, la cual se resume en la siguiente tabla:

PESO				MATERIAL / m ²	
Wcon ton	Wacero ton	acer/con %	área m ²	Vol.con/area m ³ /m ²	Wacero/area kg/m ²
28,014	2625	9.4	26,880	0.47	97.66

Tabla 5.44. Cantidad de material en el edificio.

Los valores mencionados en la tabla anterior nos muestran un panorama del costo de la estructura, que será complementado con el resultado del análisis inelástico para conocer su comportamiento, de esta manera sabremos la eficiencia del sistema.

Análisis inelástico

Teniendo el detalle estructural de cada uno de los elementos que componen el edificio, se procede a la asignación de los valores de la curva esfuerzo-deformación a los elementos estructurales para monitorear el comportamiento inelástico del sistema. Los parámetros utilizados para la curva esfuerzo-deformación en los elementos estructurales, son los propuestos por el FEMA-356 (ver capítulo 4).

La siguiente gráfica muestra la respuesta inelástica de la estructura ante una carga lateral estática creciente para los cuatro casos a analizar.

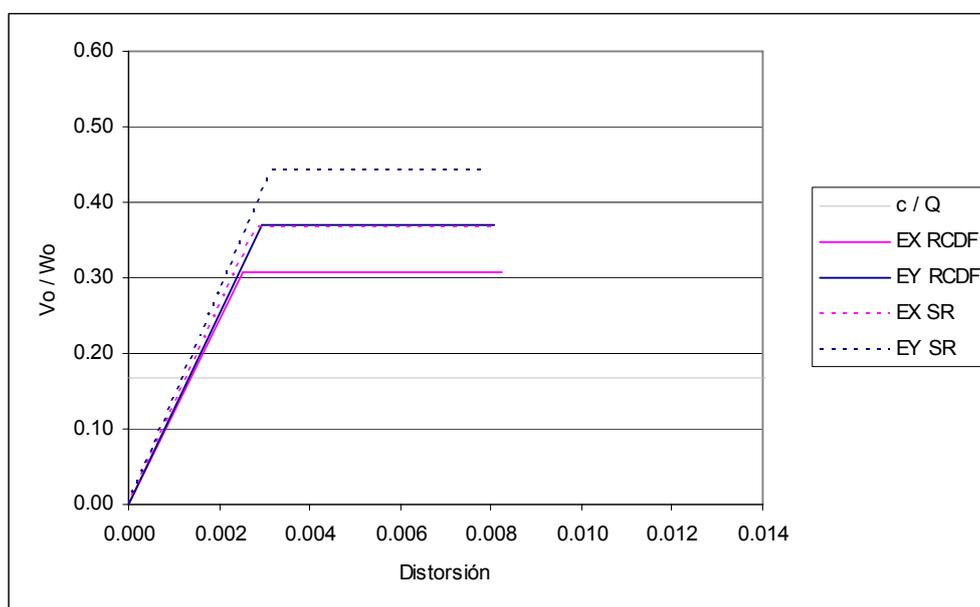


Figura 5.38. Curva de capacidad.

Distorsión – cociente del desplazamiento lateral del nivel más alto de la estructura con respecto a su base entre la altura total de la estructura.

V_o / W_o - coeficiente de cortante basal.

Los valores de la curva de capacidad, se expresan numéricamente en la tabla 5.45.

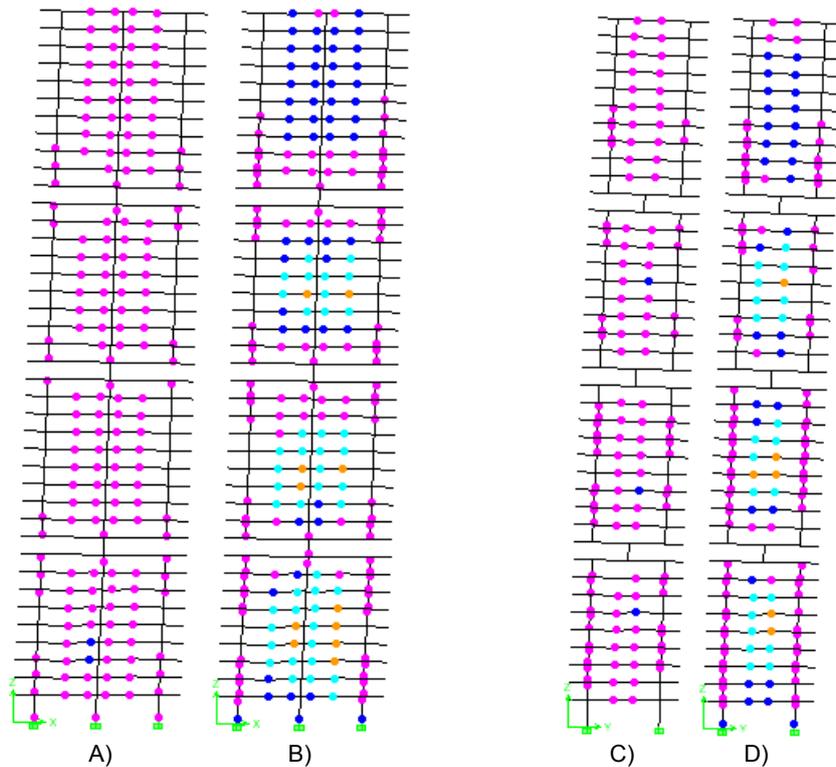
En los valores del coeficiente de cortante basal (c), mostrados en la tabla 5.45., se observa la resistencia que ofrece este sistema en comparación al coeficiente sísmico que marca el reglamento (0.1667), donde se incrementa desde un 86% para el caso X RCDF hasta un 164% para el caso Y SR. En cuanto a la ductilidad del edificio, se presenta la relación de a mayor resistencia del sistema menor ductilidad del mismo. Aún así, los valores de ductilidad alcanzados en el análisis siguen estando en un rango razonable.

parámetros establecidos por el RCDF

MODELO	T seg	Eje	Caso	c Vo/Wo	Drift Fluencia	Max Drift	Vo ton	μ	Q
M3X3Y - 40 ₄₅₀₋₄₅₀	1.75	X	X RCDF	0.31	0.0025	0.0083	16057	3.27	3
			X SR	0.37	0.0028	0.0080	18782	2.85	
		Y	Y RCDF	0.37	0.0030	0.0081	19381	2.73	3
			Y SR	0.44	0.0031	0.0078	22565	2.49	

Tabla 5.45. Propiedades inelásticas del edificio.

En la siguiente figura se ilustra la formación de articulaciones en los marcos de fachada al momento de alcanzar la fluencia global de la estructura y al momento del colapso de la misma.



Formación de articulaciones en los marcos: A) formación de articulaciones al momento de fluencia en el marco 1, B) antes del colapso en el marco 1, C) fluencia en el marco A, D) antes del colapso en el marco A.

Como se muestra en la figura anterior, en ambos marcos de fachada las articulaciones que presentan una mayor rotación son las que se encuentra a media altura dentro del macro marco, tal como se comportan los máximos desplazamientos de la estructura en la gráfica de distorsiones de entrepiso.

En las columnas que forman parte del macro marco, la formación de articulaciones de mayor rotación ocurren cerca de la viga que forma parte del macro marco así como en

la base, incluso al momento del colapso, en ambas fachadas, las columnas del macro marco que se encuentran en la base cuentan con una rotación un poco después del límite elástico.

VIGAS	COLUMNAS
 0.000 - 0.010	 0.000 - 0.005
 0.010 - 0.020	 0.005 - 0.015
 0.020 - 0.025	 0.015 - 0.020
 0.025 - 0.030	 0.020 - 0.022
 0.030 - 0.035	 0.022 - 0.025
 0.035 - 0.040	 0.025 - 0.027
 0.040 - 0.050	 0.027 - 0.030

Al final del análisis se encuentra que el nivel global de ductilidad es adecuado aunque las columnas de la base se encuentran articuladas, por lo que se puede decir que este sistema estructural tiene un buen desempeño sísmico para el factor de comportamiento de 3.0 elegido para el diseño.

Tabla 5.46. Rotación en articulaciones de vigas y columnas. Unidades en radianes.

6. COMPARACION DE MODELOS

Recopilando la información más representativa de cada uno de los modelos analizados, se realizan comentarios y observaciones en cuanto al desempeño de cada uno de los tipos de edificios, así como también sobre las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas, dependiendo la altura del edificio, la resistencia del concreto y el sistema estructural utilizado.

Influencia de la sobre resistencia nominal de los materiales en el comportamiento de la estructura.

La tabla 6.1., muestra los resultados del coeficiente de cortante basal y de ductilidad de cada estructura con y sin influencia de sobre resistencia nominal de los materiales.

MODELO	Vo / Wo						μ					
	X			Y			X			Y		
	RCDF	SR	SR / RCDF	RCDF	SR	SR / RCDF	RCDF	SR	SR / RCDF	RCDF	SR	SR / RCDF
M - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	0.19	0.25	1.32	0.20	0.27	1.35	4.96	4.02	0.81	4.92	4.00	0.81
MF - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	0.18	0.25	1.39	0.20	0.27	1.35	4.77	4.07	0.85	4.56	3.78	0.83
MFR - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	0.37	0.46	1.24	0.39	0.47	1.21	2.39	2.27	0.95	2.19	2.01	0.92
M - 25 ₃₀₀₋₃₀₀	0.18	0.24	1.33	0.19	0.26	1.37	4.64	3.92	0.84	4.22	3.46	0.82
M - 25 ₃₀₀₋₄₀₀	0.19	0.24	1.26	0.21	0.26	1.24	4.31	3.66	0.85	4.05	3.54	0.87
MF - 25 ₃₀₀₋₄₀₀	0.19	0.24	1.26	0.20	0.25	1.25	3.98	3.39	0.85	3.78	3.29	0.87
MFW - 25 ₄₅₀₋₄₅₀	0.27	0.32	1.19	0.33	0.39	1.18	3.32	3.04	0.92	3.06	3.02	0.99
M1X3Y - 40 ₄₅₀₋₄₅₀	0.28	0.35	1.25	0.34	0.42	1.24	3.41	2.92	0.86	3.15	2.72	0.86
M3X3Y - 40 ₄₅₀₋₄₅₀	0.31	0.37	1.19	0.37	0.44	1.19	3.27	2.85	0.87	2.73	2.49	0.91

Tabla 6.1. Comparación del coeficiente de cortante basal y ductilidad de cada modelos.

La nomenclatura de los modelos se define en el capítulo 4. MODELOS A ANALIZAR, y los casos de carga en el Capítulo 6, PARAMETROS PARA LA INTERPRETACIÓN DE LAS RESPUESTAS INELASTICAS.

La diferencia en relación al coeficiente de cortante basal con y sin sobre resistencia nominal de los materiales oscila entre el 18% y 39% para todos los casos, valores que son similares a los establecidos para la sobre resistencia nominal de los materiales (30% y 20% para el concreto y acero respectivamente). Se puede identificar que al incluir muros de cortante en los sistemas estructurales, disminuye la diferencia en el coeficiente de cortante basal entre los casos RCDF y SR, por lo que no se puede asumir que la aportación de la sobre resistencia de los materiales varíe de forma lineal en resistencia global de la estructura.

Al introducir factores de sobre resistencia en los materiales estructurales se ve afectado el nivel de ductilidad del sistema hasta en un 19%. Se puede observar que las estructuras que incluyen muros de cortante en su sistema no incrementan tan significativamente el nivel de ductilidad como los sistemas a base de marcos dúctiles, lo cual indica que la ductilidad es afectada en mayor escala por el sistema estructural que por la resistencia de sus componentes de manera individual.

Para la familia de edificios de 15 niveles, los casos M-15₃₀₀₋₃₀₀ y MF-15₃₀₀₋₃₀₀ (nomenclatura descrita en el capítulo 4. MODELOS A ANALIZAR) prácticamente presentan los mismos resultados con un incremento en el coeficiente de cortante basal mayor al 30%, mientras que el modelo MFR-15₃₀₀₋₃₀₀ incrementa hasta un 24% en la dirección X. Para los tres modelos de esta familia se puede decir que la sobre

resistencia del sistema en cuanto a la sobre resistencia nominal de los materiales, depende del factor de comportamiento sísmico de diseño (Q), obteniendo un cortante basal resistente menor cuando se utilizan menores valores de Q para diseñar.

Los modelos M-25₃₀₀₋₃₀₀ y M-25₃₀₀₋₄₀₀ de la familia de 25 niveles, tienen resistencia del concreto en las columnas de 300 kg/cm² y 400 kg/cm², respectivamente; estos modelos presentan diferencia en el cortante basal sin sobre resistencia, sin embargo, ambos alcanzan el mismo valor para los casos donde sí interviene la sobre resistencia nominal de los materiales. El cambio de resistencia del concreto en las columnas se verá reflejado en la comparación de la cantidad de material requerido para cada edificio, como se comentará posteriormente.

En esta misma familia de 25 niveles, se observa que el incremento en el cortante basal de los modelos M-25₃₀₀₋₄₀₀ y MF-25₃₀₀₋₄₀₀ es de 25% en ambas direcciones aproximadamente, lo cual indica una similitud referente al incremento en el concreto de las columnas, que difiere del modelo M-25₃₀₀₋₃₀₀ de igual f'c para columnas y vigas.

El modelo MFW-25₄₅₀₋₄₅₀ cuenta con un cortante basal mayor al resto de los edificios de la familia de 25 niveles por la estructuración de muros de cortante que rigidizan la estructura; sin embargo, el incremento en el cortante basal por sobre resistencia de los materiales en 19% y 18% para las direcciones X y Y respectivamente, es inferior a los incrementos de los modelos de la misma familia.

Para los edificios de 40 niveles, se distingue que el incremento en el cortante basal debido a la sobre resistencia de los materiales depende del sistema estructural; en el modelo M1X3Y-40₄₅₀₋₄₅₀ el cortante basal aumenta 25% y para el modelo M3X3Y-40₄₅₀₋₄₅₀ 19%. Sin embargo, la estructuración que presenta un macro marco más en el dirección al eje Y (M3X3Y-40₄₅₀₋₄₅₀), muestra un incremento del 10% en el coeficiente de cortante basal respecto al modelo M1X3Y-40₄₅₀₋₄₅₀.

Comparación de los parámetros de diseño del RCDF y el comportamiento real de la estructura.

La siguiente tabla muestra los parámetros de diseño establecidos por el Reglamento del Distrito Federal: ordenada espectral y factor de comportamiento sísmico, contra el coeficiente de cortante basal y de ductilidad estimados por medio de un análisis estático no lineal de carga lateral de cada estructura.

MODELO	X			Y			Q	X		Y	
	c/Q'	RCDF	RCDF / c/Q'	c/Q'	RCDF	RCDF / c/Q'		μRCDF	μRCDF / Q	μRCDF	μRCDF / Q
M - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	0.11	0.19	1.66	0.11	0.20	1.78	4	4.96	1.24	4.92	1.23
MF - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	0.12	0.18	1.55	0.11	0.20	1.74	4	4.77	1.19	4.56	1.14
MFR - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	0.24	0.37	1.54	0.24	0.39	1.64	2	2.39	1.20	2.19	1.10
M - 25 ₃₀₀₋₃₀₀	0.14	0.18	1.33	0.14	0.19	1.41	4	4.64	1.16	4.22	1.06
M - 25 ₃₀₀₋₄₀₀	0.14	0.19	1.41	0.14	0.21	1.56	4	4.31	1.08	4.05	1.01
MF - 25 ₃₀₀₋₄₀₀	0.13	0.19	1.52	0.13	0.20	1.60	3	3.98	1.33	3.78	1.26
MFW - 25 ₄₅₀₋₄₅₀	0.17	0.27	1.62	0.17	0.33	1.98	3	3.32	1.11	3.06	1.02
M1X3Y - 40 ₄₅₀₋₄₅₀	0.17	0.28	1.68	0.17	0.34	2.04	3	3.41	1.14	3.15	1.05
M3X3Y - 40 ₄₅₀₋₄₅₀	0.17	0.31	1.86	0.17	0.37	2.22	3	3.27	1.09	2.73	0.91

Tabla 6.2. Comparación del coeficiente sísmico y factor de comportamiento sísmico del RCDF, con el coeficiente de cortante basal y ductilidad de cada modelo.

En todos los casos encontramos que las respuestas de cada estructura son superiores a las establecidas por el Reglamento, y que los casos de estudio en dirección al eje X presentan un menor coeficiente de cortante basal y una mayor ductilidad en relación a los casos en dirección al eje Y debido al número de crujías que forman los marcos de cada dirección, 4 en el eje X y 3 en el eje Y. También se refleja el aumento en el coeficiente de cortante basal cuando se incorporan muros de cortante, mismos que rigidizan la estructura y la mantienen dentro de los límites de desplazamiento que marca el reglamento.

Para la estructuración a base de marcos dúctiles (M) en una altura de 15 niveles encontramos que el coeficiente de cortante basal es 1.65 veces mayor que el establecido por el reglamento, y la ductilidad incrementa más del 20%. Estos valores indican una sobre resistencia y ductilidad aportada por el sistema estructural, demostrando que la estructuración de marcos dúctiles para edificios de 15 niveles (altura moderada) es la mejor opción en cuanto a comportamiento sísmico.

En la familia de 15 niveles, y para este estudio, se encontró que el sistema estructural MFR (columnas intermedias en las vigas de fachada) no puede ser diseñado con un factor de comportamiento sísmico de 4, ya que al tratar de cumplir con los requisitos de resistencia (sección 7.2.4.1 de las NTC), no se cumplen los requisitos geométricos (sección 7.2.1 de las NTC) para marcos dúctiles, por lo que este sistema se tuvo que diseñar con un factor de comportamiento sísmico de 2. De esta manera, el sistema tiene un buen desempeño con valores de coeficiente de cortante basal 50% mayor a la ordenada espectral y una ductilidad 10% superior a la establecida por el RCDF.

En los edificios de 25 niveles, la estructuración de marcos dúctiles (M) tiene un incremento mayor al 30% en el coeficiente de cortante basal con respecto al coeficiente sísmico, mientras que el sistema estructural con muros de concreto en las fachadas del edificio (MFW) cuenta con un incremento superior al 60%. En cuanto a ductilidad se refiere, todos los sistemas estructurales superan los parámetros del reglamento en aproximadamente 10% con la excepción del sistema MF (marcos dúctiles con marcos de fachada) que los supera en más del 25%, haciendo de éste la mejor opción para edificios de esta altura. Cabe mencionar que para fortalecer la decisión del sistema estructural a utilizar, se debe de tomar en cuenta la cantidad de material utilizado en su construcción. Este tema se comentará posteriormente en este apartado.

Los sistemas de macro marcos (M1X3Y, M3X3Y) cumplen satisfactoriamente con las consideraciones de diseño. La ductilidad alcanzada de cada sistema es muy similar a la propuesta en el diseño (factor de comportamiento sísmico de 3), incluso es superada en 10% en ciertos casos. En cuanto al coeficiente de cortante basal, éste tiene un incremento desde el 68% para los casos en dirección al eje X hasta un 122% para los casos en dirección al eje Y con respecto a las ordenadas espectrales que marca el Reglamento. Por lo que se puede decir que estructurar a base de macro marcos un edificio de concreto reforzado de características similares, en cuanto a planta arquitectónica y altura, es una buena elección.

Relación de la cantidad de material utilizado en cada estructura.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la cantidad de material utilizado para cada edificio, así como el espacio libre utilizable, el cual es obtenido como la suma del espacio libre de columnas y muros en cada uno de sus niveles entre el número de ellos.

MODELO	Vol.con/área m ³ /m ²	Wacero/área kg/m ²	acer/con %	E. libre x nivel m ²
M - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	0.25	57	10	652
MF - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	0.25	64	12	650
MFR - 15 ₃₀₀₋₃₀₀	0.30	85	13	644
M - 25 ₃₀₀₋₃₀₀	0.42	93	10	631
M - 25 ₃₀₀₋₄₀₀	0.41	87	10	631
MF - 25 ₃₀₀₋₄₀₀	0.42	102	11	626
MFW - 25 ₄₅₀₋₄₅₀	0.40	58	7	614
M1X3Y - 40 ₄₅₀₋₄₅₀	0.49	102	10	596
M3X3Y - 40 ₄₅₀₋₄₅₀	0.47	98	9	596

Tabla 6.3. Relación de cantidad de materia y espacio libre de cada modelo.

Esta tabla nos ayuda a complementar a los resultados de comportamiento y desempeño de cada sistema estructural, haciendo intervenir la parte económica en la decisión de elección del sistema estructural.

En la familia de 15 niveles se observa que la cantidad de materiales es gobernada por el factor de comportamiento sísmico (Q) utilizado, que mientras más pequeño sea aumentará la cantidad de material. En este grupo de edificios la estructuración de marcos dúctiles es la más económica y con mayor espacio rentable

Es notorio que el tipo sistema estructural utilizado en los edificios de 25 niveles es el responsable de la cantidad de material utilizado para cada modelo, con una reducción importante de material en la estructuración del edificio con muros de cortante, para el cual el acero de refuerzo se reduce un poco menos de la mitad en comparación de los modelos de la misma familia a pesar de ser diseñado con un factor de comportamiento sísmico menor. Aunque el ahorro del acero de refuerzo sea importante, se verá balanceado por el incremento en el costo del concreto, el cual es de mayor resistencia que el resto de los edificios, por lo que en esta familia todos los edificios tienen un costo de material similar. Siendo el espacio libre el factor decisivo para la estructuración del edificio; por este concepto el sistema de marcos dúctiles la mejor opción para los edificios de 25 niveles de este estudio.

