



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja.

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”

TESIS DE GRADO PREVIA
A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL

AUTOR:

Eddy Alonso Pardo Cuenca

DIRECTOR:

Ing. Marlon Valarezo Aguilar

Loja – Ecuador

2009

Loja, 12 de Enero de 2009

Ingeniero

Marlon Valarezo Aguilar

DOCENTE INVESTIGADOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

CERTIFICA:

Que luego de haber dirigido y asesorado la tesis “**COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE**” elaborada por el estudiante Eddy Alonso Pardo Cuenca, previa a la obtención del Título de Ingeniero Civil, su desarrollo cubre el esquema programado con la suficiente profundidad investigativa y técnica.

Por tal motivo autorizo su presentación al Honorable Consejo de Escuela para los fines legales consiguientes.

Ing. Marlon Valarezo Aguilar
DOCENTE INVESTIGADOR

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Eddy Alonso Pardo Cuenca, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que su parte pertinente textualmente dice: ***“Forman parte del Patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de Investigaciones, Trabajos científicos o técnicos y Tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional operativo de la universidad”***

F.....

EL AUTOR

AUTORÍA

Las ideas, resultados, conclusiones y recomendaciones vertidas en la presente tesis son de responsabilidad exclusiva del autor.

Eddy Alonso Pardo Cuenca

AUTOR

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica Particular de Loja, de manera especial a la Escuela de Ingeniería Civil y a la Unidad de Ingeniería Civil y Geología en Minas (U.C.G), por los conocimientos impartidos durante mi carrera universitaria.

Al Ingeniero Marlon Valarezo, que con su apoyo desinteresado supo guiar la presente investigación en calidad de Director.

A mis maestros, compañeros y a todas las personas que de una u otra forma han contribuido a la culminación del presente proyecto investigativo.

EL AUTOR

DEDICATORIA

A Dios que me da fortaleza espiritual en los momentos difíciles.

A mis padres Alonso y Olga, quienes me han enseñado con su ejemplo a
rebasar todas las barreras que la vida nos presenta.

A mis hermanas, Y a todos mis familiares y amigos que contribuyeron a
la culminación de mi carrera universitaria.

Eddy Alonso

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo, conocer las mejoras que se logran con el diseño sismoresistente en estructuras de hormigón armado. Se basa en el análisis de 12 pórticos regulares de 2, 5 y 8 pisos diseñados con y sin consideraciones sismoresistente para una amenaza sísmica baja, moderada y alta. Los mismos fueron evaluados a través del análisis no-lineal de historia en el tiempo.

El espectro de diseño se obtuvo de acuerdo al CEC, comprobando el cumplimiento de derivas y desplazamientos máximos, con lo cual se determinó la cantidad de acero, volumen de hormigón y secciones de los elementos de acuerdo con ACI318S-05 y se comparó el incremento tanto de cantidad de acero como en el volumen de hormigón para cada diseño.

Se realizó un análisis de historia en el tiempo utilizando los programas computacionales SeismoStruct y OpenSees. Los sismos fueron escalados con la ayuda del programa ArtifQuakeLet (Montejo, 2004) basado en la descomposición de ondas.

Como resultado se obtuvo que los niveles de desplazamiento al comparar una estructura con y sin diseño sismoresistente se incrementaron de un 30% para una amenaza sísmica baja hasta un 90% para una amenaza sísmica alta en los pórticos sin diseño sismoresistente.

Se logran mejoras en la resistencia, durabilidad y disminución de daños estructurales, utilizando un diseño sismoresistente. En los pórticos con diseño sismoresistente al ser sometidos a un sismo alto se llega a la fluencia en el acero sin producir daños estructurales mientras que en los pórtico sin diseño sismoresistente se produce desprendimiento en el concreto no confinado.

ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
AUTORÍA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN.....	vii

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1	Introducción	1
1.2	Objetivos.....	2
	1.2.1 Objetivo General.....	2
	1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3	Metodología.....	3

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO INELÁSTICO DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE.