Los edificios de gran altura estructurados con macro marcos presentan cantidades de materiales similares, al traducir estos en costo resultaría ventajosa la estructuración de tres macro marcos para cada fachada (M3X3Y-40₄₅₀₋₄₅₀) en lugar de un macro marco para la fachada X y tres marco marcos para la fachada Y (M1X3Y-40₄₅₀₋₄₅₀).

Esta tabla de cuantificación de material es de gran ayuda para la selección del sistema estructural del edificio en cuanto a costo se refiere, ya que cualquiera que fuese el sistema estructural que se haya seleccionado, está comprobado que cumple satisfactoriamente con los requisitos establecidos en el RCDF.

7. CONCLUSIONES

Esta investigación intenta de conocer las ventajas y desventajas de distintos sistemas estructurales para edificios altos de concreto reforzado en la Ciudad de México. Esto se logra comparando, para cada uno de los modelos descritos en este estudio, el coeficiente de cortante basal contra el coeficiente sísmico, la ductilidad del sistema contra el factor de comportamiento sísmico, la influencia de la sobre resistencia nominal de los materiales y de la estructura, y la cantidad de materiales utilizados para cada sistema estructural.

Los casos en estudio son edificios de concreto reforzado de 15, 25 y 40 niveles con la misma planta arquitectónica, variando la resistencia del concreto y el sistema estructural (ver capítulo 4. MODELOS A ANALIZAR), diseñados de acuerdo a las normas del RCDF para la zona IIIb. El desempeño de cada estructura es evaluado con el método estático no lineal de empuje lateral, el cual permite resultados con relativamente poco esfuerzo computacional.

Para satisfacer los requisitos de desplazamiento establecidos en el Reglamento, se incorporaron muros de cortante conforme aumenta la altura de la estructura, obteniendo mayores diferencias en el coeficiente de cortante para estructuras con muros de cortante que para los casos donde se utilizaron marcos dúctiles. Por otro lado, la diferencia entre la ductilidad real y la propuesta por el Reglamento es mayor cuando se estructura a base de marcos dúctiles que cuando se diseña con muros de cortante. Cualquiera que fuese el diseño estructural, siempre se obtuvieron valores superiores a los establecidos por el RCDF.

La estructuración de marcos dúctiles con marcos de fachada (MF) en edificios de 15 niveles, presenta un buen comportamiento sísmico aunque no alcanza los valores obtenidos por el sistema de marcos dúctiles (M).

El modelo de marcos con columnas intermedias (MFR) no es adecuado para edificios de 15 niveles y alturas superiores donde se quiera utilizar un factor de comportamiento sísmico de 3 ó 4. Ya que al reducir el claro de las vigas a la mitad con una columna, las vigas no cumplen con los requisitos de geometría establecidos en el apartado de marcos dúctiles de Reglamento, por lo que este tipo de sistemas estructurales deben de diseñarse con un factor de comportamiento sísmico de 2. Para este caso también se demuestra que las respuestas inelásticas satisfacen adecuadamente los valores propuestos por el Reglamento.

En cuanto a las estructuraciones en los edificios de 25 niveles, encontramos que al incorporar muros de cortante en la estructura, el coeficiente de cortante basal aumenta y se reduce significativamente las secciones del resto de los elementos estructurales.

En la estructuración de edificios de concreto reforzado de una altura considerable, como es el caso de los modelos de 40 niveles (137.8m de altura), se encontró que ninguno de los sistemas estructurales anteriores cumple con los parámetros de desplazamiento del RCDF, por lo que el sistema estructural a base de macro marcos es una opción viable para edificios de esta altura.

Se observó que la sobre resistencia de cada sistema estructural no sólo se ve influenciada por la sobre resistencia nominal de los materiales, la cual oscila entre el

20% y el 30% para todos los modelos, sino que está ligada al detalle de refuerzo de los elementos estructurales, los cuales fueron diseñados con el mismo armado para los elementos de la misma sección cuando sus elementos mecánicos no distan entre ellos más del 20% lo que lleva a una sobre resistencia en el sistema. Por ejemplo, en dirección al eje X para el caso de marcos dúctiles (M) de 15 niveles la sobre resistencia total es del 66% y para la estructuración de macro marcos (M3X3Y) de 40 niveles es del 86%. De manera que al obtener un factor de sobre resistencia total del sistema, incluyendo la sobre resistencia nominal de los materiales más la sobre resistencia aportada por el diseño estructural, obtenemos para los dos casos antes mencionados (M, M3X3Y), una sobre resistencia total del sistema de 127% y 123% respectivamente.

Al introducir la cantidad de materiales utilizados y el espacio libre de entrepiso a las respuestas de desempeño de cada caso, para este estudio en particular, es conveniente estructurar edificios de 15 niveles a base de marcos dúctiles (M), los edificios de 25 niveles a base marcos dúctiles (M) ó con muros de cortante (MFW), y estructuraciones a base de macro marcos (M3X3Y) para edificios de 40 niveles.

Los modelos analizados en este estudio cuentan con un buen comportamiento sísmico y responden a los parámetros supuestos del Reglamento de Construcción del Distrito Federal. Haciendo de estos sistemas estructurales una opción segura para el diseño de edificios de concreto reforzado en zonas sísmicas de la Ciudad de México.

Este estudio se limita a un número reducido de edificios con características específicas y métodos de análisis inelástico relativamente simples que requieren poco esfuerzo computacional; se considera que los resultados obtenidos pueden servir de base para estudios futuros más detallados sobre factores de comportamiento real y sobre las ventajas de distintos sistemas estructurales para edificios altos de concreto reforzado en la Ciudad de México.

8.1. APENDICE A. Detalle de elementos estructurales del edificio M-15₃₀₀₋₃₀₀

En este apartado se muestra el detalle del acero de refuerzo de los elementos estructurales del edificio M-15₃₀₀₋₃₀₀.

M - 15₃₀₀₋₃₀₀

Vigas Secundarias

El refuerzo de las vigas secundarias es el mismo para todo el edificio.

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
VS	60 x 30	2 # 8 3 # 6	2 # 8 3 # 6	2 # 6 2 # 6	2 # 6 2 # 6	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 25.0

VIGAS PARALELAS AL EJE "X"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje	Marco 1				Marco 2				Marco 3				Marco 4			
	A-B	B-C	C-D	D-E												
nivel																
1	V1	V1	V1	V1												
2	V1	V1	V1	V1												
3	V1	V1	V1	V1												
4	V1	V1	V1	V1												
5	V1	V1	V1	V1												
6	V1	V1	V1	V1												
7	V1	V1	V1	V1												
8	V2	V2	V2	V2												
9	V2	V2	V2	V2												
10	V2	V2	V2	V2												
11	V3	V3	V3	V3												
12	V3	V3	V3	V3												
13	V4	V4	V4	V4												
14	V5	V5	V5	V5												
15	V5	V5	V5	V5												

Acero de refuerzo

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V1	100 x 40	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 17.5

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V2	90 x 40	4 # 10	4 # 10	4 # 10	4 # 10	1 E # 4 @ 12.5	1 E # 4 @ 20.0
		5 # 6	5 # 6	3 # 6	3 # 6		
V3	90 x 40	4 # 8	4 # 8	4 # 8	4 # 8	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 25.0
		3 # 8	3 # 8	2 # 6	2 # 6		
V4	90 x 40	3 # 8	3 # 8	3 # 8	3 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 20.0
		3 # 6	3 # 6	1 # 6	1 # 6		
V5	80 x 40	2 # 8	2 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 25.0
		3 # 6	3 # 6				

VIGAS PARALELAS AL EJE "Y"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje	Marco A			Marco B			Marco C			Marco D			Marco E		
	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4
nivel															
1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V2	V2	V2	V1	V1	V1	V1	V1	V1
2	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V2	V2	V2	V1	V1	V1	V1	V1	V1
3	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V2	V2	V2	V1	V1	V1	V1	V1	V1
4	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V2	V2	V2	V1	V1	V1	V1	V1	V1
5	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V2	V2	V2	V1	V1	V1	V1	V1	V1
6	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V2	V2	V2	V1	V1	V1	V1	V1	V1
7	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V2	V2	V2	V1	V1	V1	V1	V1	V1
8	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V4	V4	V4	V3	V3	V3	V3	V3	V3
9	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V4	V4	V4	V3	V3	V3	V3	V3	V3
10	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V4	V4	V4	V3	V3	V3	V3	V3	V3
11	V5	V5	V5	V5	V5	V5	V6	V6	V6	V5	V5	V5	V5	V5	V5
12	V5	V5	V5	V5	V5	V5	V6	V6	V6	V5	V5	V5	V5	V5	V5
13	V7	V7	V7												
14	V8	V8	V8												
15	V9	V9	V9												

Acero de refuerzo

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V1	100 x 50	5 # 10	5 # 10	5 # 10	5 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
		4 # 10	4 # 10	3 # 8	3 # 8		
V2	100 x 50	5 # 10	5 # 10	4 # 10	4 # 10	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 20.0
		3 # 10	3 # 10	2 # 6	2 # 6		
V3	100 x 40	4 # 10	4 # 10	4 # 10	4 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 22.5
		3 # 10	3 # 10	2 # 6	2 # 6		
V4	100 x 40	4 # 10	4 # 10	3 # 10	3 # 10	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
		2 # 10	2 # 10	1 # 8	1 # 8		
V5	100 x 40	3 # 10	3 # 10	4 # 8	4 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 15.0
		2 # 10	2 # 10	1 # 8	1 # 8		
V6	100 x 40	4 # 8	4 # 8	3 # 8	3 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 15.0
		3 # 8	3 # 8	1 # 8	1 # 8		
V7	100 x 40	3 # 8	3 # 8	3 # 8	3 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
		3 # 8	3 # 8				

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V8	90 x 40	3 # 8	3 # 8	2 # 8	2 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 30.0
		2 # 6	2 # 6	1 # 6	1 # 6		
V9	90 x 40	2 # 8	2 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 20.0
		1 # 8	1 # 8				

COLUMNAS

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje nivel	Marco 1					Marco 2					Marco 3					Marco 4				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	C1	C2	C2	C2	C1	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C1	C2	C2	C2	C1
2	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3
3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3
4	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3
5	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3
6	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
7	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
8	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
9	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
10	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
11	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
12	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
13	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
14	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
15	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal	Acero transversal	
			Extremos	Medios
C1	115 x 115	44 # 10	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 30.0
C2	115 x 115	32 # 10	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 30.0
C3	115 x 115	28 # 8	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 20.0
C4	100 x 100	20 # 8	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 20.0
C5	80 x 80	12 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 20.0

8.2. APENDICE B. Detalle de elementos estructurales del edificio MF-15₃₀₀₋₃₀₀

En este apartado se muestra el detalle del acero de refuerzo de los elementos estructurales del edificio MF-15₃₀₀₋₃₀₀.

MF - 15₃₀₀₋₃₀₀

Vigas Secundarias

El refuerzo de las vigas secundarias es el mismo para todo el edificio.

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
VS	60 x 30	2 # 8	2 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 25.0

VIGAS PARALELAS AL EJE "X"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje	Marco 1				Marco 2				Marco 3				Marco 4			
	A-B	B-C	C-D	D-E												
nivel																
1	V1	V1	V1	V1	V7	V7	V7	V7	V7	V7	V7	V7	V1	V1	V1	V1
2	V2	V2	V2	V2	V8	V9	V10	V11	V8	V9	V10	V11	V2	V2	V2	V2
3	V2	V2	V2	V2	V8	V9	V10	V11	V8	V9	V10	V11	V2	V2	V2	V2
4	V2	V2	V2	V2	V8	V9	V10	V11	V8	V9	V10	V11	V2	V2	V2	V2
5	V2	V2	V2	V2	V8	V9	V10	V11	V8	V9	V10	V11	V2	V2	V2	V2
6	V2	V2	V2	V2	V8	V9	V10	V11	V8	V9	V10	V11	V2	V2	V2	V2
7	V2	V2	V2	V2	V8	V9	V10	V11	V8	V9	V10	V11	V2	V2	V2	V2
8	V3	V3	V3	V3	V8	V9	V10	V11	V8	V9	V10	V11	V3	V3	V3	V3
9	V3	V3	V3	V3	V8	V9	V10	V11	V8	V9	V10	V11	V3	V3	V3	V3
10	V3	V3	V3	V3	V8	V9	V10	V11	V8	V9	V10	V11	V3	V3	V3	V3
11	V4	V4	V4	V4	V8	V9	V10	V11	V8	V9	V10	V11	V4	V4	V4	V4
12	V4	V4	V4	V4	V8	V9	V10	V11	V8	V9	V10	V11	V4	V4	V4	V4
13	V5	V5	V5	V5	V12	V13	V14	V15	V12	V13	V14	V15	V5	V5	V5	V5
14	V6	V6	V6	V6	V12	V13	V14	V15	V12	V13	V14	V15	V6	V6	V6	V6
15	V6	V6	V6	V6	V16	V17	V17	V18	V16	V17	V17	V18	V6	V6	V6	V6

Acero de refuerzo

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V1	110 x 50	4 # 10	4 # 10	4 # 10	4 # 10	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 30.0
V2	110 x 50	5 # 10	5 # 10	5 # 10	5 # 10	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V3	100 x 50	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 8	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 8	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 32.5
V4	90 x 40	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 6	4 # 8 3 # 6	2 E # 3 @ 17.5	2 E # 3 @ 27.5
V5	90 x 40	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	4 # 8 3 # 6	4 # 8 3 # 6	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 20.0
V6	90 x 40	2 # 8 3 # 6	2 # 8 3 # 6	2 # 8	2 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 30.0
V7	70 x 45	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	3 # 6	3 # 6	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 30.0
V8	70 x 45	4 # 8 4 # 8	4 # 8 2 # 8	3 # 8 1 # 8	3 # 8 3 # 6	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V9	70 x 45	4 # 8 2 # 8	4 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 6	3 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V10	70 x 45	4 # 8 3 # 6	4 # 8 2 # 8	3 # 8	3 # 8 3 # 6	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V11	70 x 45	4 # 8 2 # 8	4 # 8 4 # 8	3 # 8 3 # 6	3 # 8 1 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V12	70 x 45	3 # 8 3 # 8	3 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 8	2 # 8 1 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 30.0
V13	70 x 45	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 8	2 # 8	2 E # 3 @ 17.5	2 E # 3 @ 30.0
V14	70 x 45	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	2 # 8	2 # 8 1 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 30.0
V15	70 x 45	3 # 8 1 # 6	3 # 8 3 # 8	2 # 8 1 # 8	2 # 8 1 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 30.0
V16	70 x 45	2 # 8 4 # 6	2 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 22.5
V17	70 x 45	2 # 8	2 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 22.5
V18	70 x 45	2 # 8	2 # 8 4 # 6	2 # 8	2 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 22.5

VIGAS PARALELAS AL EJE "Y"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje	Marco A			Marco B			Marco C			Marco D			Marco E		
	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4
nivel															
1	V1	V1	V1	V9	V9	V9	V9	V9	V9	V9	V9	V9	V1	V1	V1
2	V1	V1	V1	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V1	V1	V1
3	V1	V1	V1	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V1	V1	V1
4	V1	V1	V1	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V1	V1	V1
5	V1	V1	V1	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V1	V1	V1
6	V1	V1	V1	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V1	V1	V1
7	V1	V1	V1	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V1	V1	V1
8	V2	V2	V2	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V2	V2	V2
9	V2	V2	V2	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V2	V2	V2
10	V3	V3	V3	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V3	V3	V3

Marco / eje nivel	Marco A			Marco B			Marco C			Marco D			Marco E		
	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4
11	V3	V3	V3	V13	V14	V15	V13	V14	V15	V13	V14	V15	V3	V3	V3
12	V4	V5	V6	V13	V14	V15	V13	V14	V15	V13	V14	V15	V4	V5	V6
13	V4	V5	V6	V13	V14	V15	V13	V14	V15	V13	V14	V15	V4	V5	V6
14	V7	V7	V7	V16	V17	V18	V16	V17	V18	V16	V17	V18	V7	V7	V7
15	V8	V8	V8	V19	V20	V21	V19	V20	V21	V19	V20	V21	V8	V8	V8

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V1	120 x 60	7 # 10 4 # 10	7 # 10 4 # 10	7 # 10 5 # 8	7 # 10 5 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5
V2	110 x 60	4 # 10 6 # 10	4 # 10 6 # 10	4 # 10 5 # 10	4 # 10 5 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 15.0
V3	110 x 40	3 # 10 4 # 10	3 # 10 4 # 10	3 # 8 4 # 10	3 # 8 4 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V4	100 x 40	3 # 10 2 # 10	3 # 10 4 # 8	3 # 10 1 # 6	3 # 10 2 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 20.0
V5	100 x 40	3 # 10 4 # 8	3 # 10 4 # 8	3 # 10 2 # 8	3 # 10 2 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 20.0
V6	100 x 40	3 # 10 4 # 8	3 # 10 2 # 10	3 # 10 2 # 8	3 # 10 1 # 6	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 20.0
V7	90 x 40	2 # 8 3 # 8	2 # 8 3 # 8	4 # 6 2 # 6	4 # 6 2 # 6	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 15.0
V8	90 x 40	2 # 8 2 # 8	2 # 8 2 # 8	2 # 8 1 # 8	2 # 8 1 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 20.0
V9	80 x 45	3 # 10 2 # 10	3 # 10 2 # 10	3 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 6	2 E # 4 @ 22.5	2 E # 4 @ 25.0
V10	80 x 45	4 # 10 3 # 10	4 # 10 2 # 8	3 # 10 1 # 6	3 # 10 2 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V11	80 x 45	4 # 10 2 # 8	4 # 10 2 # 8	3 # 10 2 # 8	3 # 10 2 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V12	80 x 45	4 # 10 2 # 8	4 # 10 3 # 10	3 # 10 2 # 8	3 # 10 1 # 6	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V13	80 x 45	3 # 10 4 # 10	3 # 10 2 # 6	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 22.5
V14	80 x 45	3 # 10 2 # 6	3 # 10 2 # 6	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 22.5
V15	80 x 45	3 # 10 2 # 6	3 # 10 4 # 10	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 22.5
V16	80 x 45	4 # 8 4 # 8	4 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 8	3 # 8 1 # 6	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 30.0
V17	80 x 45	4 # 8 1 # 6	4 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 30.0
V18	80 x 45	4 # 8 1 # 6	4 # 8 4 # 8	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 30.0
V19	80 x 45	3 # 8 3 # 8	3 # 8	2 # 8 2 # 6	2 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 35.0
V20	80 x 45	3 # 8	3 # 8	2 # 8	2 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 35.0
V21	80 x 45	3 # 8	3 # 8 3 # 8	2 # 8	2 # 8 2 # 6	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 35.0

COLUMNAS

Ubicación de elementos estructurales

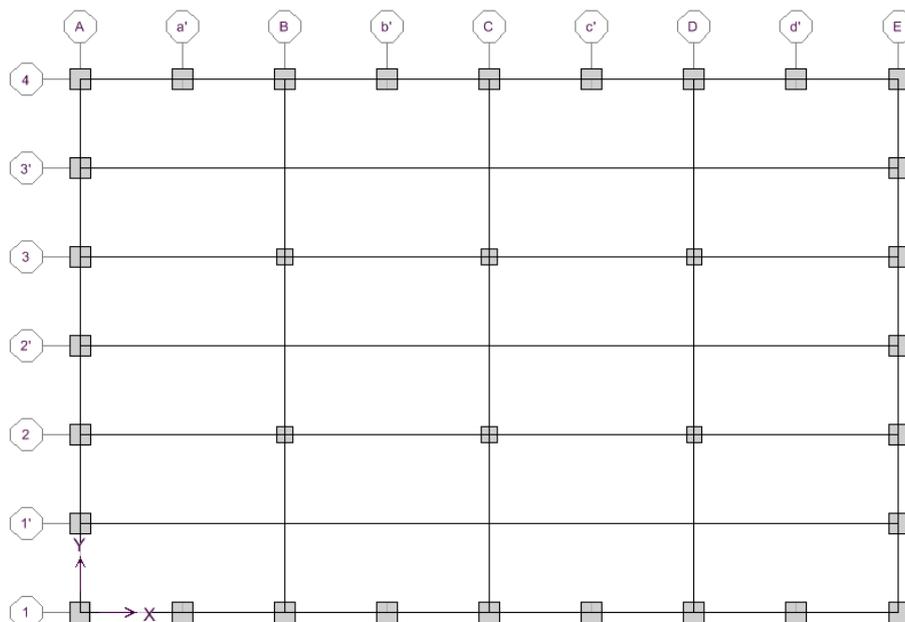
Marco/ eje nivel	Marco 1					Marco 2					Marco 3					Marco 4				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	C1	C2	C2	C2	C1	C2	C7	C7	C7	C2	C2	C7	C7	C7	C2	C1	C2	C2	C2	C1
2	C3	C4	C4	C4	C3	C3	C7	C7	C7	C3	C3	C7	C7	C7	C3	C3	C4	C4	C4	C3
3	C3	C4	C4	C4	C3	C3	C8	C8	C8	C3	C3	C8	C8	C8	C3	C3	C4	C4	C4	C3
4	C3	C4	C4	C4	C3	C3	C8	C8	C8	C3	C3	C8	C8	C8	C3	C3	C4	C4	C4	C3
5	C3	C4	C4	C4	C3	C3	C8	C8	C8	C3	C3	C8	C8	C8	C3	C3	C4	C4	C4	C3
6	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C9	C9	C9	C5	C5	C9	C9	C9	C5	C5	C5	C5	C5	C5
7	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C9	C9	C9	C5	C5	C9	C9	C9	C5	C5	C5	C5	C5	C5
8	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C9	C9	C9	C5	C5	C9	C9	C9	C5	C5	C5	C5	C5	C5
9	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C9	C9	C9	C5	C5	C9	C9	C9	C5	C5	C5	C5	C5	C5
10	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C9	C9	C9	C5	C5	C9	C9	C9	C5	C5	C5	C5	C5	C5
11	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C6	C6	C6	C6
12	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C6	C6	C6	C6
13	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C6	C6	C6	C6
14	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C6	C6	C6	C6
15	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C6	C6	C6	C6

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal	Acero transversal	
			Extremos	Medios
C1	130 x 130	44 # 12	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 35.0
C2	130 x 130	28 # 12	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 25.0
C3	130 x 130	28 # 10	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 35.0
C4	130 x 130	28 # 10	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 20.0
C5	115 x 115	28 # 8	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 20.0
C6	100 x 100	20 # 8	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 20.0
C7	80 x 80	20 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 25.0
C8	80 x 80	20 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 30.0
C9	70 x 70	20 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 30.0
C10	60 x 60	20 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 30.0

8.3. APENDICE C. Detalle de elementos estructurales del edificio MFR-15₃₀₀₋₃₀₀

En este apartado se muestra el detalle del acero de refuerzo de los elementos estructurales del edificio MFR-15₃₀₀₋₃₀₀. Ya que en este modelo se integran nuevos ejes de coordenadas debido a las columnas a mitad de claros en las fachadas, se muestra un esquema de la planta de esta configuración.

MFR - 15₃₀₀₋₃₀₀

Vigas Secundarias

El refuerzo de las vigas secundarias es el mismo para todo el edificio.

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
VS	60 x 30	2 # 8 3 # 8	2 # 8 3 # 8	3 # 8	3 # 8	1 E # 3 @ 25.0	1 E # 3 @ 25.0

VIGAS PARALELAS AL EJE "X"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje nivel	Marco 1								Marco 2				Marco 3				Marco 4							
	A-a'	a'-B	B-b'	b'-C	C-c'	c'-D	D-d'	d'-E	A-B	B-C	C-D	D-E	A-B	B-C	C-D	D-E	A-a'	a'-B	B-b'	b'-C	C-c'	c'-D	D-d'	d'-E
1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V8	V8	V9	V9	V8	V8	V9	V9	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1
2	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V8	V8	V9	V9	V8	V8	V9	V9	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1
3	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V8	V8	V9	V9	V8	V8	V9	V9	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1
4	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V8	V8	V9	V9	V8	V8	V9	V9	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1
5	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V8	V8	V9	V9	V8	V8	V9	V9	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1

Marco / eje	Marco 1								Marco 2				Marco 3				Marco 4							
	A-a'	a'-B	B-b'	b'-C	C-c'	c'-D	D-d'	d'-E	A-B	B-C	C-D	D-E	A-B	B-C	C-D	D-E	A-a'	a'-B	B-b'	b'-C	C-c'	c'-D	D-d'	d'-E
6	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V11	V11	V12	V12	V11	V11	V12	V12	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1
7	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V11	V11	V12	V12	V11	V11	V12	V12	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2
8	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V11	V11	V12	V12	V11	V11	V12	V12	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2
9	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V11	V11	V12	V12	V11	V11	V12	V12	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2
10	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V11	V11	V12	V12	V11	V11	V12	V12	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3
11	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V11	V11	V12	V12	V11	V11	V12	V12	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3
12	V4	V4	V4	V4	V4	V4	V4	V4	V11	V11	V12	V12	V11	V11	V12	V12	V4	V4	V4	V4	V4	V4	V4	V4
13	V5	V5	V5	V5	V5	V5	V5	V5	V8	V8	V9	V9	V8	V8	V9	V9	V5	V5	V5	V5	V5	V5	V5	V5
14	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V8	V8	V9	V9	V8	V8	V9	V9	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6
15	V7	V7	V7	V7	V7	V7	V7	V7	V8	V8	V9	V9	V8	V8	V9	V9	V7	V7	V7	V7	V7	V7	V7	V7

Acero de refuerzo

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V1	110 x 60	5 # 8 4 # 12	5 # 8 4 # 12	5 # 8 4 # 12	5 # 8 4 # 12	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 12.5
V2	100 x 50	5 # 8 5 # 10	5 # 8 5 # 10	5 # 8 5 # 10	5 # 8 5 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 15.0
V3	90 x 40	4 # 8 6 # 8	4 # 8 6 # 8	4 # 8 5 # 8	4 # 8 5 # 8	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 20.0
V4	90 x 40	3 # 8 3 # 10	3 # 8 3 # 10	3 # 8 4 # 8	3 # 8 4 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 15.0
V5	80 x 40	2 # 8 4 # 8	2 # 8 4 # 8	2 # 8 3 # 8	2 # 8 3 # 8	1 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 10.0
V6	80 x 40	2 # 8 2 # 8	2 # 8 2 # 8	2 # 8 2 # 8	2 # 8 2 # 8	1 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 15.0
V7	80 x 40	2 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 6	1 E # 3 @ 27.5	2 E # 3 @ 27.5
V8	80 x 40	3 # 8 4 # 8	3 # 8 4 # 6	3 # 8	3 # 8 1 # 8	1 E # 3 @ 22.5	2 E # 3 @ 30.0
V9	80 x 40	3 # 8 4 # 6	3 # 8 4 # 6	3 # 8 1 # 8	3 # 8 1 # 8	1 E # 3 @ 20.0	2 E # 3 @ 30.0
V10	80 x 40	3 # 8 4 # 6	3 # 8 4 # 8	3 # 8 1 # 8	3 # 8	1 E # 3 @ 22.5	2 E # 3 @ 32.5
V11	80 x 40	3 # 8 6 # 8	3 # 8 3 # 8	3 # 8	3 # 8 2 # 8	1 E # 3 @ 17.5	2 E # 3 @ 32.5
V12	80 x 40	3 # 8 3 # 8	3 # 8 3 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	1 E # 3 @ 17.5	2 E # 3 @ 32.5
V13	80 x 40	3 # 8 3 # 8	3 # 8 3 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8	1 E # 3 @ 17.5	2 E # 3 @ 32.5

VIGAS PARALELAS AL EJE "Y"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje	Marco A						Marco B			Marco C			Marco D			Marco E					
	1-1'	1'-2	2-2'	2'-3	3-3'	3'-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-1'	1'-2	2-2'	2'-3	3-3'	3'-4
1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V1	V1	V1	V1	V1	V1
2	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V1	V1	V1	V1	V1	V1
3	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V1	V1	V1	V1	V1	V1
4	V2	V3	V3	V3	V3	V4	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V13	V2	V3	V3	V3	V3	V4
5	V2	V3	V3	V3	V3	V4	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V2	V3	V3	V3	V3	V4

Marco / eje	Marco A						Marco B			Marco C			Marco D			Marco E					
	1-1'	1'-2	2-2'	2'-3	3-3'	3'-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-1'	1'-2	2-2'	2'-3	3-3'	3'-4
6	V2	V3	V3	V3	V3	V4	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V2	V3	V3	V3	V3	V4
7	V2	V3	V3	V3	V3	V4	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V2	V3	V3	V3	V3	V4
8	V5	V6	V6	V6	V6	V7	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V5	V6	V6	V6	V6	V7
9	V5	V6	V6	V6	V6	V7	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V5	V6	V6	V6	V6	V7
10	V5	V6	V6	V6	V6	V7	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V5	V6	V6	V6	V6	V7
11	V5	V6	V6	V6	V6	V7	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V5	V6	V6	V6	V6	V7
12	V8	V9	V9	V9	V9	V10	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V8	V9	V9	V9	V9	V10
13	V8	V9	V9	V9	V9	V10	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V8	V9	V9	V9	V9	V10
14	V11	V11	V11	V11	V11	V11	V17	V18	V19	V17	V18	V19	V17	V18	V19	V11	V11	V11	V11	V11	V11
15	V12	V12	V12	V12	V12	V12	V17	V18	V19	V17	V18	V19	V17	V18	V19	V12	V12	V12	V12	V12	V12

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V1	120 x 80	5 # 8 8 # 10	5 # 8 8 # 10	5 # 8 8 # 10	5 # 8 8 # 10	3 E # 4 @ 12.5	3 E # 4 @ 12.5
V2	120 x 80	6 # 8 6 # 10	6 # 8 7 # 10	6 # 8 5 # 10	6 # 8 7 # 10	3 E # 4 @ 15.0	3 E # 4 @ 15.0
V3	120 x 80	6 # 8 7 # 10	6 # 8 7 # 10	6 # 8 7 # 10	6 # 8 7 # 10	3 E # 4 @ 12.5	3 E # 4 @ 12.5
V4	120 x 80	6 # 8 7 # 10	6 # 8 6 # 10	6 # 8 7 # 10	6 # 8 5 # 10	3 E # 4 @ 15.0	3 E # 4 @ 15.0
V5	110 x 60	4 # 8 5 # 10	4 # 8 6 # 10	4 # 8 4 # 10	4 # 8 6 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 15.0
V6	110 x 60	4 # 8 6 # 10	4 # 8 6 # 10	4 # 8 6 # 10	4 # 8 6 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 10.0
V7	110 x 60	4 # 8 6 # 10	4 # 8 5 # 10	4 # 8 6 # 10	4 # 8 4 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 15.0
V8	90 x 50	3 # 8 4 # 8	3 # 8 5 # 8	3 # 8 3 # 8	3 # 8 5 # 8	1 E # 4 @ 12.5	1 E # 4 @ 15.0
V9	90 x 50	3 # 8 5 # 8	3 # 8 5 # 8	3 # 8 3 # 8	3 # 8 5 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 10.0
V10	90 x 50	3 # 8 5 # 8	3 # 8 4 # 8	3 # 8 5 # 8	3 # 8 3 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 10.0
V11	80 x 40	2 # 8 3 # 6	2 # 8 3 # 6	2 # 8 3 # 6	2 # 8 3 # 6	1 E # 3 @ 15.0	1 E # 3 @ 15.0
V12	80 x 40	2 # 6 1 # 8	2 # 6 1 # 8	2 # 6 1 # 8	2 # 6 1 # 8	1 E # 3 @ 30.0	1 E # 3 @ 30.0
V13	80 x 50	3 # 8 4 # 10	3 # 8 4 # 10	3 # 8 4 # 6	3 # 8 4 # 6	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 25.0
V14	80 x 50	4 # 8 5 # 10	4 # 8 4 # 8	4 # 8 1 # 6	4 # 8 3 # 8	1 E # 4 @ 12.5	1 E # 4 @ 20.0
V15	80 x 50	4 # 8 4 # 8	4 # 8 4 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	1 E # 4 @ 17.5	1 E # 4 @ 22.5
V16	80 x 50	4 # 8 4 # 8	4 # 8 5 # 10	4 # 8 3 # 8	4 # 8 1 # 6	1 E # 4 @ 12.5	1 E # 4 @ 20.0
V17	80 x 50	3 # 8 6 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8 1 # 6	3 # 8 2 # 8	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 22.5
V18	80 x 50	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	1 E # 4 @ 22.5	1 E # 4 @ 25.0
V19	80 x 50	3 # 8 2 # 8	3 # 8 6 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8 1 # 6	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 22.5

COLUMNAS

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje nivel	Marco 1									Marco 1'		Marco 2					Marco 2'	
	A	a'	B	b'	C	c'	D	d'	E	A	E	A	B	C	D	E	A	E
1	C1	C3	C1	C2	C2	C2	C10	C10	C10	C2	C2	C2						
2	C2	C3	C5	C5	C5	C5	C5	C3	C2	C2	C2	C2	C10	C10	C10	C2	C2	C2
3	C2	C4	C5	C5	C5	C5	C5	C4	C2	C2	C2	C2	C10	C10	C10	C2	C2	C2
4	C3	C4	C5	C5	C5	C5	C5	C4	C3	C3	C3	C3	C10	C10	C10	C3	C3	C3
5	C3	C4	C5	C5	C5	C5	C5	C4	C3	C3	C3	C3	C10	C10	C10	C3	C3	C3
6	C6	C7	C6	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6						
7	C6	C7	C6	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6						
8	C6	C7	C6	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6						
9	C6	C7	C6	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6						
10	C6	C7	C6	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6						
11	C8	C9	C8	C8	C8	C8	C12	C12	C12	C8	C8	C8						
12	C8	C9	C8	C8	C8	C8	C12	C12	C12	C8	C8	C8						
13	C8	C9	C8	C8	C8	C8	C12	C12	C12	C8	C8	C8						
14	C8	C9	C8	C8	C8	C8	C12	C12	C12	C8	C8	C8						
15	C8	C9	C8	C8	C8	C8	C12	C12	C12	C8	C8	C8						

Marco / eje nivel	Marco 3					Marco 3'		Marco 4								
	A	B	C	D	E	A	E	A	a'	B	b'	C	c'	D	d'	E
1	C2	C10	C10	C10	C2	C2	C2	C1	C3	C1						
2	C2	C10	C10	C10	C2	C2	C2	C2	C3	C5	C5	C5	C5	C5	C3	C2
3	C2	C10	C10	C10	C2	C2	C2	C2	C4	C5	C5	C5	C5	C5	C4	C2
4	C3	C10	C10	C10	C3	C3	C3	C3	C4	C5	C5	C5	C5	C5	C4	C3
5	C3	C10	C10	C10	C3	C3	C3	C3	C4	C5	C5	C5	C5	C5	C4	C3
6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C6	C7	C6						
7	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C6	C7	C6						
8	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C6	C7	C6						
9	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C6	C7	C6						
10	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C6	C7	C6						
11	C8	C12	C12	C12	C8	C8	C8	C8	C9	C8						
12	C8	C12	C12	C12	C8	C8	C8	C8	C9	C8						
13	C8	C12	C12	C12	C8	C8	C8	C8	C9	C8						
14	C8	C12	C12	C12	C8	C8	C8	C8	C9	C8						
15	C8	C12	C12	C12	C8	C8	C8	C8	C9	C8						

Acero de refuerzo

Elemento	Acero transversal	
	Extremos	Medios
C1	3 E # 3 @ 25.0	3 E # 3 @ 25.0
C2	3 E # 4 @ 20.0	3 E # 4 @ 20.0
C3	4 E # 4 @ 15.0	4 E # 4 @ 15.0

Elemento	Acero transversal	
	Extremos	Medios
C4	3 E # 4 @ 12.5	3 E # 4 @ 12.5
C5	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 10.0
C6	3 E # 4 @ 30.0	3 E # 4 @ 30.0
C7	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 10.0
C8	3 E # 4 @ 15.0	3 E # 4 @ 15.0
C9	3 E # 4 @ 15.0	3 E # 4 @ 15.0
C10	3 E # 4 @ 30.0	3 E # 4 @ 30.0
C11	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 10.0
C12	3 E # 4 @ 15.0	3 E # 4 @ 15.0

8.4. APENDICE D. Detalle de elementos estructurales del edificio M-25₃₀₀₋₃₀₀

En este apartado se muestra el detalle del acero de refuerzo de los elementos estructurales del edificio M-25₃₀₀₋₃₀₀.

M - 25₃₀₀₋₃₀₀

Vigas Secundarias

El refuerzo de las vigas secundarias es el mismo para todo el edificio.

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
VS	60 x 30	2 # 8 2 # 8	2 # 8 2 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 25.0

VIGAS PARALELAS AL EJE "X"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje nivel	Marco 1				Marco 2				Marco 3				Marco 4			
	A-B	B-C	C-D	D-E												
1	V1	V1	V1	V1												
2	V2	V2	V2	V2												
3	V2	V2	V2	V2												
4	V2	V2	V2	V2												
5	V2	V2	V2	V2												
6	V2	V2	V2	V2												
7	V2	V2	V2	V2												
8	V3	V4	V4	V5												
9	V3	V4	V4	V5												
10	V3	V4	V4	V5												
11	V6	V7	V7	V8												
12	V6	V7	V7	V8												
13	V6	V7	V7	V8												
14	V9	V10	V10	V11												
15	V9	V10	V10	V11												
16	V9	V10	V10	V11												
17	V9	V10	V10	V11												
18	V9	V10	V10	V11												
19	V12	V13	V13	V14												
20	V12	V13	V13	V14												
21	V15	V16	V16	V17												
22	V15	V16	V16	V17												
23	V18	V19	V19	V20												
24	V21	V21	V21	V21	V22	V22	V22	V22	V22	V22	V22	V22	V22	V22	V22	V22
25	V21	V21	V21	V21	V22	V22	V22	V22	V22	V22	V22	V22	V22	V22	V22	V22

Acero de refuerzo

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V1	110 x 80	5 # 10 3 # 10	5 # 10 3 # 10	5 # 10 2 # 10	5 # 10 2 # 10	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V2	110 x 80	7 # 10 7 # 8	7 # 10 7 # 8	7 # 10 6 # 8	7 # 10 6 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V3	110 x 70	7 # 10 5 # 8	7 # 10 6 # 8	7 # 10 1 # 8	7 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 17.5
V4	110 x 70	7 # 10 6 # 8	7 # 10 6 # 8	7 # 10 4 # 8	7 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V5	110 x 70	7 # 10 6 # 8	7 # 10 5 # 8	7 # 10 4 # 8	7 # 10 1 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V6	110 x 60	6 # 10 5 # 8	6 # 10 6 # 8	6 # 10	6 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V7	110 x 60	6 # 10 6 # 8	6 # 10 6 # 8	6 # 10 4 # 8	6 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V8	110 x 60	6 # 10 6 # 8	6 # 10 5 # 8	6 # 10 4 # 8	6 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V9	110 x 50	5 # 10 4 # 8	5 # 10 5 # 8	5 # 10	5 # 10 3 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V10	110 x 50	5 # 10 5 # 8	5 # 10 5 # 8	5 # 10 3 # 8	5 # 10 3 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V11	110 x 50	5 # 10 5 # 8	5 # 10 4 # 8	5 # 10 3 # 8	5 # 10	2 E # 3 @ 17.5	2 E # 3 @ 25.0
V12	100 x 40	4 # 10 4 # 6	4 # 10 3 # 8	3 # 10	3 # 10 5 # 6	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 20.0
V13	100 x 40	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 8	3 # 10 5 # 6	3 # 10 5 # 6	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 20.0
V14	100 x 40	4 # 10 3 # 8	4 # 10 4 # 6	3 # 10 5 # 6	3 # 10	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 20.0
V15	90 x 40	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 10	3 # 8 1 # 6	3 # 8 4 # 6	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V16	90 x 40	4 # 8 2 # 10	4 # 8 2 # 10	3 # 8 4 # 6	3 # 8 4 # 6	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V17	90 x 40	4 # 8 2 # 10	4 # 8 3 # 8	3 # 8 4 # 6	3 # 8 1 # 6	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V18	90 x 40	3 # 8 2 # 8	3 # 8 5 # 6	2 # 8 1 # 6	2 # 8 3 # 6	2 E # 3 @ 20.0	2 E # 3 @ 35.0
V19	90 x 40	3 # 8 5 # 6	3 # 8 5 # 6	2 # 8 3 # 6	2 # 8 3 # 6	2 E # 3 @ 20.0	2 E # 3 @ 25.0
V20	90 x 40	3 # 8 5 # 6	3 # 8 2 # 8	2 # 8 3 # 6	2 # 8 1 # 6	2 E # 3 @ 17.5	2 E # 3 @ 25.0
V21	80 x 40	2 # 8 3 # 6	2 # 8 3 # 6	2 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 6	1 E # 3 @ 20.0	1 E # 3 @ 25.0
V22	80 x 40	3 # 8 2 # 6	3 # 8 2 # 6	2 # 8	2 # 8	1 E # 3 @ 12.5	1 E # 3 @ 17.5

VIGAS PARALELAS AL EJE "Y"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje	Marco A			Marco B			Marco C			Marco D			Marco E		
	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4
1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V2	V2	V2	V1	V1	V1	V1	V1	V1
2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V6	V7	V8	V3	V4	V5
3	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V6	V7	V8	V3	V4	V5
4	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V6	V7	V8	V3	V4	V5
5	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V6	V7	V8	V3	V4	V5
6	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V6	V7	V8	V3	V4	V5
7	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V6	V7	V8	V3	V4	V5
8	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V6	V7	V8	V3	V4	V5
9	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V6	V7	V8	V3	V4	V5
10	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V6	V7	V8	V3	V4	V5
11	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V6	V7	V8	V3	V4	V5
12	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V15	V16	V17	V12	V13	V14
13	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V15	V16	V17	V12	V13	V14
14	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V15	V16	V17	V12	V13	V14
15	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V15	V16	V17	V12	V13	V14
16	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27	V28	V29	V24	V25	V26	V21	V22	V23
17	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27	V28	V29	V24	V25	V26	V21	V22	V23
18	V30	V31	V32	V33	V34	V35	V33	V34	V35	V33	V34	V35	V30	V31	V32
19	V36	V37	V38	V39	V40	V41	V39	V40	V41	V39	V40	V41	V36	V37	V38
20	V36	V37	V38	V39	V40	V41	V39	V40	V41	V39	V40	V41	V36	V37	V38
21	V42	V43	V44	V45	V46	V47	V45	V46	V47	V45	V46	V47	V42	V43	V44
22	V42	V43	V44	V45	V46	V47	V45	V46	V47	V45	V46	V47	V42	V43	V44
23	V48	V48	V48	V49	V49	V49	V49	V49	V49	V49	V49	V49	V48	V48	V48
24	V48	V48	V48	V49	V49	V49	V49	V49	V49	V49	V49	V49	V48	V48	V48
25	V50	V50	V50												