2.1	Resumen.....	6
2.2	Introducción.....	7
2.3	Metodología.....	8
	2.3.1 Parámetros Generales.....	8
	2.3.2 Espectro de Aceleración Sísmica Utilizados.....	9
	2.3.3 Combinación de Carga.....	11
	2.3.4 Distribución de Fuerzas.....	12
2.4	Resultados.....	19

CAPÍTULO 3
APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1	Datos Generales de Diseño Pórtico 5 pisos con diseño sismoresistente .	30
3.1.1	Pesos y masas.....	32
3.1.2	Tipo de Pórtico.....	32
3.1.3	Demanda Sísmica.....	33
3.1.4	Análisis Elástico (OPENSEES).....	34
3.2	Diseño Basado en Fuerzas DBF.....	37
3.3	Cálculo en el programa computacional.....	39
3.4	Procedimiento de ejecución en SeismoStruct para el análisis ITHA.	55
3.5	Procedimiento de ejecución en OPENSEES para el análisis ITHA...	58
3.6	Datos Generales de Diseño Pórtico 5 pisos sin diseño sismoresistente..	61

CAPÍTULO 4
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	Conclusiones.....	79
4.2	Recomendaciones.....	80

ANEXOS
REFERENCIAS
LISTADO DE TABLAS
LISTADO DE GRÁFICAS

Capítulo

I



1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El presente trabajo de investigación, se basa en un diseño sísmico que permita establecer ventajas y desventajas frente a un diseño estructural que no considera especificaciones sísmicas.

La investigación se basa en el análisis de 12 pórticos, 9 con y 3 sin un diseño sismoresistente mediante el método de fuerzas y luego su desempeño es evaluado a través de un análisis no-lineal de historia en el tiempo (ANHT). Los pórticos analizados son regulares, se analizaron estructuras de tamaño bajo, mediano y alto para tres diferentes amenazas sísmicas una baja, moderada y una amenaza sísmica alta. Los resultados obtenidos de la investigación son presentados.

1.1 INTRODUCCIÓN

En los códigos sísmicos el diseño de estructuras se plantea como un problema para asignar resistencia a los elementos, con el fin de que sean capaces de resistir a un sistema de fuerzas laterales, obtenidas según unos espectros de diseño que involucran el comportamiento inelástico de la estructura ya que en nuestra ciudad la mayor parte de servicios, infraestructura y población se encuentra ubicada en predios urbanos el objetivo es el de controlar el nivel de daño de estructuras importantes para la comunidad.

Dentro de la investigación propuesta se tomarán en cuenta factores como relación entre el incremento en la cantidad de materiales, desplazamientos máximos y resistencia. Se establecerán los requisitos mínimos para que las edificaciones tengan un adecuado comportamiento sísmico con el fin de reducir el riesgo de pérdidas de vidas y daños materiales, y posibilitar que las edificaciones esenciales puedan seguir funcionando durante y después de un sismo.

La verificación de los diseños podrá realizarse mediante un análisis tiempo-historia.



El objetivo es identificar las mejoras que se logran en el comportamiento estructural de una edificación al incorporar consideraciones sísmicas en su diseño. Para ello compararemos el comportamiento ante un sismo real de edificaciones con y sin consideraciones sísmicas mediante un análisis de historia en el tiempo para verificar el desplazamiento y derivas de las edificaciones propuestas.

La zona de la ciudad de Loja según CEC2000 tiene un riesgo sísmico mediano de 0.25g.

La comparación entre las diferentes estructuras regulares nos da una relación entre la cantidad de material necesario y el beneficio de diseñar en nuestra ciudad edificaciones considerando amenazas sísmicas que debido a nuestra ubicación geográfica lo deberíamos hacer, la presente Investigación se orienta a resaltar los contras y beneficios del diseño sismoresistente en nuestras edificaciones que en su gran mayoría no considera este diseño.

En Países como Japón y Estados Unidos el diseño sismoresistente es parte de la normativa básica para la construcción de edificaciones ya sea por su ubicación geográfica de alta actividad sísmica o por la importancia tanto en seguridad como en economía de preservar las edificaciones de importancia tales como hospitales, hoteles, edificios gubernamentales, escuelas, etc. Sudamérica tiene un alto nivel sísmico por lo que nuestro objetivo es dar a conocer a la gente sobre la importancia del diseño sismoresistente, aportando al avance que se viene dando sobre este tema dentro del diseño de pórticos planos, para la seguridad de las personas ante la posible ocurrencia de un sismo de considerables proporciones.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Conocer las mejoras que se logran con el diseño sismoresistente.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS



- Analizar e identificar las mejoras que se logran estructuralmente teniendo en cuenta especificaciones sísmicas de acuerdo a una respuesta dinámica no-lineal.
- Comparar estructuras pequeñas, medianas y altas considerando una amenaza sísmica baja, moderada y alta tomando en cuenta a la estructura con y sin el diseño sismoresistente.
- Establecer una relación entre el incremento en la cantidad de material para cada diseño, beneficios, durabilidad, estabilidad y daños de las estructuras involucradas.
- Hacer conciencia en la ciudad de Loja y en el país de la importancia de las consideraciones sísmicas dentro del diseño de estructuras.