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V1	120 x 80	5 # 12 5 # 8	5 # 12 5 # 8	5 # 12 4 # 8	5 # 12 4 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V2	120 x 80	4 # 12 2 # 10	4 # 12 2 # 10	3 # 12 2 # 10	3 # 12 2 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V3	120 x 80	6 # 12 5 # 10	6 # 12 4 # 12	6 # 12 3 # 10	6 # 12 4 # 10	3 E # 4 @ 12.5	3 E # 4 @ 15.0
V4	120 x 80	6 # 12 4 # 12	6 # 12 4 # 12	6 # 12 4 # 10	6 # 12 4 # 10	3 E # 4 @ 12.5	3 E # 4 @ 15.0
V5	120 x 80	6 # 12 4 # 12	6 # 12 5 # 10	6 # 12 4 # 10	6 # 12 3 # 10	3 E # 4 @ 12.5	3 E # 4 @ 15.0
V6	120 x 80	5 # 12 4 # 10	5 # 12 5 # 10	5 # 12 3 # 8	5 # 12 3 # 10	3 E # 4 @ 15.0	3 E # 4 @ 17.5
V7	120 x 80	5 # 12 5 # 10	5 # 12 5 # 10	5 # 12 3 # 10	5 # 12 3 # 10	3 E # 4 @ 15.0	3 E # 4 @ 17.5
V8	120 x 80	5 # 12 5 # 10	5 # 12 4 # 10	5 # 12 3 # 10	5 # 12 3 # 8	3 E # 4 @ 15.0	3 E # 4 @ 17.5

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V9	120 x 80	5 # 12 3 # 10	5 # 12 3 # 10	4 # 12 2 # 8	4 # 12 3 # 10	3 E # 4 @ 15.0	3 E # 4 @ 20.0
V10	120 x 80	5 # 12 3 # 10	5 # 12 3 # 10	4 # 12 3 # 10	4 # 12 3 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5
V11	120 x 80	5 # 12 3 # 10	5 # 12 3 # 10	4 # 12 3 # 10	4 # 12 2 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5
V12	120 x 70	5 # 12 3 # 10	5 # 12 4 # 10	5 # 12 1 # 8	5 # 12 3 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5
V13	120 x 70	5 # 12 4 # 10	5 # 12 4 # 10	5 # 12 3 # 10	5 # 12 3 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5
V14	120 x 70	5 # 12 4 # 10	5 # 12 3 # 10	5 # 12 3 # 10	5 # 12 1 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5
V15	120 x 70	4 # 12 3 # 12	4 # 12 5 # 10	4 # 12 1 # 8	4 # 12 4 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V16	120 x 70	4 # 12 5 # 10	4 # 12 5 # 10	4 # 12 4 # 10	4 # 12 4 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V17	120 x 70	4 # 12 5 # 10	4 # 12 3 # 12	4 # 12 4 # 10	4 # 12 1 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V18	120 x 70	5 # 10 4 # 10	5 # 10 4 # 10	5 # 10 1 # 6	5 # 10 5 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 15.0
V19	120 x 70	5 # 10 4 # 10	5 # 10 4 # 10	5 # 10 5 # 8	5 # 10 5 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 15.0
V20	120 x 70	5 # 10 4 # 10	5 # 10 4 # 10	5 # 10 5 # 8	5 # 10 1 # 6	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V21	120 x 70	5 # 10 4 # 10	5 # 10 5 # 10	5 # 10 2 # 8	5 # 10 4 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 15.0
V22	120 x 70	5 # 10 5 # 10	5 # 10 5 # 10	5 # 10 4 # 10	5 # 10 4 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V23	120 x 70	5 # 10 5 # 10	5 # 10 4 # 10	5 # 10 4 # 10	5 # 10 2 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V24	120 x 70	5 # 10 5 # 8	5 # 10 5 # 8	4 # 10	4 # 10 3 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V25	120 x 70	5 # 10 5 # 8	5 # 10 5 # 8	4 # 10 3 # 10	4 # 10 3 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V26	120 x 70	5 # 10 5 # 8	5 # 10 5 # 8	4 # 10 3 # 10	4 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V27	120 x 70	4 # 10 5 # 8	4 # 10 3 # 10	3 # 10 1 # 8	3 # 10 3 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V28	120 x 70	4 # 10 3 # 10	4 # 10 3 # 10	3 # 10 3 # 10	3 # 10 3 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V29	120 x 70	4 # 10 3 # 10	4 # 10 5 # 8	3 # 10 3 # 10	3 # 10 1 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V30	110 x 60	4 # 10 4 # 10	4 # 10 4 # 10	4 # 10 1 # 6	4 # 10 3 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V31	110 x 60	4 # 10 4 # 10	4 # 10 4 # 10	4 # 10 3 # 10	4 # 10 3 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V32	110 x 60	4 # 10 4 # 10	4 # 10 4 # 10	4 # 10 3 # 10	4 # 10 1 # 6	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V33	110 x 60	4 # 10 4 # 10	4 # 10 4 # 10	3 # 10 1 # 8	3 # 10 3 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V34	110 x 60	4 # 10 4 # 10	4 # 10 4 # 10	3 # 10 3 # 10	3 # 10 3 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V35	110 x 60	4 # 10 4 # 10	4 # 10 4 # 10	3 # 10 3 # 10	3 # 10 1 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V36	110 x 50	4 # 10 3 # 10	4 # 10 4 # 10	4 # 10 1 # 6	4 # 10 2 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 17.5
V37	110 x 50	4 # 10 4 # 10	4 # 10 4 # 10	4 # 10 2 # 10	4 # 10 2 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 17.5
V38	110 x 50	4 # 10 4 # 10	4 # 10 3 # 10	4 # 10 2 # 10	4 # 10 1 # 6	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 17.5
V39	110 x 50	3 # 10 5 # 8	3 # 10 3 # 10	3 # 10 1 # 6	3 # 10 2 # 10	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V40	110 x 50	3 # 10 3 # 10	3 # 10 3 # 10	3 # 10 2 # 10	3 # 10 2 # 10	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V41	110 x 50	3 # 10 3 # 10	3 # 10 5 # 8	3 # 10 2 # 10	3 # 10 1 # 6	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V42	100 x 40	3 # 10 2 # 10	3 # 10 4 # 8	4 # 8 1 # 8	4 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 22.5
V43	100 x 40	3 # 10 4 # 8	3 # 10 4 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 22.5
V44	100 x 40	3 # 10 4 # 8	3 # 10 2 # 10	4 # 8 3 # 8	4 # 8 1 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 22.5
V45	100 x 40	3 # 10 4 # 8	3 # 10 4 # 8	4 # 8 1 # 6	4 # 8 1 # 10	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 27.5
V46	100 x 40	3 # 10 4 # 8	3 # 10 4 # 8	4 # 8 1 # 10	4 # 8 1 # 10	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 27.5
V47	100 x 40	3 # 10 4 # 8	3 # 10 4 # 8	4 # 8 1 # 10	4 # 8 1 # 6	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 27.5
V48	90 x 40	3 # 8 3 # 8	3 # 8 3 # 8	3 # 8 2 # 6	3 # 8 3 # 6	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 22.5
V49	90 x 40	3 # 8 3 # 8	3 # 8 3 # 8	3 # 8 1 # 8	2 # 8 1 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 40.0
V50	80 x 40	2 # 8 3 # 6	2 # 8 3 # 6	2 # 8	2 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 35.0

COLUMNAS

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje nivel	Marco 1					Marco 2					Marco 3					Marco 4				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	C1	C2	C2	C2	C1	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C1	C2	C2	C2	C1
2	C3	C2	C2	C2	C3	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C2	C2	C2	C3
3	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C3
4	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C3
5	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C3

Marco / eje nivel	Marco 1					Marco 2					Marco 3					Marco 4				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
6	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C3
7	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
8	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
9	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
10	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
11	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
12	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
13	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
14	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
15	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
16	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6
17	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6
18	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6
19	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6
20	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6
21	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7
22	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7
23	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7
24	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7
25	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal	Acero transversal	
			Extremos	Medios
C1	160 x 160	68 # 12	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 25.0
C2	160 x 160	52 # 12	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 20.0
C3	160 x 160	36 # 12	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 27.5
C4	160 x 160	28 # 10	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 15.0
C5	145 x 145	32 # 8	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 20.0
C6	130 x 130	24 # 8	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 25.0
C7	115 x 115	20 # 8	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 30.0

8.5. APENDICE E. Detalle de elementos estructurales del edificio M-25₃₀₀₋₄₀₀

En este apartado se muestra el detalle del acero de refuerzo de los elementos estructurales del edificio M-25₃₀₀₋₄₀₀.

M - 25₃₀₀₋₄₀₀

Vigas Secundarias

El refuerzo de las vigas secundarias es el mismo para todo el edificio.

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
VS	60 x 30	2 # 8 2 # 8	2 # 8 2 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 25.0

VIGAS PARALELAS AL EJE "X"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje nivel	Marco 1				Marco 2				Marco 3				Marco 4			
	A-B	B-C	C-D	D-E												
1	V1	V1	V1	V1												
2	V2	V2	V2	V2												
3	V3	V4	V4	V5												
4	V3	V4	V4	V5												
5	V3	V4	V4	V5												
6	V3	V4	V4	V5												
7	V3	V4	V4	V5												
8	V3	V4	V4	V5												
9	V3	V4	V4	V5												
10	V3	V4	V4	V5												
11	V6	V7	V7	V8												
12	V6	V7	V7	V8												
13	V6	V7	V7	V8												
14	V9	V10	V10	V11												
15	V9	V10	V10	V11												
16	V9	V10	V10	V11												
17	V12	V13	V13	V14	V15	V16	V16	V17	V15	V16	V16	V17	V12	V13	V13	V14
18	V12	V13	V13	V14	V15	V16	V16	V17	V15	V16	V16	V17	V12	V13	V13	V14
19	V12	V13	V13	V14	V15	V16	V16	V17	V15	V16	V16	V17	V12	V13	V13	V14
20	V12	V13	V13	V14	V15	V16	V16	V17	V15	V16	V16	V17	V12	V13	V13	V14
21	V18	V19	V19	V20	V21	V22	V22	V23	V21	V22	V22	V23	V18	V19	V19	V20
22	V18	V19	V19	V20	V21	V22	V22	V23	V21	V22	V22	V23	V18	V19	V19	V20
23	V18	V19	V19	V20	V21	V22	V22	V23	V21	V22	V22	V23	V18	V19	V19	V20
24	V24	V24	V24	V24												
25	V25	V25	V25	V25												

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V1	110 x 70	5 # 10 4 # 8	5 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V2	110 x 70	6 # 10 5 # 8	6 # 10 5 # 8	5 # 10 3 # 10	5 # 10 3 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V3	110 x 70	5 # 12 5 # 8	5 # 12 4 # 10	5 # 12 1 # 10	5 # 12 4 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V4	110 x 70	5 # 12 4 # 10	5 # 12 4 # 10	5 # 12 4 # 8	5 # 12 4 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 25.0
V5	110 x 70	5 # 12 4 # 10	5 # 12 5 # 8	5 # 12 4 # 8	5 # 12 1 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V6	110 x 60	6 # 10 4 # 8	6 # 10 5 # 8	6 # 10 1 # 6	6 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 22.5
V7	110 x 60	6 # 10 5 # 8	6 # 10 5 # 8	6 # 10 4 # 8	6 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 22.5
V8	110 x 60	6 # 10 5 # 8	6 # 10 4 # 8	6 # 10 4 # 8	6 # 10 1 # 6	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 22.5
V9	110 x 50	6 # 10 3 # 8	6 # 10 4 # 8	5 # 10 1 # 6	5 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V10	110 x 50	6 # 10 4 # 8	6 # 10 4 # 8	5 # 10 4 # 8	5 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V11	110 x 50	6 # 10 4 # 8	6 # 10 3 # 8	5 # 10 4 # 8	5 # 10 1 # 6	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V12	100 x 40	3 # 10 4 # 8	3 # 10 3 # 10	3 # 10 1 # 8	3 # 10 2 # 10	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 20.0
V13	100 x 40	3 # 10 3 # 10	3 # 10 3 # 10	3 # 10 2 # 10	3 # 10 2 # 10	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 20.0
V14	100 x 40	3 # 10 3 # 10	3 # 10 4 # 8	3 # 10 2 # 10	3 # 10 1 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 20.0
V15	100 x 40	4 # 10 4 # 8	4 # 10 3 # 10	3 # 10 1 # 6	3 # 10 2 # 10	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 17.5
V16	100 x 40	4 # 10 3 # 10	4 # 10 3 # 10	3 # 10 2 # 10	3 # 10 2 # 10	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 17.5
V17	100 x 40	4 # 10 3 # 10	4 # 10 4 # 8	3 # 10 2 # 10	3 # 10 1 # 6	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 17.5
V18	90 x 40	4 # 8 2 # 8	4 # 8 3 # 8	3 # 8	3 # 8 2 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 15.0
V19	90 x 40	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 15.0
V20	90 x 40	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 15.0
V21	90 x 40	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 10	3 # 8 1 # 6	3 # 8 2 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V22	90 x 40	4 # 8 2 # 10	4 # 8 2 # 10	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V23	90 x 40	4 # 8 2 # 10	4 # 8 3 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8 1 # 6	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V24	80 x 40	2 # 8 2 # 8	2 # 8 2 # 8	2 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 6	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 20.0
V25	80 x 40	2 # 8 3 # 6	2 # 8 3 # 6	2 # 8	2 # 8	1 E # 3 @ 15.0	1 E # 3 @ 25.0

VIGAS PARALELAS AL EJE "Y"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje	Marco A			Marco B			Marco C			Marco D			Marco E		
	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4
1	V1	V1	V1	V2	V2	V2	V3	V3	V3	V2	V2	V2	V1	V1	V1
2	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V7	V8	V9	V4	V5	V6
3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V7	V8	V9	V4	V5	V6
4	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V7	V8	V9	V4	V5	V6
5	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V7	V8	V9	V4	V5	V6
6	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V7	V8	V9	V4	V5	V6
7	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V7	V8	V9	V4	V5	V6
8	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V7	V8	V9	V4	V5	V6
9	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V7	V8	V9	V4	V5	V6
10	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V7	V8	V9	V4	V5	V6
11	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V7	V8	V9	V4	V5	V6
12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V16	V17	V18	V13	V14	V15
13	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V16	V17	V18	V13	V14	V15
14	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V16	V17	V18	V13	V14	V15
15	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V16	V17	V18	V13	V14	V15
16	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V16	V17	V18	V13	V14	V15
17	V22	V23	V24	V25	V26	V27	V28	V29	V30	V25	V26	V27	V22	V23	V24
18	V22	V23	V24	V25	V26	V27	V28	V29	V30	V25	V26	V27	V22	V23	V24
19	V31	V32	V33	V34	V35	V36	V37	V38	V39	V34	V35	V36	V31	V32	V33
20	V31	V32	V33	V34	V35	V36	V37	V38	V39	V34	V35	V36	V31	V32	V33
21	V40	V41	V42	V43	V44	V45	V46	V47	V48	V43	V44	V45	V40	V41	V42
22	V40	V41	V42	V43	V44	V45	V46	V47	V48	V43	V44	V45	V40	V41	V42
23	V49	V50	V51	V52	V52	V52	V52	V52	V52	V52	V52	V52	V49	V50	V51
24	V49	V50	V51	V52	V52	V52	V52	V52	V52	V52	V52	V52	V49	V50	V51
25	V53	V53	V53												

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V1	120 x 70	4 # 12 6 # 8	4 # 12 6 # 8	4 # 12 4 # 8	4 # 12 4 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V2	120 x 70	4 # 12 5 # 8	4 # 12 5 # 8	3 # 12 5 # 8	3 # 12 5 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 15.0
V3	120 x 70	4 # 10 6 # 8	4 # 10 6 # 8	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V4	120 x 70	6 # 12 6 # 8	6 # 12 4 # 10	5 # 12 5 # 8	5 # 12 6 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5
V5	120 x 70	6 # 12 4 # 8	6 # 12 4 # 10	5 # 12 6 # 8	5 # 12 6 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5
V6	120 x 70	6 # 12 4 # 8	6 # 12 6 # 8	5 # 12 6 # 8	5 # 12 5 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5
V7	120 x 70	5 # 12 5 # 8	5 # 12 4 # 12	5 # 12 3 # 8	5 # 12 4 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5
V8	120 x 70	5 # 12 4 # 10	5 # 12 4 # 12	5 # 12 4 # 10	5 # 12 4 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V9	120 x 70	5 # 12 4 # 10	5 # 12 5 # 10	5 # 12 4 # 10	5 # 12 3 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5
V10	120 x 70	4 # 12 5 # 8	4 # 12 5 # 10	4 # 12 3 # 8	4 # 12 5 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5
V11	120 x 70	4 # 12 5 # 8	4 # 12 5 # 10	4 # 12 5 # 8	4 # 12 5 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V12	120 x 70	4 # 12 5 # 8	4 # 12 5 # 10	4 # 12 5 # 8	4 # 12 3 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V13	120 x 60	4 # 12 4 # 8	4 # 12 5 # 10	4 # 12 3 # 8	4 # 12 4 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 15.0
V14	120 x 60	4 # 12 5 # 10	4 # 12 5 # 10	4 # 12 4 # 10	4 # 12 4 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V15	120 x 60	4 # 12 5 # 10	4 # 12 4 # 10	4 # 12 4 # 10	4 # 12 3 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V16	120 x 60	4 # 12 4 # 8	4 # 12 5 # 10	3 # 12 3 # 8	3 # 12 4 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V17	120 x 60	4 # 12 5 # 10	4 # 12 5 # 10	3 # 12 4 # 10	3 # 12 4 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V18	120 x 60	4 # 12 5 # 10	4 # 12 4 # 10	3 # 12 4 # 10	3 # 12 3 # 8	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V19	120 x 60	4 # 12 3 # 8	4 # 12 3 # 10	3 # 12 1 # 8	3 # 12 3 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V20	120 x 60	4 # 12 3 # 10	4 # 12 3 # 10	3 # 12 3 # 10	3 # 12 3 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 17.5
V21	120 x 60	4 # 12 3 # 10	4 # 12 3 # 10	3 # 12 3 # 10	3 # 12 1 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V22	110 x 60	5 # 10 4 # 8	5 # 10 4 # 10	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 15.0
V23	110 x 60	5 # 10 4 # 10	5 # 10 4 # 10	4 # 10 3 # 10	4 # 10 3 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 15.0
V24	110 x 60	5 # 10 4 # 10	5 # 10 4 # 8	4 # 10 3 # 10	4 # 10 3 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 15.0
V25	110 x 60	4 # 10 4 # 0	4 # 10 4 # 10	4 # 10	4 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V26	110 x 60	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 10	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V27	110 x 60	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 10	4 # 10 4 # 8	4 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V28	110 x 60	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 10	3 # 10 1 # 8	3 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V29	110 x 60	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 10	3 # 10 4 # 8	3 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V30	110 x 60	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 10	3 # 10 4 # 8	3 # 10 1 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V31	110 x 50	4 # 10 3 # 8	4 # 10 4 # 10	4 # 10 1 # 8	4 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 17.5
V32	110 x 50	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 10	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 17.5
V33	110 x 50	4 # 10 4 # 8	4 # 10 3 # 10	4 # 10 4 # 8	4 # 10 1 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 17.5

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V34	110 x 50	4 # 10 4 # 6	4 # 10 4 # 8	3 # 10 1 # 6	3 # 10 3 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V35	110 x 50	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 8	3 # 10 3 # 8	3 # 10 3 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V36	110 x 50	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 8	3 # 10 3 # 8	3 # 10 1 # 6	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V37	110 x 50	3 # 10 3 # 6	3 # 10 3 # 10	3 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 27.5
V38	110 x 50	3 # 10 3 # 8	3 # 10 3 # 10	3 # 8 3 # 8	3 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 27.5
V39	110 x 50	3 # 10 3 # 8	3 # 10 3 # 10	3 # 8 3 # 8	3 # 8 3 # 6	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 27.5
V40	100 x 40	5 # 8 3 # 8	5 # 8 4 # 8	4 # 8 1 # 8	4 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 22.5
V41	100 x 40	5 # 8 4 # 8	5 # 8 4 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 22.5
V42	100 x 40	5 # 8 4 # 8	5 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 1 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 22.5
V43	100 x 40	5 # 8 2 # 6	5 # 8 4 # 8	4 # 8 1 # 6	4 # 8 1 # 10	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 27.5
V44	100 x 40	5 # 8 4 # 10	5 # 8 4 # 8	4 # 8 1 # 10	4 # 8 1 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V45	100 x 40	5 # 8 4 # 10	5 # 8 2 # 10	4 # 8 1 # 10	4 # 8 1 # 6	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 15.0
V46	100 x 40	4 # 8 4 # 8	4 # 8 4 # 8	3 # 8 1 # 8	3 # 8 3 # 6	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 15.0
V47	100 x 40	4 # 8 4 # 6	4 # 8 4 # 8	3 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 6	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 15.0
V48	100 x 40	4 # 8 4 # 6	4 # 8 4 # 8	3 # 8 3 # 6	3 # 8 1 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 15.0
V49	90 x 40	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 8	3 # 8	3 # 8 3 # 6	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 15.0
V50	90 x 40	4 # 8 2 # 6	4 # 8 2 # 8	3 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 6	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 15.0
V51	90 x 40	4 # 8 2 # 6	4 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 6	3 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 15.0
V52	90 x 40	3 # 8 3 # 8	3 # 8 3 # 8	2 # 8 1 # 8	2 # 8 1 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 20.0
V53	80 x 40	2 # 8 3 # 6	2 # 8 3 # 6	2 # 8	2 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 15.0

COLUMNS

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje nivel	Marco 1					Marco 2					Marco 3					Marco 4				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	C1	C2	C2	C2	C1	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C2	C1	C2	C2	C2	C1

Marco / eje nivel	Marco 1					Marco 2					Marco 3					Marco 4				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
2	C3	C2	C2	C2	C3	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C2	C2	C2	C3
3	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C3
4	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C3
5	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C3
6	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C4	C4	C4	C3
7	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
8	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
9	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
10	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
11	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
12	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
13	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
14	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
15	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5	C5
16	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6
17	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6
18	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6
19	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6
20	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6
21	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7
22	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7
23	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7
24	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7
25	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal	Acero transversal	
			Extremos	Medios
C1	160 x 160	68 # 12	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 25.0
C2	160 x 160	52 # 12	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 17.5
C3	160 x 160	36 # 12	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 27.5
C4	160 x 160	40 # 10	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 17.5
C5	145 x 145	32 # 8	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 20.0
C6	130 x 130	20 # 8	3 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 20.0
C7	115 x 115	12 # 8	2 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 20.0

8.6. APENDICE F. Detalle de elementos estructurales del edificio MF-25₃₀₀₋₄₀₀

En este apartado se muestra el detalle del acero de refuerzo de los elementos estructurales del edificio MF-25₃₀₀₋₄₀₀.

MF - 25₃₀₀₋₄₀₀

Vigas Secundarias

El refuerzo de las vigas secundarias es el mismo para todo el edificio.

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
VS	60 x 30	2 # 8 2 # 10	2 # 8 2 # 10	2 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 6	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 27.0

VIGAS PARALELAS AL EJE "X"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje nivel	Marco 1				Marco 2				Marco 3				Marco 4			
	A-B	B-C	C-D	D-E												
1	V1	V1	V1	V1	V15	V15	V15	V15	V15	V15	V15	V15	V1	V1	V1	V1
2	V2	V2	V2	V2	V16	V17	V17	V18	V16	V17	V17	V18	V2	V2	V2	V2
3	V2	V2	V2	V2	V16	V17	V17	V18	V16	V17	V17	V18	V2	V2	V2	V2
4	V2	V2	V2	V2	V16	V17	V17	V18	V16	V17	V17	V18	V2	V2	V2	V2
5	V2	V2	V2	V2	V16	V17	V17	V18	V16	V17	V17	V18	V2	V2	V2	V2
6	V2	V2	V2	V2	V16	V17	V17	V18	V16	V17	V17	V18	V2	V2	V2	V2
7	V2	V2	V2	V2	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V2	V2	V2	V2
8	V2	V2	V2	V2	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V2	V2	V2	V2
9	V2	V2	V2	V2	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V2	V2	V2	V2
10	V2	V2	V2	V2	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V2	V2	V2	V2
11	V3	V3	V3	V3	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V3	V3	V3	V3
12	V3	V3	V3	V3	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V3	V3	V3	V3
13	V3	V3	V3	V3	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V3	V3	V3	V3
14	V4	V4	V4	V4	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V4	V4	V4	V4
15	V4	V4	V4	V4	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V4	V4	V4	V4
16	V4	V4	V4	V4	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V4	V4	V4	V4
17	V5	V5	V5	V5	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V5	V5	V5	V5
18	V5	V5	V5	V5	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V5	V5	V5	V5
19	V6	V7	V7	V8	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V6	V7	V7	V8
20	V6	V7	V7	V8	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V6	V7	V7	V8
21	V9	V10	V10	V11	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V9	V10	V10	V11
22	V9	V10	V10	V11	V19	V20	V20	V21	V19	V20	V20	V21	V9	V10	V10	V11
23	V9	V10	V10	V11	V22	V23	V23	V24	V22	V23	V23	V24	V9	V10	V10	V11
24	V12	V13	V13	V14	V22	V23	V23	V24	V22	V23	V23	V24	V12	V13	V13	V14
25	V12	V13	V13	V14	V22	V23	V23	V24	V22	V23	V23	V24	V12	V13	V13	V14

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V1	140 x 70	5 # 12 4 # 8	5 # 12 4 # 8	5 # 12 3 # 8	5 # 12 3 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 20.0
V2	140 x 70	7 # 12 5 # 10	7 # 12 5 # 10	7 # 12 4 # 10	7 # 12 4 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 12.5
V3	130 x 70	6 # 12 5 # 10	6 # 12 5 # 10	6 # 12 4 # 10	6 # 12 4 # 10	2 E # 4 @ 10.0	2 E # 4 @ 15.0
V4	120 x 70	5 # 12 4 # 10	5 # 12 4 # 10	5 # 12 3 # 10	5 # 12 3 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V5	110 x 60	4 # 12 3 # 10	4 # 12 3 # 10	4 # 12 4 # 8	4 # 12 4 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V6	100 x 50	4 # 10 3 # 10	4 # 10 3 # 10	4 # 10 2 # 6	4 # 10 2 # 10	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 17.5
V7	100 x 50	4 # 10 3 # 10	4 # 10 3 # 10	4 # 10 2 # 10	4 # 10 2 # 10	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 17.5
V8	100 x 50	4 # 10 3 # 10	4 # 10 3 # 10	4 # 10 2 # 10	4 # 10 2 # 6	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 17.5
V9	90 x 40	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 1 # 6	4 # 8 2 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V10	90 x 40	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	2 E # 3 @ 17.5	2 E # 3 @ 25.0
V11	90 x 40	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 8	4 # 8 1 # 6	2 E # 3 @ 17.5	2 E # 3 @ 25.0
V12	90 x 40	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	2 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 17.5
V13	90 x 40	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8 1 # 8	3 # 8 1 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 17.5
V14	90 x 40	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8 1 # 8	3 # 8 1 # 6	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 17.5
V15	90 x 40	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	3 # 8 1 # 8	3 # 8 1 # 8	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 25.0
V16	90 x 40	4 # 10 2 # 10	4 # 10 2 # 8	3 # 10	3 # 10 3 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 17.5
V17	90 x 40	4 # 10 2 # 8	4 # 10 2 # 8	3 # 10 3 # 8	3 # 10 3 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 17.5
V18	90 x 40	4 # 10 2 # 8	4 # 10 2 # 10	3 # 10 3 # 8	3 # 10	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 17.5
V19	90 x 40	5 # 10 4 # 8	5 # 10 1 # 6	4 # 10	4 # 10 3 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 15.0
V20	90 x 40	5 # 10 1 # 6	5 # 10 1 # 6	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 15.0
V21	90 x 40	5 # 10 1 # 6	5 # 10 4 # 8	4 # 10 3 # 8	4 # 10	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 15.0
V22	90 x 40	4 # 10 3 # 8	4 # 10	3 # 10	3 # 10 3 # 6	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 20.0
V23	90 x 40	4 # 10	4 # 10	3 # 10 3 # 6	3 # 10 3 # 6	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 20.0
V24	90 x 40	4 # 10	4 # 10 3 # 8	3 # 10 3 # 6	3 # 10	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 20.0

VIGAS PARALELAS AL EJE "Y"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje	Marco A			Marco B			Marco C			Marco D			Marco E		
	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4
1	V1	V1	V1	V24	V24	V24	V24	V24	V24	V24	V24	V24	V1	V1	V1
2	V2	V2	V2	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V2	V2	V2
3	V2	V2	V2	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V2	V2	V2
4	V2	V2	V2	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V2	V2	V2
5	V2	V2	V2	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V2	V2	V2
6	V2	V2	V2	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V2	V2	V2
7	V2	V2	V2	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V2	V2	V2
8	V2	V2	V2	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V25	V26	V27	V2	V2	V2
9	V2	V2	V2	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V2	V2	V2
10	V2	V2	V2	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V2	V2	V2
11	V2	V2	V2	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V2	V2	V2
12	V5	V6	V7	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V5	V6	V7
13	V5	V6	V7	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V5	V6	V7
14	V8	V9	V10	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V8	V9	V10
15	V8	V9	V10	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V8	V9	V10
16	V11	V12	V13	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V11	V12	V13
17	V11	V12	V13	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V11	V12	V13
18	V11	V12	V13	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V11	V12	V13
19	V14	V15	V16	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V14	V15	V16
20	V14	V15	V16	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V14	V15	V16
21	V17	V18	V19	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V17	V18	V19
22	V17	V18	V19	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V17	V18	V19
23	V20	V21	V22	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V20	V21	V22
24	V20	V21	V22	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V28	V29	V30	V20	V21	V22
25	V23	V23	V23	V31	V32	V33	V31	V32	V33	V31	V32	V33	V23	V23	V23

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V1	140 x 120	7 # 12 6 # 10	7 # 12 6 # 10	7 # 12 5 # 10	7 # 12 5 # 10	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 15.0
V2	140 x 120	10 # 12 6 # 10	10 # 12 6 # 12	9 # 12 4 # 12	9 # 12 6 # 12	2 E # 3 @ 7.5	2 E # 3 @ 10.0
V3	140 x 120	10 # 12 6 # 12	10 # 12 6 # 12	9 # 12 6 # 12	9 # 12 6 # 12	2 E # 3 @ 7.5	2 E # 3 @ 10.0
V4	140 x 120	10 # 12 6 # 12	10 # 12 6 # 10	9 # 12 6 # 12	9 # 12 4 # 12	2 E # 3 @ 7.5	2 E # 3 @ 10.0
V5	140 x 100	8 # 12 4 # 12	8 # 12 5 # 12	8 # 12 2 # 10	8 # 12 4 # 12	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 12.5
V6	140 x 100	8 # 12 5 # 12	8 # 12 5 # 12	8 # 12 4 # 12	8 # 12 4 # 12	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 12.5
V7	140 x 100	8 # 12 5 # 12	8 # 12 4 # 12	8 # 12 4 # 12	8 # 12 2 # 10	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 12.5
V8	140 x 80	6 # 12 5 # 10	6 # 12 7 # 10	6 # 12 4 # 8	6 # 12 5 # 10	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 15.0

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V9	140 x 80	6 # 12 7 # 10	6 # 12 7 # 10	6 # 12 5 # 10	6 # 12 5 # 10	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 15.0
V10	140 x 80	6 # 12 7 # 10	6 # 12 5 # 10	6 # 12 5 # 10	6 # 12 4 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 15.0
V11	130 x 80	6 # 12 4 # 10	6 # 12 5 # 10	6 # 12 1 # 10	6 # 12 4 # 10	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 15.0
V12	130 x 80	6 # 12 5 # 10	6 # 12 5 # 10	6 # 12 4 # 10	6 # 12 4 # 10	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 15.0
V13	130 x 80	6 # 12 5 # 10	6 # 12 4 # 10	6 # 12 4 # 10	6 # 12 1 # 10	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 15.0
V14	120 x 50	5 # 10 3 # 10	5 # 10 3 # 10	5 # 10 1 # 8	5 # 10 3 # 10	2 E # 2 @ 12.5	2 E # 2 @ 15.0
V15	120 x 50	5 # 10 3 # 10	5 # 10 3 # 10	5 # 10 3 # 10	5 # 10 3 # 10	2 E # 2 @ 12.5	2 E # 2 @ 15.0
V16	120 x 50	5 # 10 3 # 10	5 # 10 3 # 10	5 # 10 3 # 10	5 # 10 1 # 8	2 E # 2 @ 12.5	2 E # 2 @ 15.0
V17	110 x 40	6 # 8 2 # 10	6 # 8 4 # 8	5 # 8 1 # 10	5 # 8 4 # 8	2 E # 2 @ 15.0	2 E # 2 @ 17.5
V18	110 x 40	6 # 8 4 # 8	6 # 8 4 # 8	5 # 8 4 # 8	5 # 8 4 # 8	2 E # 2 @ 15.0	2 E # 2 @ 17.5
V19	110 x 40	6 # 8 4 # 8	6 # 8 2 # 10	5 # 8 4 # 8	5 # 8 1 # 10	2 E # 2 @ 15.0	2 E # 2 @ 17.5
V20	100 x 40	3 # 8 4 # 8	3 # 8 4 # 8	3 # 8 1 # 8	3 # 8 3 # 8	2 E # 2 @ 12.5	2 E # 2 @ 20.0
V21	100 x 40	3 # 8 4 # 8	3 # 8 4 # 8	3 # 8 3 # 8	3 # 8 3 # 8	2 E # 2 @ 17.5	2 E # 2 @ 20.0
V22	100 x 40	3 # 8 4 # 8	3 # 8 4 # 8	3 # 8 3 # 8	3 # 8 1 # 8	2 E # 2 @ 17.5	2 E # 2 @ 20.0
V23	90 x 40	2 # 8 3 # 8	2 # 8 3 # 8	2 # 8 3 # 6	2 # 8 3 # 6	2 E # 1 @ 10.0	2 E # 1 @ 15.0
V24	90 x 50	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	3 # 8 1 # 8	3 # 8 1 # 8	2 E # 2 @ 10.0	2 E # 2 @ 15.0
V25	90 x 50	4 # 10 3 # 10	4 # 10 3 # 8	3 # 10 1 # 8	3 # 10 3 # 8	2 E # 2 @ 12.5	2 E # 2 @ 17.5
V26	90 x 50	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 8	3 # 10 3 # 8	3 # 10 3 # 8	2 E # 2 @ 12.5	2 E # 2 @ 17.5
V27	90 x 50	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 10	3 # 10 3 # 8	3 # 10 1 # 8	2 E # 2 @ 12.5	2 E # 2 @ 17.5
V28	90 x 50	5 # 10 4 # 10	5 # 10 1 # 6	4 # 10 1 # 4	4 # 10 4 # 8	2 E # 2 @ 12.5	2 E # 2 @ 17.5
V29	90 x 50	5 # 10 1 # 6	5 # 10 1 # 6	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 8	2 E # 2 @ 12.5	2 E # 2 @ 17.5
V30	90 x 50	5 # 10 1 # 6	5 # 10 4 # 10	4 # 10 4 # 8	4 # 10 1 # 4	2 E # 2 @ 12.5	2 E # 2 @ 17.5
V31	90 x 50	2 # 10 4 # 10	2 # 10 1 # 8	2 # 10 3 # 6	2 # 10 3 # 8	2 E # 2 @ 15.0	2 E # 2 @ 25.0
V32	90 x 50	2 # 10 1 # 8	2 # 10 1 # 8	2 # 10 3 # 8	2 # 10 3 # 8	2 E # 2 @ 15.0	2 E # 2 @ 25.0
V33	90 x 50	2 # 10 1 # 8	2 # 10 4 # 10	2 # 10 3 # 8	2 # 10 3 # 6	2 E # 2 @ 15.0	2 E # 2 @ 25.0

COLUMNS

Ubicación de elementos estructurales

Marco/ eje nivel	Marco 1					Marco 2					Marco 3					Marco 4				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	C1	C3	C3	C3	C1	C2	C8	C8	C8	C2	C1	C3	C3	C3	C1	C2	C8	C8	C8	C2
2	C2	C4	C4	C4	C2	C4	C8	C8	C8	C4	C2	C4	C4	C4	C2	C4	C8	C8	C8	C4
3	C2	C4	C4	C4	C2	C4	C8	C8	C8	C4	C2	C4	C4	C4	C2	C4	C8	C8	C8	C4
4	C2	C4	C4	C4	C2	C4	C8	C8	C8	C4	C2	C4	C4	C4	C2	C4	C8	C8	C8	C4
5	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C8	C8	C8	C4	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C8	C8	C8	C4
6	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C9	C9	C9	C4	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C9	C9	C9	C4
7	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C9	C9	C9	C4	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C9	C9	C9	C4
8	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C9	C9	C9	C4	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C9	C9	C9	C4
9	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C9	C9	C9	C4	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C9	C9	C9	C4
10	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C9	C9	C9	C4	C3	C4	C4	C4	C3	C4	C9	C9	C9	C4
11	C5	C6	C6	C6	C5	C6	C10	C10	C10	C6	C5	C6	C6	C6	C5	C6	C10	C10	C10	C6
12	C5	C6	C6	C6	C5	C6	C10	C10	C10	C6	C5	C6	C6	C6	C5	C6	C10	C10	C10	C6
13	C5	C6	C6	C6	C5	C6	C10	C10	C10	C6	C5	C6	C6	C6	C5	C6	C10	C10	C10	C6
14	C5	C6	C6	C6	C5	C6	C10	C10	C10	C6	C5	C6	C6	C6	C5	C6	C10	C10	C10	C6
15	C5	C6	C6	C6	C5	C6	C10	C10	C10	C6	C5	C6	C6	C6	C5	C6	C10	C10	C10	C6
16	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6
17	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6
18	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6
19	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6
20	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C6	C10	C10	C10	C6
21	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7
22	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7
23	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7
24	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7
25	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal	Acero transversal	
			Extremos	Medios
C1	180 x 180	96 # 12	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 20.0
C2	180 x 180	68 # 12	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 15.0
C3	180 x 180	48 # 12	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 20.0
C4	180 x 180	28 # 10	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 10.0
C5	170 x 170	28 # 10	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 22.5
C6	170 x 170	28 # 8	4 E # 4 @ 10.0	4 E # 4 @ 10.0
C7	160 x 160	24 # 8	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 30.0
C8	100 x 100	20 # 8	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 25.0
C9	90 x 90	20 # 8	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 25.0
C10	80 x 80	20 # 8	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 20.0
C11	70 x 70	20 # 8	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 20.0

8.7. APENDICE G. Detalle de elementos estructurales del edificio MFW-25₄₅₀₋₄₅₀

En este apartado se muestra el detalle del acero de refuerzo de los elementos estructurales del edificio MFW-25₄₅₀₋₄₅₀.

MFW - 25₄₅₀₋₄₅₀

Vigas Secundarias

El refuerzo de las vigas secundarias es el mismo para todo el edificio.

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
VS	60 x 30	2 # 8 2 # 8	2 # 8 2 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 25.0

VIGAS Y MUROS PARALELOS AL EJE "X"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje	Marco 1				Marco 2				Marco 3				Marco 4			
	A-B	B-C	C-D	D-E												
1	M1	V1	V1	M1	V15	V15	V15	V15	V15	V15	V15	V15	M1	V1	V1	M1
2	M1	V2	V2	M1	V16	V16	V16	V16	V16	V16	V16	V16	M1	V2	V2	M1
3	M1	V3	V4	M1	V17	V17	V17	V17	V17	V17	V17	V17	M1	V3	V4	M1
4	M1	V5	V6	M1	V17	V17	V17	V17	V17	V17	V17	V17	M1	V5	V6	M1
5	M1	V5	V6	M1	V18	V18	V18	V18	V18	V18	V18	V18	M1	V5	V6	M1
6	M2	V7	V8	M2	V18	V18	V18	V18	V18	V18	V18	V18	M2	V7	V8	M2
7	M2	V7	V8	M2	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M2	V7	V8	M2
8	M2	V7	V8	M2	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M2	V7	V8	M2
9	M2	V9	V10	M2	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M2	V9	V10	M2
10	M2	V9	V10	M2	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M2	V9	V10	M2
11	M3	V9	V10	M3	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M3	V9	V10	M3
12	M3	V9	V10	M3	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M3	V9	V10	M3
13	M3	V9	V10	M3	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M3	V9	V10	M3
14	M3	V9	V10	M3	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M3	V9	V10	M3
15	M3	V9	V10	M3	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M3	V9	V10	M3
16	M3	V9	V10	M3	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M3	V9	V10	M3
17	M3	V9	V10	M3	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M3	V9	V10	M3
18	M3	V9	V10	M3	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M3	V9	V10	M3
19	M3	V9	V10	M3	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M3	V9	V10	M3
20	M3	V9	V10	M3	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M3	V9	V10	M3
21	M4	V11	V12	M4	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M4	V11	V12	M4
22	M4	V11	V12	M4	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M4	V11	V12	M4
23	M4	V11	V12	M4	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M4	V11	V12	M4
24	M4	V11	V12	M4	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M4	V11	V12	M4
25	M4	V13	V14	M4	V23	V23	V23	V23	V23	V23	V23	V23	M4	V13	V14	M4

Acero de refuerzo de vigas

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V1	110 x 50	4 # 8 1 # 8	4 # 8 1 # 8	4 # 8	4 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 17.5
V2	110 x 50	5 # 8 2 # 8	5 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V3	110 x 50	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 6	3 # 10 2 # 8	3 # 10 2 # 10	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 20.0
V4	110 x 50	4 # 10 3 # 6	4 # 10 3 # 8	3 # 10 2 # 10	3 # 10 2 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 20.0
V5	110 x 50	5 # 10 3 # 10	5 # 10 3 # 8	5 # 10 3 # 6	5 # 10 4 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 12.5
V6	110 x 50	5 # 10 3 # 8	5 # 10 3 # 10	5 # 10 4 # 8	5 # 10 3 # 6	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 12.5
V7	110 x 50	5 # 12 6 # 8	5 # 12 2 # 8	4 # 12 2 # 10	4 # 12 4 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V8	110 x 50	5 # 12 2 # 8	5 # 12 6 # 8	4 # 12 4 # 10	4 # 12 2 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V9	110 x 50	6 # 12 3 # 12	6 # 12 2 # 6	5 # 12 2 # 10	5 # 12 3 # 12	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V10	110 x 50	6 # 12 2 # 6	6 # 12 3 # 12	5 # 12 3 # 12	5 # 12 2 # 10	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 17.5
V11	90 x 50	5 # 10 5 # 8	5 # 10 3 # 6	4 # 10 2 # 8	4 # 10 5 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V12	90 x 50	5 # 10 3 # 6	5 # 10 5 # 8	4 # 10 5 # 8	4 # 10 2 # 8	2 E # 4 @ 17.5	2 E # 4 @ 25.0
V13	80 x 40	5 # 8 4 # 8	5 # 8 1 # 6	4 # 8 1 # 8	4 # 8 3 # 8	1 E # 4 @ 12.5	1 E # 4 @ 20.0
V14	80 x 40	5 # 8 1 # 6	5 # 8 4 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 1 # 8	1 E # 4 @ 12.5	1 E # 4 @ 20.0
V15	80 x 40	3 # 6 2 # 6	3 # 6 2 # 6	3 # 6 1 # 6	3 # 6 1 # 6	1 E # 3 @ 12.5	1 E # 3 @ 30.0
V16	80 x 40	2 # 8 3 # 6	2 # 8 3 # 6	3 # 6 1 # 6	3 # 6 1 # 6	1 E # 3 @ 12.5	1 E # 3 @ 25.0
V17	80 x 40	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	2 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 6	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 17.5
V18	80 x 40	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	3 # 8 1 # 8	3 # 8 1 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 15.0
V19	80 x 40	4 # 8 2 # 10	4 # 8 4 # 8	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 8	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 22.5
V20	80 x 40	4 # 8 4 # 8	4 # 8 2 # 8	3 # 8 1 # 8	3 # 8 4 # 6	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 22.5
V21	80 x 40	4 # 8 2 # 8	4 # 8 4 # 8	3 # 8 4 # 6	3 # 8 1 # 8	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 22.5
V22	80 x 40	4 # 8 4 # 8	4 # 8 2 # 10	3 # 8 1 # 8	3 # 8 1 # 6	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 22.5
V23	80 x 40	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	1 E # 4 @ 12.5	1 E # 4 @ 27.5