1.3 METODOLOGÍA.

Los pórticos han sido evaluados para una amenaza sísmica baja, moderada y alta, en el programa estructural ETABS¹, obteniendo los momentos y cortante máximos para establecer la cantidad de acero y volumen de hormigón, cumpliendo con las especificaciones del CEC² y los requerimientos mínimos de diseño del código ACI318S-05³, siendo luego verificados en el software estructural seismostruct⁴ y OPENSEES⁵, obteniendo las derivas y desplazamientos máximos de cada diseño.

¹ETABS: INTEGRATED ANALYSIS, DESIGN AND DRAFTING OF BUILDING SYSTEMS (v8.2.6) version educacional.

²CEC: Código ecuatoriano de la construcción 2000

³ACI 318S-05: Requisitos y reglamento para concreto Estructural y comentario (American Concrete Institute

⁴SeismoStruct (v4.0.3) (pushover, incremental dynamic analysis)

⁵OPENSEES Open System for Earthquake Engineering Simulation (OpenSees). 2005 (accessed). User Manual. <http://opensees.berkeley.edu/>.

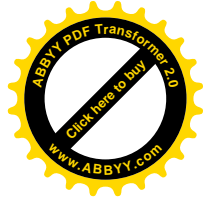


A partir del capítulo 2 se da inicio con lo que respecta a la organización de esta investigación donde se presenta la base de un diseño sismoresistente, se establecen todos los parámetros de diseño resumiendo el desarrollo de la investigación y se presentan los resultados obtenidos.

Dentro de lo que respecta al capítulo 3 se presenta un ejemplo de aplicación de los diseños y evaluación del mismo. Culminando con un capítulo 4 referente a las conclusiones y recomendaciones obtenidas luego de analizar la presente investigación.

Capítulo

II



2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO INELÁSTICO DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE.

Eddy Pardo Cuenca⁶, Marlon Valarezo A.⁷
Universidad Técnica Particular de Loja

2.1 RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo, conocer las mejoras que se logran con el diseño sismoresistente en estructuras de hormigón armado. Se basa en el análisis de 12 pórticos regulares de 2, 5 y 8 pisos diseñados con y sin consideraciones sismoresistente para una amenaza sísmica baja, moderada y alta. Los mismos fueron evaluados a través del análisis no-lineal de historia en el tiempo.

El espectro de diseño se obtuvo de acuerdo al CEC, comprobando el cumplimiento de derivas y desplazamientos máximos, con lo cual se determinó la cantidad de acero, volumen de hormigón y secciones de los elementos de acuerdo con ACI318S-05 y se comparó el incremento tanto de cantidad de acero como en el volumen de hormigón para cada diseño.

Se realizó un análisis de historia en el tiempo utilizando los programas computacionales SeismoStruct y OpenSees. Los sismos fueron escalados con la ayuda del programa ArtifQuakeLet (Montejo, 2004) basado en la descomposición de ondas.

⁶ Estudiante de la escuela de Ingeniería Civil, UTPL, Email: eapardo@utpl.edu.ec

⁷ Ingeniero Civil, Área de Materiales de Construcción, UCG-UTPL, Email: mvalarezo@utpl.edu.ec



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

Como resultado se obtuvo que los niveles de desplazamiento al comparar una estructura con y sin diseño sismoresistente se incrementaron de un 30% para una amenaza sísmica baja hasta un 90% para una amenaza sísmica alta en los pórticos sin diseño sismoresistente.

Se logran mejoras en la resistencia, durabilidad y disminución de daños estructurales, utilizando un diseño sismoresistente. En los pórticos con diseño sismoresistente al ser sometidos a un sismo alto se llega a la fluencia en el acero sin producir daños estructurales mientras que en los pórtico sin diseño sismoresistente se produce desprendimiento en el concreto no confinado.

2.2 INTRODUCCIÓN

Para la elaboración de la presente investigación se ha tomado en cuenta los factores de diseño especificados en el código ecuatoriano de la construcción (CEC2000), utilizando el software para establecer las derivas mínimas, desplazamientos, momentos y cortantes máximas, con los cuales se elaboraron gráficas (número de pisos versus desplazamientos) y (número de pisos versus derivas), se determino la cantidad de acero y hormigón de acuerdo a los requerimientos mínimos del código ACI318S-05 de acuerdo a un diseño basado en fuerzas DBF, siendo luego evaluado su desempeño inelástico en los programas computacionales SeismoStruct y OpenSees los cuales nos permiten establecer los desplazamientos máximos en cada piso en el tiempo que ocurrió mediante un análisis de historia en el tiempo (ITHA).