Acero de refuerzo en muros

Elemento	Espesor	Acero longitudinal	Acero vertical
	cm	doble parrilla	doble parrilla
M1	40	var # 6 @ 20.0	var # 6 @ 10.0
M2	30	var # 6 @ 10.0	var # 6 @ 10.0
M3	20	var # 4 @ 12.5	var # 4 @ 20.0
M4	20	var # 4 @ 20.0	var # 4 @ 20.0

VIGAS Y MUROS PARALELOS AL EJE "Y"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje nivel	Marco A			Marco B			Marco C			Marco D			Marco E		
	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4
1	M1	V1	M1	V9	V9	V9	V9	V9	V9	V9	V9	V9	M1	V1	M1
2	M1	V2	M1	V10	V10	V10	V10	V10	V10	V10	V10	V10	M1	V2	M1
3	M1	V3	M1	V11	V12	V13	V11	V12	V13	V11	V12	V13	M1	V3	M1
4	M1	V3	M1	V11	V12	V13	V11	V12	V13	V11	V12	V13	M1	V3	M1
5	M1	V4	M1	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V14	V15	V16	M1	V4	M1
6	M2	V4	M2	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V14	V15	V16	M2	V4	M2
7	M2	V4	M2	V14	V15	V16	V14	V15	V16	V14	V15	V16	M2	V4	M2
8	M2	V4	M2	V17	V18	V19	V17	V18	V19	V17	V18	V19	M2	V4	M2
9	M2	V4	M2	V17	V18	V19	V17	V18	V19	V17	V18	V19	M2	V4	M2
10	M2	V4	M2	V17	V18	V19	V17	V18	V19	V17	V18	V19	M2	V4	M2
11	M3	V4	M3	V17	V18	V19	V17	V18	V19	V17	V18	V19	M3	V4	M3
12	M3	V4	M3	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M3	V4	M3
13	M3	V4	M3	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M3	V4	M3
14	M3	V4	M3	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M3	V4	M3
15	M3	V5	M3	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M3	V5	M3
16	M3	V5	M3	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M3	V5	M3
17	M3	V5	M3	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M3	V5	M3
18	M3	V6	M3	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M3	V6	M3
19	M3	V6	M3	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M3	V6	M3
20	M3	V6	M3	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M3	V6	M3
21	M4	V7	M4	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M4	V7	M4
22	M4	V7	M4	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M4	V7	M4
23	M4	V8	M4	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M4	V8	M4
24	M4	V8	M4	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M4	V8	M4
25	M4	V8	M4	V20	V21	V22	V20	V21	V22	V20	V21	V22	M4	V8	M4

Acero de refuerzo en vigas

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V1	150 x 90	6 # 10 4 # 8	6 # 10 4 # 8	6 # 10	6 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 17.5
V2	150 x 90	7 # 10 8 # 10	7 # 10 8 # 10	7 # 10	7 # 10	3 E # 4 @ 12.5	3 E # 4 @ 20.0
V3	150 x 90	8 # 12 6 # 10	8 # 12 6 # 10	8 # 12 5 # 10	8 # 12 5 # 10	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 15.0

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V4	150 x 90	9 # 12 6 # 12	9 # 12 6 # 12	9 # 12 5 # 12	9 # 12 5 # 12	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 10.0
V5	150 x 90	8 # 12 6 # 10	8 # 12 6 # 10	8 # 12 8 # 8	8 # 12 8 # 8	3 E # 4 @ 10.0	3 E # 4 @ 12.5
V6	150 x 90	8 # 10 6 # 10	8 # 10 6 # 10	8 # 10 5 # 10	8 # 10 5 # 10	3 E # 4 @ 12.5	3 E # 4 @ 15.0
V7	150 x 90	6 # 10 5 # 10	6 # 10 5 # 10	6 # 10 4 # 10	6 # 10 4 # 10	3 E # 4 @ 15.0	3 E # 4 @ 20.0
V8	150 x 90	6 # 10 4 # 8	6 # 10 4 # 8	6 # 10 3 # 8	6 # 10 3 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 15.0
V9	80 x 40	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	3 # 8	3 # 8	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 30.0
V10	80 x 40	3 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 6	3 # 8	3 # 8	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 25.0
V11	80 x 40	3 # 8 2 # 10	3 # 8 1 # 10	3 # 8 1 # 6	3 # 8 0 # 0	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 15.0
V12	80 x 40	3 # 8 1 # 10	3 # 8 1 # 10	3 # 8	3 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 15.0
V13	80 x 40	3 # 8 1 # 10	3 # 8 2 # 10	3 # 8	3 # 8 1 # 6	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 15.0
V14	80 x 40	4 # 8 3 # 10	4 # 8 3 # 6	3 # 8 2 # 6	3 # 8 3 # 6	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 15.0
V15	80 x 40	4 # 8 3 # 6	4 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 6	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 15.0
V16	80 x 40	4 # 8 3 # 6	4 # 8 3 # 10	3 # 8 3 # 6	3 # 8 2 # 6	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 15.0
V17	80 x 40	4 # 8 6 # 8	4 # 8 3 # 6	3 # 8 2 # 8	3 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 25.0
V18	80 x 40	4 # 8 3 # 6	4 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 8	3 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 25.0
V19	80 x 40	4 # 8 3 # 6	4 # 8 6 # 8	3 # 8 3 # 8	3 # 8 2 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 25.0
V20	80 x 40	5 # 8 4 # 10	5 # 8	4 # 8 3 # 6	4 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 22.5
V21	80 x 40	5 # 8	5 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 22.5
V22	80 x 40	5 # 8	5 # 8 4 # 10	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 6	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 22.5

Acero de refuerzo en muros

Elemento	Espeor	Acero longitudinal	Acero vertical
	cm	doble parrilla	doble parrilla
M1	40	var # 6 @ 15.0	var # 4 @ 20.0
M2	30	var # 6 @ 17.5	var # 4 @ 20.0
M3	20	var # 4 @ 10.0	var # 4 @ 20.0
M4	20	var # 4 @ 17.5	var # 4 @ 20.0

COLUMNAS

Ubicación de elementos estructurales

Marco/ eje nivel	Marco 1					Marco 2					Marco 3					Marco 4				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	C1	C1	C8	C1	C1	C2	C10	C10	C10	C2	C2	C10	C10	C10	C2	C1	C1	C8	C1	C1
2	C3	C3	C8	C3	C3	C4	C10	C10	C10	C4	C4	C10	C10	C10	C4	C3	C3	C8	C3	C3
3	C3	C3	C8	C3	C3	C4	C10	C10	C10	C4	C4	C10	C10	C10	C4	C3	C3	C8	C3	C3
4	C3	C3	C8	C3	C3	C4	C10	C10	C10	C4	C4	C10	C10	C10	C4	C3	C3	C8	C3	C3
5	C3	C3	C8	C3	C3	C4	C10	C10	C10	C4	C4	C10	C10	C10	C4	C3	C3	C8	C3	C3
6	C5	C5	C8	C5	C5	C5	C10	C10	C10	C5	C5	C10	C10	C10	C5	C5	C5	C8	C5	C5
7	C5	C5	C8	C5	C5	C5	C10	C10	C10	C5	C5	C10	C10	C10	C5	C5	C5	C8	C5	C5
8	C5	C5	C8	C5	C5	C5	C10	C10	C10	C5	C5	C10	C10	C10	C5	C5	C5	C8	C5	C5
9	C5	C5	C8	C5	C5	C5	C10	C10	C10	C5	C5	C10	C10	C10	C5	C5	C5	C8	C5	C5
10	C5	C5	C8	C5	C5	C5	C10	C10	C10	C5	C5	C10	C10	C10	C5	C5	C5	C8	C5	C5
11	C6	C6	C8	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C8	C6	C6
12	C6	C6	C8	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C8	C6	C6
13	C6	C6	C8	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C8	C6	C6
14	C6	C6	C8	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C8	C6	C6
15	C6	C6	C8	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C8	C6	C6
16	C6	C6	C8	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C8	C6	C6
17	C6	C6	C8	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C8	C6	C6
18	C6	C6	C8	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C8	C6	C6
19	C6	C6	C8	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C8	C6	C6
20	C6	C6	C8	C6	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C11	C11	C11	C6	C6	C6	C8	C6	C6
21	C7	C7	C9	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7	C7	C11	C11	C11	C7	C7	C7	C9	C7	C7
22	C7	C7	C9	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7	C7	C11	C11	C11	C7	C7	C7	C9	C7	C7
23	C7	C7	C9	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7	C7	C11	C11	C11	C7	C7	C7	C9	C7	C7
24	C7	C7	C9	C7	C7	C7	C11	C11	C11	C7	C7	C11	C11	C11	C7	C7	C7	C9	C7	C7
25	C7	C7	C9	C7	C7	C7	C12	C12	C12	C7	C7	C12	C12	C12	C7	C7	C7	C9	C7	C7

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal	Acero transversal	
			Extremos	Medios
C1	120 x 120	44 # 12	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C2	120 x 120	36 # 12	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C3	120 x 120	32 # 12	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C4	120 x 120	24 # 12	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C5	120 x 120	20 # 10	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C6	120 x 120	16 # 8	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C7	100 x 100	12 # 8	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C8	120 x 120	24 # 8	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 10.0
C9	100 x 100	24 # 8	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 12.5
C10	100 x 100	16 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 15.0
C11	80 x 80	16 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 12.5
C12	80 x 80	16 # 10	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 10.0

8.8. APENDICE H. Detalle de elementos estructurales del edificio M1X3Y-40₄₅₀₋₄₅₀

En este apartado se muestra el detalle del acero de refuerzo de los elementos estructurales del edificio M1X3Y-40₄₅₀₋₄₅₀.

M1X3Y - 40₄₅₀₋₄₅₀

Vigas Secundarias

El refuerzo de las vigas secundarias es el mismo para todo el edificio.

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
VS	60 x 30	2 # 8 2 # 8	2 # 8 2 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 25.0

VIGAS Y MUROS PARALELOS AL EJE "X"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje	Marco 1				Marco 2				Marco 3				Marco 4			
	A-B	B-C	C-D	D-E												
1	M1	V1	V1	M1	V18	V18	V18	V18	V18	V18	V18	V18	M1	V1	V1	M1
2	M1	V2	V2	M1	V19	V19	V19	V19	V19	V19	V19	V19	M1	V2	V2	M1
3	M1	V3	V3	M1	V20	V21	V22	V23	V20	V21	V22	V23	M1	V3	V3	M1
4	M1	V4	V4	M1	V20	V21	V22	V23	V20	V21	V22	V23	M1	V4	V4	M1
5	M1	V4	V4	M1	V24	V25	V26	V27	V24	V25	V26	V27	M1	V4	V4	M1
6	M1	V4	V4	M1	V24	V25	V26	V27	V24	V25	V26	V27	M1	V4	V4	M1
7	M1	V5	V5	M1	V24	V25	V26	V27	V24	V25	V26	V27	M1	V5	V5	M1
8	M1	V5	V5	M1	V24	V25	V26	V27	V24	V25	V26	V27	M1	V5	V5	M1
9	M1	V5	V5	M1	V24	V25	V26	V27	V24	V25	V26	V27	M1	V5	V5	M1
10	M1	V5	V5	M1	V24	V25	V26	V27	V24	V25	V26	V27	M1	V5	V5	M1
11	M1	V5	V5	M1	V24	V25	V26	V27	V24	V25	V26	V27	M1	V5	V5	M1
12	M1	V5	V5	M1	V24	V25	V26	V27	V24	V25	V26	V27	M1	V5	V5	M1
13	M1	V5	V5	M1	V24	V25	V26	V27	V24	V25	V26	V27	M1	V5	V5	M1
14	M1	V6	V6	M1	V24	V25	V26	V27	V24	V25	V26	V27	M1	V6	V6	M1
15	M1	V6	V6	M1	V24	V25	V26	V27	V24	V25	V26	V27	M1	V6	V6	M1
16	M2	V7	V7	M2	V24	V25	V26	V27	V24	V25	V26	V27	M2	V7	V7	M2
17	M2	V8	V8	M2	V28	V29	V30	V31	V28	V29	V30	V31	M2	V8	V8	M2
18	M2	V9	V9	M2	V28	V29	V30	V31	V28	V29	V30	V31	M2	V9	V9	M2
19	M2	V9	V9	M2	V28	V29	V30	V31	V28	V29	V30	V31	M2	V9	V9	M2
20	M8	M8	M8	M8	V28	V29	V30	V31	V28	V29	V30	V31	M8	M8	M8	M8
21	M3	V9	V9	M3	V28	V29	V30	V31	V28	V29	V30	V31	M3	V9	V9	M3
22	M3	V10	V10	M3	V28	V29	V30	V31	V28	V29	V30	V31	M3	V10	V10	M3
23	M3	V11	V11	M3	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M3	V11	V11	M3
24	M4	V12	V13	M4	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M4	V12	V13	M4
25	M4	V12	V13	M4	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M4	V12	V13	M4
26	M4	V14	V15	M4	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M4	V14	V15	M4
27	M4	V14	V15	M4	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M4	V14	V15	M4
28	M5	V16	V17	M5	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M5	V16	V17	M5
29	M5	V16	V17	M5	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M5	V16	V17	M5
30	M5	V16	V17	M5	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M5	V16	V17	M5

Marco / eje	Marco 1				Marco 2				Marco 3				Marco 4			
	A-B	B-C	C-D	D-E												
31	M6	V16	V17	M6	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M6	V16	V17	M6
32	M6	V16	V17	M6	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M6	V16	V17	M6
33	M6	V16	V17	M6	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M6	V16	V17	M6
34	M6	V16	V17	M6	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M6	V16	V17	M6
35	M6	V16	V17	M6	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M6	V16	V17	M6
36	M7	V16	V17	M7	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M7	V16	V17	M7
37	M7	V16	V17	M7	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M7	V16	V17	M7
38	M7	V16	V17	M7	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M7	V16	V17	M7
39	M7	V16	V17	M7	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M7	V16	V17	M7
40	M7	V16	V17	M7	V32	V33	V34	V35	V32	V33	V34	V35	M7	V16	V17	M7

Acero de refuerzo de vigas

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V1	100 x 50	4 # 8 1 # 8	4 # 8 1 # 8	4 # 8 1 # 6	4 # 8 1 # 6	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 17.5
V2	100 x 50	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V3	100 x 50	5 # 8 2 # 10	5 # 8 2 # 10	5 # 8 3 # 8	5 # 8 3 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 20.0
V4	100 x 50	5 # 10 3 # 10	5 # 10 3 # 10	5 # 10 4 # 8	5 # 10 4 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 15.0
V5	100 x 50	5 # 10 6 # 8	5 # 10 6 # 8	5 # 10 4 # 8	5 # 10 4 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 12.5
V6	100 x 50	4 # 10 4 # 8	4 # 10 4 # 8	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 17.5
V7	100 x 50	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V8	100 x 50	4 # 8 1 # 8	4 # 8 1 # 8	4 # 8 1 # 6	4 # 8 1 # 6	2 E # 3 @ 20.0	2 E # 3 @ 30.0
V9	100 x 50	4 # 8	4 # 8	4 # 8	4 # 8	1 E # 3 @ 12.5	1 E # 3 @ 25.0
V10	100 x 50	4 # 8 1 # 8	4 # 8 1 # 8	4 # 8 1 # 6	4 # 8 1 # 6	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 17.5
V11	100 x 50	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 25.0
V12	100 x 50	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 6	4 # 10 1 # 6	4 # 10 2 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 17.5
V13	100 x 50	4 # 10 3 # 6	4 # 10 3 # 8	4 # 10 2 # 8	4 # 10 1 # 6	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 17.5
V14	100 x 50	4 # 10 5 # 8	4 # 10 3 # 8	4 # 10 2 # 8	4 # 10 4 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 15.0
V15	100 x 50	4 # 10 3 # 8	4 # 10 5 # 8	4 # 10 4 # 8	4 # 10 2 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 15.0
V16	100 x 50	5 # 10 4 # 10	5 # 10 4 # 6	5 # 10 2 # 6	5 # 10 5 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 12.5
V17	100 x 50	5 # 10 4 # 6	5 # 10 4 # 10	5 # 10 5 # 8	5 # 10 2 # 6	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 12.5
V18	80 x 40	3 # 6 3 # 6	3 # 6 3 # 6	3 # 6 1 # 6	3 # 6 1 # 6	1 E # 3 @ 12.5	1 E # 3 @ 27.5

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V19	80 x 40	2 # 8	2 # 8	3 # 6	3 # 6	1 E # 3 @ 12.5	1 E # 3 @ 22.5
		2 # 8	2 # 8	1 # 6	1 # 6		
V20	80 x 40	3 # 8	3 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 17.5
		3 # 6	4 # 6	1 # 6	1 # 8		
V21	80 x 40	3 # 8	3 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 17.5
		4 # 6	3 # 6	1 # 8	1 # 8		
V22	80 x 40	3 # 8	3 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 17.5
		3 # 6	4 # 6	1 # 8	1 # 8		
V23	80 x 40	3 # 8	3 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 17.5
		4 # 6	3 # 6	1 # 8	1 # 6		
V24	80 x 40	3 # 10	3 # 10	2 # 10	2 # 10	2 E # 3 @ 17.5	2 E # 3 @ 27.5
		2 # 8	2 # 8		2 # 6		
V25	80 x 40	3 # 10	3 # 10	2 # 10	2 # 10	2 E # 3 @ 17.5	2 E # 3 @ 27.5
		2 # 8	2 # 6	2 # 6	3 # 6		
V26	80 x 40	3 # 10	3 # 10	2 # 10	2 # 10	2 E # 3 @ 17.5	2 E # 3 @ 27.5
		2 # 6	2 # 8	3 # 6	2 # 6		
V27	80 x 40	3 # 10	3 # 10	2 # 10	2 # 10	2 E # 3 @ 17.5	2 E # 3 @ 27.5
		2 # 8	2 # 8	2 # 6			
V28	80 x 40	3 # 8	3 # 8	3 # 8	3 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 30.0
		4 # 8	2 # 8	1 # 6	3 # 6		
V29	80 x 40	3 # 8	3 # 8	3 # 8	3 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 30.0
		2 # 8	0 # 0	3 # 6	0 # 0		
V30	80 x 40	3 # 8	3 # 8	3 # 8	3 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 30.0
			2 # 8		3 # 6		
V31	80 x 40	3 # 8	3 # 8	3 # 8	3 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 30.0
		2 # 8	4 # 8	3 # 6	1 # 6		
V32	80 x 40	3 # 10	3 # 10	3 # 10	3 # 10	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 22.5
		4 # 8	3 # 8		2 # 6		
V33	80 x 40	3 # 10	3 # 10	3 # 10	3 # 10	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 22.5
		3 # 8	1 # 6	2 # 6	1 # 6		
V34	80 x 40	3 # 10	3 # 10	3 # 10	3 # 10	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 22.5
		1 # 6	3 # 8	1 # 6	2 # 6		
V35	80 x 40	3 # 10	3 # 10	3 # 10	3 # 10	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 22.5
		3 # 8	4 # 8	2 # 6			

Acero de refuerzo en muros

Elemento	Espeor	Acero longitudinal	Acero vertical
	cm	doble parrilla	doble parrilla
M1	60	var # 6 @ 10.0	var # 6 @ 10.0
M2	60	var # 6 @ 15.0	var # 6 @ 10.0
M3	40	var # 6 @ 15.0	var # 6 @ 10.0
M4	40	var # 6 @ 20.0	var # 6 @ 15.0
M5	40	var # 6 @ 20.0	var # 6 @ 20.0
M6	20	var # 6 @ 17.5	var # 4 @ 20.0
M7	20	var # 6 @ 20.0	var # 4 @ 20.0
M8	60	var # 4 @ 12.5	var # 4 @ 20.0

VIGAS Y MUROS PARALELOS AL EJE "Y"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje	Marco A			Marco B			Marco C			Marco D			Marco E		
	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4
1	M1	V1	M1	V17	V17	V17	V17	V17	V17	V17	V17	V17	M1	V1	M1
2	M1	V2	M1	V17	V17	V17	V17	V17	V17	V17	V17	V17	M1	V2	M1
3	M1	V3	M1	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M1	V3	M1
4	M1	V3	M1	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M1	V3	M1
5	M1	V3	M1	V21	V22	V23	V21	V22	V23	V21	V22	V23	M1	V3	M1
6	M1	V3	M1	V21	V22	V23	V21	V22	V23	V21	V22	V23	M1	V3	M1
7	M1	V4	M1	V24	V25	V26	V30	V31	V32	V24	V25	V26	M1	V4	M1
8	M1	V5	M1	V24	V25	V26	V30	V31	V32	V24	V25	V26	M1	V5	M1
9	M1	V5	M1	V24	V25	V26	V30	V31	V32	V24	V25	V26	M1	V5	M1
10	M2	M2	M2	V24	V25	V26	V30	V31	V32	V24	V25	V26	M2	M2	M2
11	M1	V5	M1	V24	V25	V26	V30	V31	V32	V24	V25	V26	M1	V5	M1
12	M1	V6	M1	V24	V25	V26	V30	V31	V32	V24	V25	V26	M1	V6	M1
13	M1	V7	M1	V24	V25	V26	V33	V34	V35	V24	V25	V26	M1	V7	M1
14	M1	V7	M1	V24	V25	V26	V33	V34	V35	V24	V25	V26	M1	V7	M1
15	M1	V7	M1	V24	V25	V26	V33	V34	V35	V24	V25	V26	M1	V7	M1
16	M2	V7	M2	V24	V25	V26	V33	V34	V35	V24	V25	V26	M2	V7	M2
17	M2	V8	M2	V24	V25	V26	V36	V37	V38	V24	V25	V26	M2	V8	M2
18	M2	V9	M2	V24	V25	V26	V36	V37	V38	V24	V25	V26	M2	V9	M2
19	M2	V9	M2	V24	V25	V26	V36	V37	V38	V24	V25	V26	M2	V9	M2
20	M8	M8	M8	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M8	M8	M8
21	M3	V9	M3	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M3	V9	M3
22	M3	V10	M3	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M3	V10	M3
23	M3	V11	M3	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M3	V11	M3
24	M4	V11	M4	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M4	V11	M4
25	M4	V11	M4	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M4	V11	M4
26	M4	V11	M4	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M4	V11	M4
27	M4	V12	M4	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M4	V12	M4
28	M5	V13	M5	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M5	V13	M5
29	M5	V13	M5	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M5	V13	M5
30	M9	M9	M9	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M9	M9	M9
31	M6	V13	M6	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M6	V13	M6
32	M6	V14	M6	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M6	V14	M6
33	M6	V15	M6	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M6	V15	M6
34	M6	V15	M6	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M6	V15	M6
35	M6	V16	M6	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M6	V16	M6
36	M7	V16	M7	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M7	V16	M7
37	M7	V16	M7	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M7	V16	M7
38	M7	V16	M7	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M7	V16	M7
39	M7	V16	M7	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M7	V16	M7
40	M7	V16	M7	V27	V28	V29	V36	V37	V38	V27	V28	V29	M7	V16	M7

Acero de refuerzo en vigas

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V1	110 x 50	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 22.5

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V2	110 x 50	3 # 10 3 # 10	3 # 10 3 # 10	3 # 10 2 # 10	3 # 10 2 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V3	110 x 50	4 # 10 3 # 10	4 # 10 3 # 10	4 # 10 3 # 8	4 # 10 3 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V4	110 x 50	3 # 10 3 # 10	3 # 10 3 # 10	3 # 10 2 # 10	3 # 10 2 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V5	110 x 50	4 # 8 3 # 6	4 # 8 3 # 6	4 # 8 1 # 8	4 # 8 1 # 8	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 25.0
V6	110 x 50	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 22.5
V7	110 x 50	3 # 10 3 # 10	3 # 10 3 # 10	3 # 10 2 # 10	3 # 10 2 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V8	110 x 50	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 22.5
V9	110 x 50	4 # 8 3 # 6	4 # 8 3 # 6	4 # 8 1 # 8	4 # 8 1 # 8	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 25.0
V10	110 x 50	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 22.5
V11	110 x 50	3 # 10 3 # 10	3 # 10 3 # 10	3 # 10 2 # 10	3 # 10 2 # 10	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V12	110 x 50	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 22.5
V13	110 x 50	4 # 8 3 # 6	4 # 8 3 # 6	4 # 8 1 # 8	4 # 8 1 # 8	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 25.0
V14	110 x 50	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	4 # 8 2 # 8	4 # 8 2 # 8	2 E # 4 @ 20.0	2 E # 4 @ 22.5
V15	110 x 50	4 # 8 3 # 10	4 # 8 3 # 10	4 # 8 3 # 8	4 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V16	110 x 50	3 # 10 3 # 10	3 # 10 3 # 10	3 # 10 3 # 8	3 # 10 3 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V17	80 x 40	3 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 6	3 # 8	3 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 27.5
V18	80 x 40	3 # 8 2 # 10	3 # 8 3 # 6	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 17.5
V19	80 x 40	3 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 6	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 17.5
V20	80 x 40	3 # 8 3 # 6	3 # 8 2 # 10	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 17.5
V21	80 x 40	3 # 8 3 # 10	3 # 8 3 # 6	3 # 8 1 # 6	3 # 8 2 # 6	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 17.5
V22	80 x 40	3 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 6	3 # 8 2 # 6	3 # 8 2 # 6	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 17.5
V23	80 x 40	3 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 10	3 # 8 2 # 6	3 # 8 1 # 6	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 17.5
V24	80 x 40	4 # 8 5 # 8	4 # 8 1 # 6	3 # 8 3 # 6	3 # 8 4 # 6	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 27.5
V25	80 x 40	4 # 8 1 # 6	4 # 8 1 # 6	3 # 8 4 # 6	3 # 8 4 # 6	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 27.5
V26	80 x 40	4 # 8 1 # 6	4 # 8 5 # 8	3 # 8 4 # 6	3 # 8 3 # 6	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 27.5
V27	80 x 40	5 # 8 4 # 10	5 # 8	3 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 20.0
V28	80 x 40	5 # 8	5 # 8	3 # 8 3 # 8	3 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 20.0

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V29	80 x 40	5 # 8	5 # 8 4 # 10	3 # 8 3 # 8	3 # 8 3 # 6	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 20.0
V30	80 x 40	4 # 8 4 # 8	4 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 8	3 # 8 1 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 25.0
V31	80 x 40	4 # 8 1 # 6	4 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 8	3 # 8 1 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 25.0
V32	80 x 40	4 # 8 1 # 6	4 # 8 4 # 8	3 # 8 1 # 8	3 # 8 1 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 25.0
V33	80 x 40	3 # 10 3 # 10	3 # 10	4 # 10 1 # 6	4 # 10 1 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 27.5
V34	80 x 40	3 # 10	3 # 10	4 # 10 1 # 8	4 # 10 1 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 27.5
V35	80 x 40	3 # 10	3 # 10 3 # 10	4 # 10 1 # 8	4 # 10 1 # 6	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 27.5
V36	80 x 40	4 # 10 4 # 10	4 # 10 0 # 0	3 # 10 1 # 8	3 # 10 2 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 22.5
V37	80 x 40	4 # 10	4 # 10	3 # 10 2 # 8	3 # 10 2 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 22.5
V38	80 x 40	4 # 10	4 # 10 4 # 10	3 # 10 2 # 8	3 # 10 1 # 8	2 E # 4 @ 12.5	2 E # 4 @ 22.5

Acero de refuerzo en muros

Elemento	Espesor	Acero longitudinal	Acero vertical
	cm	doble parrilla	doble parrilla
M1	60	var # 6 @ 10.0	var # 4 @ 10.0
M2	60	var # 6 @ 15.0	var # 6 @ 10.0
M3	40	var # 6 @ 15.0	var # 6 @ 15.0
M4	40	var # 6 @ 15.0	var # 6 @ 20.0
M5	40	var # 6 @ 15.0	var # 6 @ 10.0
M6	25	var # 6 @ 15.0	var # 6 @ 10.0
M7	20	var # 6 @ 15.0	var # 4 @ 20.0
M8	60	var # 4 @ 10.0	var # 6 @ 15.0
M9	25	var # 4 @ 15.0	var # 6 @ 10.0

COLUMNAS

Ubicación de elementos estructurales

Marco/ eje nivel	Marco 1					Marco 2					Marco 3					Marco 4				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	C1	C1	C19	C1	C1	C2	C25	C25	C25	C2	C2	C25	C25	C25	C2	C1	C1	C19	C1	C1
2	C1	C1	C19	C1	C1	C2	C25	C25	C25	C2	C2	C25	C25	C25	C2	C1	C1	C19	C1	C1
3	C3	C3	C19	C3	C3	C4	C25	C25	C25	C4	C4	C25	C25	C25	C4	C3	C3	C19	C3	C3
4	C3	C3	C19	C3	C3	C4	C25	C25	C25	C4	C4	C25	C25	C25	C4	C3	C3	C19	C3	C3
5	C3	C3	C19	C3	C3	C4	C25	C25	C25	C4	C4	C25	C25	C25	C4	C3	C3	C19	C3	C3

Marco / eje nivel	Marco 1					Marco 2					Marco 3					Marco 4				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
6	C3	C3	C19	C3	C3	C4	C25	C25	C25	C4	C4	C25	C25	C25	C4	C3	C3	C19	C3	C3
7	C3	C3	C19	C3	C3	C4	C25	C25	C25	C4	C4	C25	C25	C25	C4	C3	C3	C19	C3	C3
8	C5	C6	C19	C6	C5	C5	C25	C25	C25	C5	C5	C25	C25	C25	C5	C5	C6	C19	C6	C5
9	C5	C6	C19	C6	C5	C5	C25	C25	C25	C5	C5	C25	C25	C25	C5	C5	C6	C19	C6	C5
10	C3	C3	C19	C3	C3	C7	C25	C25	C25	C7	C7	C25	C25	C25	C7	C3	C3	C19	C3	C3
11	C3	C3	C20	C3	C3	C7	C26	C26	C26	C7	C7	C26	C26	C26	C7	C3	C3	C20	C3	C3
12	C3	C3	C20	C3	C3	C7	C26	C26	C26	C7	C7	C26	C26	C26	C7	C3	C3	C20	C3	C3
13	C3	C3	C20	C3	C3	C7	C26	C26	C26	C7	C7	C26	C26	C26	C7	C3	C3	C20	C3	C3
14	C3	C3	C20	C3	C3	C7	C26	C26	C26	C7	C7	C26	C26	C26	C7	C3	C3	C20	C3	C3
15	C3	C3	C20	C3	C3	C7	C26	C26	C26	C7	C7	C26	C26	C26	C7	C3	C3	C20	C3	C3
16	C8	C8	C20	C8	C8	C9	C26	C26	C26	C9	C9	C26	C26	C26	C9	C8	C8	C20	C8	C8
17	C8	C8	C20	C8	C8	C9	C26	C26	C26	C9	C9	C26	C26	C26	C9	C8	C8	C20	C8	C8
18	C8	C8	C20	C8	C8	C9	C26	C26	C26	C9	C9	C26	C26	C26	C9	C8	C8	C20	C8	C8
19	C8	C8	C21	C8	C8	C9	C26	C26	C26	C9	C9	C26	C26	C26	C9	C8	C8	C21	C8	C8
20	C17	C17	C18	C17	C17	C9	C26	C26	C26	C9	C9	C26	C26	C26	C9	C17	C17	C18	C17	C17
21	C10	C10	C22	C10	C10	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C10	C10	C22	C10	C10
22	C10	C10	C22	C10	C10	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C10	C10	C22	C10	C10
23	C10	C10	C22	C10	C10	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C10	C10	C22	C10	C10
24	C12	C12	C22	C12	C12	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C12	C12	C22	C12	C12
25	C12	C12	C22	C12	C12	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C12	C12	C22	C12	C12
26	C12	C12	C22	C12	C12	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C12	C12	C22	C12	C12
27	C12	C12	C22	C12	C12	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C12	C12	C22	C12	C12
28	C13	C14	C22	C14	C13	C13	C26	C26	C26	C13	C13	C26	C26	C26	C13	C13	C14	C22	C14	C13
29	C13	C14	C22	C14	C13	C13	C26	C26	C26	C13	C13	C26	C26	C26	C13	C13	C14	C22	C14	C13
30	C13	C14	C22	C14	C13	C15	C26	C26	C26	C15	C15	C26	C26	C26	C15	C13	C14	C22	C14	C13
31	C15	C15	C23	C15	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C15	C23	C15	C15
32	C15	C15	C23	C15	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C15	C23	C15	C15
33	C15	C15	C23	C15	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C15	C23	C15	C15
34	C15	C15	C23	C15	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C15	C23	C15	C15
35	C15	C15	C23	C15	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C15	C23	C15	C15
36	C16	C16	C24	C16	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C16	C24	C16	C16
37	C16	C16	C24	C16	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C16	C24	C16	C16
38	C16	C16	C24	C16	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C16	C24	C16	C16
39	C16	C16	C24	C16	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C16	C24	C16	C16
40	C16	C16	C24	C16	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C16	C24	C16	C16

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal	Acero transversal	
			Extremos	Medios
C1	160 x 160	60 # 12 32 # 12	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 4 @ 30.0
C2	160 x 160	60 # 12 16 # 12	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C3	160 x 160	60 # 12	3 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 30.0
C4	160 x 160	48 # 12	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C5	160 x 160	60 # 12 24 # 12	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0
C6	160 x 160	36 # 12	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0
C7	160 x 160	24 # 12	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0
C8	160 x 160	68 # 12 44 # 12	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal	Acero transversal	
			Extremos	Medios
C9	160 x 160	28 # 10	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0
C10	140 x 140	52 # 12	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0
C11	140 x 140	24 # 10	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0
C12	140 x 140	40 # 10	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0
C13	140 x 140	48 # 10	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0
C14	140 x 140	20 # 10	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0
C15	120 x 120	28 # 8	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0
C16	100 x 100	12 # 8	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0
C17	160 x 160	52 # 12	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0
C18	160 x 160	24 # 10	3 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 30.0
C19	160 x 160	32 # 10	4 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 20.0
C20	160 x 160	52 # 10	4 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 20.0
C21	160 x 160	60 # 10	4 E # 3 @ 10.0	4 E # 3 @ 40.0
C22	140 x 140	24 # 10	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 15.0
C23	120 x 120	24 # 8	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 12.5
C24	100 x 100	24 # 8	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 10.0
C25	110 x 110	24 # 8	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 25.0
C26	100 x 100	20 # 8	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 20.0
C27	90 x 90	16 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 12.5
C28	80 x 80	16 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 10.0

8.9. APENDICE I. Detalle de elementos estructurales del edificio M3X3Y-40₄₅₀₋₄₅₀

En este apartado se muestra el detalle del acero de refuerzo de los elementos estructurales del edificio M3X3Y-40₄₅₀₋₄₅₀.

M3X3Y - 40₄₅₀₋₄₅₀

Vigas Secundarias

El refuerzo de las vigas secundarias es el mismo para todo el edificio.

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
VS	60 x 30	2 # 8 2 # 8	2 # 8 2 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 25.0

VIGAS Y MUROS PARALELOS AL EJE "X"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje nivel	Marco 1				Marco 2				Marco 3				Marco 4			
	A-B	B-C	C-D	D-E												
1	M1	V1	V1	M1	V5	V5	V5	V5	V5	V5	V5	V5	M1	V1	V1	M1
2	M1	V1	V1	M1	V5	V5	V5	V5	V5	V5	V5	V5	M1	V1	V1	M1
3	M1	V2	V2	M1	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6	M1	V2	V2	M1
4	M1	V2	V2	M1	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6	M1	V2	V2	M1
5	M1	V2	V2	M1	V7	V8	V9	V10	V7	V8	V9	V10	M1	V2	V2	M1
6	M1	V2	V2	M1	V7	V8	V9	V10	V7	V8	V9	V10	M1	V2	V2	M1
7	M1	V1	V1	M1	V7	V8	V9	V10	V7	V8	V9	V10	M1	V1	V1	M1
8	M2	V1	V1	M2	V7	V8	V9	V10	V7	V8	V9	V10	M2	V1	V1	M2
9	M2	V1	V1	M2	V7	V8	V9	V10	V7	V8	V9	V10	M2	V1	V1	M2
10	M8	M8	M8	M8	V11	V12	V13	V14	V11	V12	V13	V14	M8	M8	M8	M8
11	M1	V1	V1	M1	V11	V12	V13	V14	V11	V12	V13	V14	M1	V1	V1	M1
12	M1	V1	V1	M1	V11	V12	V13	V14	V11	V12	V13	V14	M1	V1	V1	M1
13	M1	V1	V1	M1	V11	V12	V13	V14	V11	V12	V13	V14	M1	V1	V1	M1
14	M1	V1	V1	M1	V11	V12	V13	V14	V11	V12	V13	V14	M1	V1	V1	M1
15	M1	V1	V1	M1	V15	V16	V17	V18	V15	V16	V17	V18	M1	V1	V1	M1
16	M1	V1	V1	M1	V15	V16	V17	V18	V15	V16	V17	V18	M1	V1	V1	M1
17	M1	V1	V1	M1	V15	V16	V17	V18	V15	V16	V17	V18	M1	V1	V1	M1
18	M1	V1	V1	M1	V15	V16	V17	V18	V15	V16	V17	V18	M1	V1	V1	M1
19	M3	V1	V1	M3	V15	V16	V17	V18	V15	V16	V17	V18	M3	V1	V1	M3
20	M9	M9	M9	M9	V15	V16	V17	V18	V15	V16	V17	V18	M9	M9	M9	M9
21	M4	V1	V1	M4	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M4	V1	V1	M4
22	M4	V1	V1	M4	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M4	V1	V1	M4
23	M4	V1	V1	M4	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M4	V1	V1	M4
24	M4	V1	V1	M4	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M4	V1	V1	M4
25	M4	V1	V1	M4	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M4	V1	V1	M4
26	M4	V1	V1	M4	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M4	V1	V1	M4
27	M4	V1	V1	M4	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M4	V1	V1	M4
28	M5	V1	V1	M5	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M5	V1	V1	M5
29	M5	V1	V1	M5	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M5	V1	V1	M5
30	M10	M10	M10	M10	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M10	M10	M10	M10

Marco / eje	Marco 1				Marco 2				Marco 3				Marco 4			
	A-B	B-C	C-D	D-E												
31	M6	V1	V1	M6	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M6	V1	V1	M6
32	M6	V1	V1	M6	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M6	V1	V1	M6
33	M6	V2	V2	M6	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M6	V2	V2	M6
34	M6	V2	V2	M6	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M6	V2	V2	M6
35	M6	V2	V2	M6	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M6	V2	V2	M6
36	M7	V3	V3	M7	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M7	V3	V3	M7
37	M7	V3	V3	M7	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M7	V3	V3	M7
38	M7	V3	V3	M7	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M7	V3	V3	M7
39	M7	V3	V3	M7	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M7	V3	V3	M7
40	M7	V3	V3	M7	V19	V20	V21	V22	V19	V20	V21	V22	M7	V3	V3	M7

Acero de refuerzo de vigas

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V1	90 x 40	3 # 8	3 # 8	3 # 8	3 # 8	1 E # 3 @ 15.0	1 E # 3 @ 30.0
V2	90 x 40	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	3 # 8	3 # 8	1 E # 3 @ 12.5	1 E # 3 @ 25.0
V3	90 x 40	3 # 8 1 # 8	3 # 8	3 # 8	3 # 8	1 E # 3 @ 12.5	1 E # 3 @ 22.5
V4	90 x 40	3 # 8	3 # 8 1 # 8	3 # 8	3 # 8	1 E # 3 @ 12.5	1 E # 3 @ 22.5
V5	80 x 40	3 # 6 2 # 6	3 # 6 2 # 6	3 # 6 1 # 6	3 # 6 1 # 6	1 E # 3 @ 12.5	1 E # 3 @ 30.0
V6	80 x 40	3 # 6 3 # 6	3 # 6 3 # 6	3 # 6 1 # 6	3 # 6 1 # 6	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 25.0
V7	80 x 40	2 # 8 2 # 8	2 # 8 3 # 6	3 # 6 1 # 6	3 # 6 1 # 6	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 25.0
V8	80 x 40	2 # 8 3 # 6	2 # 8 1 # 8	3 # 6 1 # 6	3 # 6 1 # 6	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 25.0
V9	80 x 40	2 # 8 1 # 8	2 # 8 3 # 6	3 # 6 1 # 6	3 # 6 1 # 6	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 25.0
V10	80 x 40	2 # 8 3 # 6	2 # 8 2 # 8	3 # 6 1 # 6	3 # 6 1 # 6	1 E # 3 @ 10.0	1 E # 3 @ 25.0
V11	80 x 40	3 # 8 3 # 8	3 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 35.0
V12	80 x 40	3 # 8 1 # 6	3 # 8	2 # 8 1 # 8	2 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 35.0
V13	80 x 40	3 # 8	3 # 8 1 # 6	2 # 8	2 # 8 1 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 35.0
V14	80 x 40	3 # 8 1 # 6	3 # 8 3 # 8	2 # 8 1 # 8	2 # 8 1 # 6	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 35.0
V15	80 x 40	3 # 8 4 # 8	3 # 8 3 # 6	2 # 8 2 # 6	2 # 8 2 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 30.0
V16	80 x 40	3 # 8 3 # 6	3 # 8	2 # 8 2 # 8	2 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 30.0
V17	80 x 40	3 # 8	3 # 8 3 # 6	2 # 8	2 # 8 2 # 8	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 30.0
V18	80 x 40	3 # 8 3 # 6	3 # 8 4 # 8	2 # 8 2 # 8	2 # 8 2 # 6	2 E # 3 @ 15.0	2 E # 3 @ 30.0