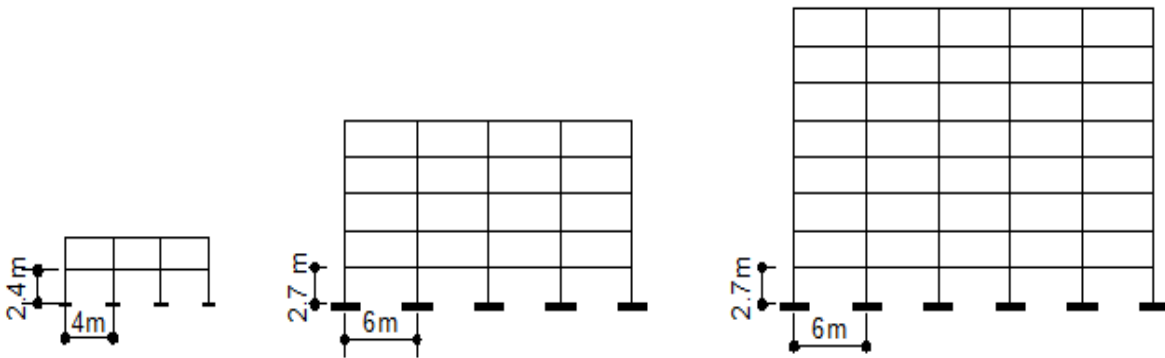
El objetivo principal es comparar y establecer las mejoras que se logran entre un diseño sismoresistente y un diseño sin consideraciones sísmicas de acuerdo a una respuesta dinámica no-lineal. Otro objetivo que se busca es el de establecer una relación entre el incremento en la cantidad de material para cada diseño, beneficios,



durabilidad, estabilidad y daño estructural. Para concientizar a la gente sobre la importancia de un diseño sismoresistente especialmente en la conservación de vidas en edificaciones de importancia pública y privada.

2.3 METODOLOGÍA

Se diseñaron tres pórticos planos de 2, 5 y 8 pisos, sin considerar amenazas sísmicas y para una amenaza sísmica baja, moderada y alta, obteniendo en total 12 pórticos (Gráfica 2.1).



GRÁFICA 2.1. Pórticos regulares de 2, 5 y 8 pisos.

2.3.1 PARAMETROS GENERALES.

Se tomaron en cuenta los siguientes parámetros generales de diseño:

- ❖ Resistencia a Compresión..... $f'_c = 21$ MPa.
- ❖ Fluencia del Acero..... $f_y = 420$ MPa.
- ❖ Módulo de Elasticidad del Concreto..... $E_c = 21538.11$ MPa
- ❖ Módulo de Elasticidad del Acero..... $E_s = 200000$ MPa
- ❖ Peso Específico del Hormigón $\gamma_h = 24$ KN/m³

Carga Muerta: Para la presente investigación se asumió una CM= 7 KN/m².



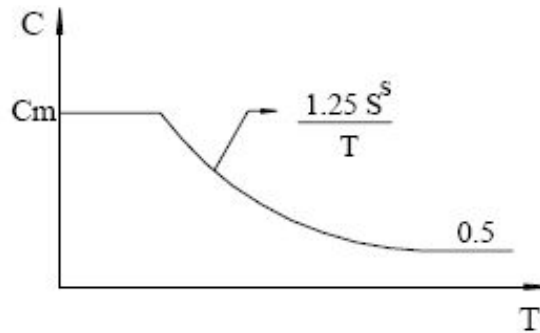
Carga Viva: Se consideró una CV= 2 KN/m².

Carga Sísmica: La carga sísmica se aplicó en los nudos, la cual proviene de la demanda sísmica.

Las vigas se consideraron rectangulares peraltadas (b*h) con una cuantía de 1.5% a 2% con una carga por unidad de área (Qu)= 1.2CM+1.6CV y una carga mayorada por unidad de longitud (wu) = Qu*I. y área de aporte rectangular de lado igual a la luz entre las columnas. El factor de mayoración considerado para el momento debido a sismo es de 1 para vigas en pisos superiores y 1.5 para vigas en pisos inferiores, obteniendo el momento de diseño Md= Mu+Ms. Luego se verifica que Mn>=Md/Øy, donde Ø y es igual a 0.75 (ACI318). Para el cálculo del Momento nominal Mn se utiliza la expresión Mn=pbd²fy(1-0.59p f y/f c).