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V19	80 x 40	4 # 8 4 # 8	4 # 8	3 # 8 1 # 8	3 # 8 2 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 27.5
V20	80 x 40	4 # 8	4 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 27.5
V21	80 x 40	4 # 8	4 # 8	3 # 8	3 # 8 2 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 27.5
V22	80 x 40	4 # 8	4 # 8 4 # 2	3 # 8 2 # 8	3 # 8 1 # 8	2 E # 3 @ 12.5	2 E # 3 @ 27.5

Acero de refuerzo en muros

Elemento	Espesor	Acero longitudinal	Acero vertical
	cm	doble parrilla	doble parrilla
M1	60	var # 6 @ 10.0	var # 6 @ 10.0
M2	60	var # 6 @ 12.5	var # 6 @ 10.0
M3	60	var # 6 @ 15.0	var # 6 @ 10.0
M4	40	var # 6 @ 15.0	var # 4 @ 15.0
M5	40	var # 4 @ 10.0	var # 4 @ 15.0
M6	20	var # 4 @ 12.5	var # 6 @ 15.0
M7	20	var # 4 @ 17.5	var # 4 @ 20.0
M8	60	var # 4 @ 10.0	var # 4 @ 20.0
M9	60	var # 4 @ 12.5	var # 4 @ 20.0
M10	20	var # 4 @ 20.0	var # 4 @ 20.0

VIGAS Y MUROS PARALELOS AL EJE "Y"

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje nivel	Marco A			Marco B			Marco C			Marco D			Marco E		
	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4
1	M1	V2	M1	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6	M1	V2	M1
2	M1	V3	M1	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6	V6	M1	V3	M1
3	M1	V5	M1	V7	V8	V9	V7	V8	V9	V7	V8	V9	M1	V5	M1
4	M1	V5	M1	V7	V8	V9	V7	V8	V9	V7	V8	V9	M1	V5	M1
5	M1	V5	M1	V7	V8	V9	V7	V8	V9	V7	V8	V9	M1	V5	M1
6	M1	V5	M1	V7	V8	V9	V7	V8	V9	V7	V8	V9	M1	V5	M1
7	M1	V3	M1	V7	V8	V9	V7	V8	V9	V7	V8	V9	M1	V3	M1
8	M2	V1	M2	V7	V8	V9	V7	V8	V9	V7	V8	V9	M2	V1	M2
9	M2	V1	M2	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V10	V11	V12	M2	V1	M2
10	M8	M8	M8	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V10	V11	V12	M8	M8	M8
11	M2	V1	M2	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V10	V11	V12	M2	V1	M2
12	M2	V2	M2	V10	V11	V12	V10	V11	V12	V10	V11	V12	M2	V2	M2
13	M2	V3	M2	V13	V14	V15	V13	V14	V15	V13	V14	V15	M2	V3	M2
14	M2	V4	M2	V13	V14	V15	V13	V14	V15	V13	V14	V15	M2	V4	M2
15	M2	V4	M2	V13	V14	V15	V13	V14	V15	V13	V14	V15	M2	V4	M2

Marco / eje	Marco A			Marco B			Marco C			Marco D			Marco E		
	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4
16	M2	V3	M2	V13	V14	V15	V13	V14	V15	V13	V14	V15	M2	V3	M2
17	M2	V2	M2	V13	V14	V15	V13	V14	V15	V13	V14	V15	M2	V2	M2
18	M2	V1	M2	V16	V17	V18	V16	V17	V18	V16	V17	V18	M2	V1	M2
19	M3	V1	M3	V16	V17	V18	V16	V17	V18	V16	V17	V18	M3	V1	M3
20	M9	M9	M9	V16	V17	V18	V16	V17	V18	V16	V17	V18	M9	M9	M9
21	M4	V1	M4	V16	V17	V18	V16	V17	V18	V16	V17	V18	M4	V1	M4
22	M4	V2	M4	V16	V17	V18	V16	V17	V18	V16	V17	V18	M4	V2	M4
23	M4	V3	M4	V16	V17	V18	V16	V17	V18	V16	V17	V18	M4	V3	M4
24	M4	V4	M4	V16	V17	V18	V16	V17	V18	V16	V17	V18	M4	V4	M4
25	M4	V4	M4	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M4	V4	M4
26	M4	V3	M4	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M4	V3	M4
27	M4	V2	M4	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M4	V2	M4
28	M4	V1	M4	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M4	V1	M4
29	M4	V1	M4	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M4	V1	M4
30	M10	M10	M10	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M10	M10	M10
31	M6	V1	M6	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M6	V1	M6
32	M6	V2	M6	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M6	V2	M6
33	M6	V4	M6	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M6	V4	M6
34	M6	V4	M6	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M6	V4	M6
35	M6	V5	M6	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M6	V5	M6
36	M7	V5	M7	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M7	V5	M7
37	M7	V5	M7	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M7	V5	M7
38	M7	V5	M7	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M7	V5	M7
39	M7	V5	M7	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M7	V5	M7
40	M7	V5	M7	V18	V19	V20	V18	V19	V20	V18	V19	V20	M7	V5	M7

Acero de refuerzo en vigas

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
		i	j	i	j		
V1	90 x 40	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	1 E # 4 @ 12.5	1 E # 4 @ 15.0
V2	90 x 40	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8 1 # 6	3 # 8 1 # 6	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 12.5
V3	90 x 40	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 12.5
V4	90 x 40	3 # 8 4 # 8	3 # 8 4 # 8	3 # 8 2 # 8	3 # 8 2 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 10.0
V5	80 x 40	4 # 8 4 # 8	4 # 8 4 # 8	3 # 8 3 # 8	3 # 8 3 # 8	2 E # 4 @ 15.0	2 E # 4 @ 20.0
V6	80 x 40	2 # 8 2 # 8	2 # 8 2 # 8	2 # 8	2 # 8	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 22.5
V7	80 x 40	3 # 8 3 # 8	3 # 8 3 # 6	2 # 8 1 # 8	2 # 8 1 # 6	1 E # 4 @ 12.5	1 E # 4 @ 20.0
V8	80 x 40	3 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 6	2 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 6	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 20.0
V9	80 x 40	3 # 8 3 # 6	3 # 8 3 # 8	2 # 8 1 # 6	2 # 8 1 # 8	1 E # 4 @ 12.5	1 E # 4 @ 20.0
V10	80 x 40	4 # 8 4 # 8	4 # 8	3 # 8 1 # 6	3 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 15.0

Elemento	Sección	Acero longitudinal				Acero transversal	
		Superior		Inferior		Extremos	Medios
	cm	i	j	i	j		
V11	80 x 40	4 # 8	4 # 8	3 # 8	3 # 8	1 E # 4 @ 15.0	1 E # 4 @ 15.0
V12	80 x 40	4 # 8	4 # 8 4 # 8	3 # 8	3 # 8 1 # 6	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 15.0
V13	80 x 40	4 # 8 4 # 10	4 # 8 1 # 6	4 # 8 1 # 6	4 # 8 3 # 6	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 15.0
V14	80 x 40	4 # 8 1 # 6	4 # 8 1 # 6	4 # 8 3 # 6	4 # 8 3 # 6	1 E # 4 @ 12.5	1 E # 4 @ 15.0
V15	80 x 40	4 # 8 1 # 6	4 # 8 4 # 10	4 # 8 3 # 6	4 # 8 1 # 6	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 15.0
V16	80 x 40	3 # 10 5 # 10	3 # 10	3 # 10 1 # 8	3 # 10 4 # 6	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 12.5
V17	80 x 40	3 # 10	3 # 10	3 # 10 4 # 6	3 # 10 4 # 6	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 12.5
V18	80 x 40	3 # 10	3 # 10 5 # 10	3 # 10 4 # 6	3 # 10 1 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 12.5
V19	80 x 40	3 # 10 6 # 10	3 # 10	4 # 8 2 # 8	4 # 8 4 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 12.5
V20	80 x 40	3 # 10	3 # 10	4 # 8 4 # 8	4 # 8 4 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 12.5
V21	80 x 40	3 # 10	3 # 10 6 # 10	4 # 8 4 # 8	4 # 8 2 # 8	1 E # 4 @ 10.0	1 E # 4 @ 12.5

Acero de refuerzo en muros

Elemento	Espesor	Acero longitudinal	Acero vertical
	cm	doble parrilla	doble parrilla
M1	60	var # 6 @ 10.0	var # 6 @ 10.0
M2	60	var # 6 @ 12.5	var # 6 @ 10.0
M3	60	var # 6 @ 15.0	var # 6 @ 10.0
M4	40	var # 6 @ 15.0	var # 4 @ 15.0
M5	40	var # 4 @ 10.0	var # 4 @ 15.0
M6	20	var # 4 @ 12.5	var # 6 @ 15.0
M7	20	var # 4 @ 17.5	var # 4 @ 20.0
M8	60	var # 4 @ 10.0	var # 4 @ 20.0
M9	60	var # 4 @ 12.5	var # 4 @ 20.0
M10	25	var # 4 @ 20.0	var # 4 @ 20.0

COLUMNAS

Ubicación de elementos estructurales

Marco / eje nivel	Marco 1					Marco 2					Marco 3					Marco 4				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	C1	C1	C13	C1	C1	C1	C20	C20	C20	C1	C1	C20	C20	C20	C1	C1	C1	C13	C1	C1
2	C1	C1	C13	C1	C1	C1	C20	C20	C20	C1	C1	C20	C20	C20	C1	C1	C1	C13	C1	C1

Marco / eje nivel	Marco 1					Marco 2					Marco 3					Marco 4				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
3	C2	C2	C13	C2	C2	C3	C20	C20	C20	C3	C3	C20	C20	C20	C3	C2	C2	C13	C2	C2
4	C2	C2	C13	C2	C2	C3	C20	C20	C20	C3	C3	C20	C20	C20	C3	C2	C2	C13	C2	C2
5	C2	C2	C13	C2	C2	C3	C20	C20	C20	C3	C3	C20	C20	C20	C3	C2	C2	C13	C2	C2
6	C2	C2	C13	C2	C2	C3	C20	C20	C20	C3	C3	C20	C20	C20	C3	C2	C2	C13	C2	C2
7	C2	C2	C13	C2	C2	C3	C20	C20	C20	C3	C3	C20	C20	C20	C3	C2	C2	C13	C2	C2
8	C1	C1	C13	C1	C1	C1	C20	C20	C20	C1	C1	C20	C20	C20	C1	C1	C1	C13	C1	C1
9	C1	C1	C14	C1	C1	C1	C20	C20	C20	C1	C1	C20	C20	C20	C1	C1	C1	C14	C1	C1
10	C3	C3	C9	C3	C3	C3	C20	C20	C20	C3	C3	C20	C20	C20	C3	C3	C3	C9	C3	C3
11	C3	C3	C15	C3	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C3	C15	C3	C3
12	C3	C3	C15	C3	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C3	C15	C3	C3
13	C3	C3	C15	C3	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C3	C15	C3	C3
14	C3	C3	C15	C3	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C3	C15	C3	C3
15	C3	C3	C15	C3	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C3	C15	C3	C3
16	C3	C3	C15	C3	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C3	C15	C3	C3
17	C3	C3	C15	C3	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C3	C15	C3	C3
18	C3	C3	C16	C3	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C21	C21	C21	C3	C3	C3	C16	C3	C3
19	C2	C3	C16	C3	C2	C2	C21	C21	C21	C2	C2	C21	C21	C21	C2	C2	C3	C16	C3	C2
20	C10	C10	C11	C10	C10	C10	C21	C21	C21	C10	C10	C21	C21	C21	C10	C10	C10	C11	C10	C10
21	C4	C4	C17	C4	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C4	C17	C4	C4
22	C4	C4	C17	C4	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C4	C17	C4	C4
23	C4	C4	C17	C4	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C4	C17	C4	C4
24	C4	C4	C17	C4	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C4	C17	C4	C4
25	C4	C4	C17	C4	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C4	C17	C4	C4
26	C4	C4	C17	C4	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C4	C17	C4	C4
27	C4	C4	C17	C4	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C21	C21	C21	C4	C4	C4	C17	C4	C4
28	C5	C4	C17	C4	C5	C5	C21	C21	C21	C5	C5	C21	C21	C21	C5	C5	C4	C17	C4	C5
29	C5	C4	C17	C4	C5	C5	C21	C21	C21	C5	C5	C21	C21	C21	C5	C5	C4	C17	C4	C5
30	C6	C7	C12	C7	C6	C6	C21	C21	C21	C6	C6	C21	C21	C21	C6	C6	C7	C12	C7	C6
31	C6	C7	C18	C7	C6	C7	C22	C22	C22	C7	C7	C22	C22	C22	C7	C6	C7	C18	C7	C6
32	C6	C7	C18	C7	C6	C7	C22	C22	C22	C7	C7	C22	C22	C22	C7	C6	C7	C18	C7	C6
33	C6	C7	C18	C7	C6	C7	C22	C22	C22	C7	C7	C22	C22	C22	C7	C6	C7	C18	C7	C6
34	C6	C7	C18	C7	C6	C7	C22	C22	C22	C7	C7	C22	C22	C22	C7	C6	C7	C18	C7	C6
35	C6	C7	C18	C7	C6	C7	C22	C22	C22	C7	C7	C22	C22	C22	C7	C6	C7	C18	C7	C6
36	C8	C8	C19	C8	C8	C8	C23	C23	C23	C8	C8	C23	C23	C23	C8	C8	C8	C19	C8	C8
37	C8	C8	C19	C8	C8	C8	C23	C23	C23	C8	C8	C23	C23	C23	C8	C8	C8	C19	C8	C8
38	C8	C8	C19	C8	C8	C8	C23	C23	C23	C8	C8	C23	C23	C23	C8	C8	C8	C19	C8	C8
39	C8	C8	C19	C8	C8	C8	C23	C23	C23	C8	C8	C23	C23	C23	C8	C8	C8	C19	C8	C8
40	C8	C8	C19	C8	C8	C8	C23	C23	C23	C8	C8	C23	C23	C23	C8	C8	C8	C19	C8	C8

Marco / eje nivel	Marco 1					Marco 2					Marco 3					Marco 4				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
6	C3	C3	C19	C3	C3	C4	C25	C25	C25	C4	C4	C25	C25	C25	C4	C3	C3	C19	C3	C3
7	C3	C3	C19	C3	C3	C4	C25	C25	C25	C4	C4	C25	C25	C25	C4	C3	C3	C19	C3	C3
8	C5	C6	C19	C6	C5	C5	C25	C25	C25	C5	C5	C25	C25	C25	C5	C5	C6	C19	C6	C5
9	C5	C6	C19	C6	C5	C5	C25	C25	C25	C5	C5	C25	C25	C25	C5	C5	C6	C19	C6	C5
10	C3	C3	C19	C3	C3	C7	C25	C25	C25	C7	C7	C25	C25	C25	C7	C3	C3	C19	C3	C3
11	C3	C3	C20	C3	C3	C7	C26	C26	C26	C7	C7	C26	C26	C26	C7	C3	C3	C20	C3	C3
12	C3	C3	C20	C3	C3	C7	C26	C26	C26	C7	C7	C26	C26	C26	C7	C3	C3	C20	C3	C3
13	C3	C3	C20	C3	C3	C7	C26	C26	C26	C7	C7	C26	C26	C26	C7	C3	C3	C20	C3	C3
14	C3	C3	C20	C3	C3	C7	C26	C26	C26	C7	C7	C26	C26	C26	C7	C3	C3	C20	C3	C3
15	C3	C3	C20	C3	C3	C7	C26	C26	C26	C7	C7	C26	C26	C26	C7	C3	C3	C20	C3	C3
16	C8	C8	C20	C8	C8	C9	C26	C26	C26	C9	C9	C26	C26	C26	C9	C8	C8	C20	C8	C8
17	C8	C8	C20	C8	C8	C9	C26	C26	C26	C9	C9	C26	C26	C26	C9	C8	C8	C20	C8	C8
18	C8	C8	C20	C8	C8	C9	C26	C26	C26	C9	C9	C26	C26	C26	C9	C8	C8	C20	C8	C8
19	C8	C8	C21	C8	C8	C9	C26	C26	C26	C9	C9	C26	C26	C26	C9	C8	C8	C21	C8	C8
20	C17	C17	C18	C17	C17	C9	C26	C26	C26	C9	C9	C26	C26	C26	C9	C17	C17	C18	C17	C17
21	C10	C10	C22	C10	C10	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C10	C10	C22	C10	C10
22	C10	C10	C22	C10	C10	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C10	C10	C22	C10	C10
23	C10	C10	C22	C10	C10	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C10	C10	C22	C10	C10
24	C12	C12	C22	C12	C12	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C12	C12	C22	C12	C12
25	C12	C12	C22	C12	C12	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C12	C12	C22	C12	C12
26	C12	C12	C22	C12	C12	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C12	C12	C22	C12	C12
27	C12	C12	C22	C12	C12	C11	C26	C26	C26	C11	C11	C26	C26	C26	C11	C12	C12	C22	C12	C12
28	C13	C14	C22	C14	C13	C13	C26	C26	C26	C13	C13	C26	C26	C26	C13	C13	C14	C22	C14	C13
29	C13	C14	C22	C14	C13	C13	C26	C26	C26	C13	C13	C26	C26	C26	C13	C13	C14	C22	C14	C13
30	C13	C14	C22	C14	C13	C15	C26	C26	C26	C15	C15	C26	C26	C26	C15	C13	C14	C22	C14	C13
31	C15	C15	C23	C15	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C15	C23	C15	C15
32	C15	C15	C23	C15	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C15	C23	C15	C15
33	C15	C15	C23	C15	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C15	C23	C15	C15
34	C15	C15	C23	C15	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C15	C23	C15	C15
35	C15	C15	C23	C15	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C27	C27	C27	C15	C15	C15	C23	C15	C15
36	C16	C16	C24	C16	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C16	C24	C16	C16
37	C16	C16	C24	C16	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C16	C24	C16	C16
38	C16	C16	C24	C16	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C16	C24	C16	C16
39	C16	C16	C24	C16	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C16	C24	C16	C16
40	C16	C16	C24	C16	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C28	C28	C28	C16	C16	C16	C24	C16	C16

Acero de refuerzo

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal	Acero transversal	
			Extremos	Medios
C1	160 x 160	60 # 12 16 # 12	3 E # 3 @ 10	3 E # 3 @ 30
C2	160 x 160	52 # 12	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C3	160 x 160	44 # 12	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C4	140 x 140	32 # 12	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C5	140 x 140	44 # 12	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C6	120 x 120	32 # 10	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C7	120 x 120	28 # 8	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C8	100 x 100	12 # 8	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C9	160 x 160	38 # 8	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C10	160 x 160	32 # 12	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0

Elemento	Sección cm	Acero longitudinal	Acero transversal	
			Extremos	Medios
C11	160 x 160	24 # 10	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C12	160 x 160	16 # 8	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C13	160 x 160	48 # 10	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 30.0
C14	160 x 160	44 # 12	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 15.0
C15	160 x 160	36 # 8	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 20.0
C16	160 x 160	40 # 10	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 20.0
C17	140 x 140	24 # 10	3 E # 3 @ 10.0	3 E # 3 @ 25.0
C18	120 x 120	16 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 20.0
C19	100 x 100	16 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 20.0
C20	110 x 110	20 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 30.0
C21	100 x 100	16 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 20.0
C22	90 x 90	16 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 15.0
C23	80 x 80	16 # 8	2 E # 3 @ 10.0	2 E # 3 @ 12.5

9. NOTACION

A_g	área bruta de la sección transversal
b_w	ancho de una sección rectangular
c	coeficiente sísmico
d	peralte efectivo en la dirección a flexión
$f'c$	resistencia especificada del concreto a compresión
P	carga axial que actúa en una sección
ρ	cuantía del acero de refuerzo longitudinal a tensión
ρ_{bal}	cuantía balanceada del acero de refuerzo longitudinal a tensión
ρ'	cuantía del acero de refuerzo longitudinal a compresión
Q	factor de comportamiento sísmico
T	periodo natural de vibración de la estructura
V	fuerza cortante que actúa en una sección
V_o	fuerza cortante horizontal en la base de la construcción
W_o	peso de la construcción en la base de la estructura, incluyendo la carga viva que se especifica en las normas correspondientes.
Δ	desplazamiento de entrepiso producido por la fuerza cortante de entrepiso
μ	ductilidad de la estructura

10. REFERENCIAS

1. ACI Comitee 318. (2005). Building code requirements for structural concrete ACI 318-05. Farmington Hills, Michigan.
2. Ashraf H., and Stephen P. (Published in *Structure Magazine*, Winter, 1998). Practical Three Dimensional Nonlinear Static Pushover Analysis.
3. Barbat, Alex. H. y Bozzo, Luis. M. (1999). Diseño Sismorresistente de Edificios: Técnicas Convencionales y Avanzadas.
4. Barbat, A. H., Oller, S. y Vielma, J.C. (2007). Confinamiento y ductilidad de los edificios de hormigón armado. Serie de monografías ARCER, monografía N° 5, Madrid.
5. Elnashai, A. y Mwafi, A. (2002) Overstreght and force reduction factors of multistory reinforced-concrete buildings. *Structural design of tall buildings*. 11 : 329-351.
6. FEMA-356. (2000). Federal Emergency Management Agency. Seismic Rehabilitation Prestandard.
7. RCDF. (2004). Reglamento de Construcción del Distrito Federal y las Normas Técnicas Complementarias. México, Distrito Federal.
8. Vielma, J. C., Barbat A. H. y Oller, S. (IMME v.45 n.2 Caracas jul. 2007). Respuesta no lineal de edificios de concreto armado diseñados para baja ductilidad.