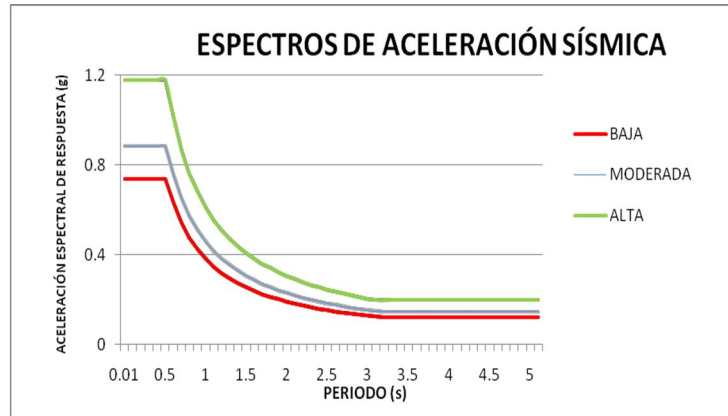
2.3.2. ESPECTROS DE ACELERACIÓN SÍSMICA UTILIZADOS.

Las aceleraciones sísmicas tomadas para la presente investigación fueron 0.25g, 0.3g y 0.4g, afectados por el espectro sísmico elástico (gráfico 2.2):



GRÁFICA 2.2. Espectro sísmico elástico.

$$C = \frac{1.25 S^s}{T} Z \tag{2.1}$$



GRÁFICA 2.3. Espectro de diseño para 0,25g, 0,3g y 0,4g

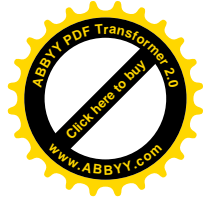
PARÁMETROS PARA LA DEMANDA SÍSMICA:

TIPO DE SUELO S2 (adoptado)
Z= 0.25g (Tabla 1 CEC)
Ct= 0.08 (CEC 6.2.4.1).
I=1 (CEC tabla 4).
R=10 (Tabla 7 CEC).
Cm=3 (Tabla 3 CEC)
S=1.2 (Tabla 3 CEC)
ΦP, ΦE = 1. (pag12, 13 CEC)

DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA SÍSMICA:

El periodo de vibración T para estructuras de edificios se determinó mediante la expresión:

$$T = C_t (h_n)^{3/4} \tag{2.2}$$



El Cortante Basal de Diseño V (CEC 6.2.1).

$$V = \frac{Z * g}{R * \phi_E * \phi_p} \quad (2.3)$$

Para esta investigación se tomo la deriva de diseño dada por el Código Ecuatoriano de Construcción (CEC) de $\theta_d = 2\%$.

2.3.3. COMBINACIÓN DE CARGA

Los pórticos son considerados externos, provenientes de estructuras simétricas en ambas direcciones. Modelados para combinaciones de carga muerta, viva y carga sísmica de (ACI318S-05 9.2.1.):

$$u=1.4D,$$

$$u=1.05D+2.1L,$$

$$u=1.2D + 2.1L,$$

$$u=1.2D + 2.6L,$$

$$u=1.2D + 1.0L + 1E,$$

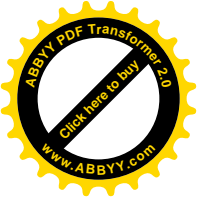
$$u=0.9D,$$

$$u=0.9D + 1.0E.$$

Se diseño para una combinación de carga $u=1.2D + 1.0V + 1$ (Sismo) debido a que presenta los momentos positivos y negativos máximos, así mismo las cortantes son las máximas.

Con inercias agrietadas de $0.5I_g$, $0.8I_g$ para vigas y columnas respectivamente. Las secciones de los elementos fueron obtenidas en diseño, cumpliendo los requerimientos mínimos de diseño del ACI 318S-05.

La combinación de carga utilizada para el diseño sin consideraciones sísmicas fue $u=1.2D+2.6L$ por presentar los mayores momentos y cortantes. Para el diseño sin consideraciones sismoresistentes no existe límite de deriva, simplemente se requiere de secciones mínimas para soportar la carga requerida y la cantidad de refuerzo cumple con los requerimientos (ACI318-05, capítulos 7-11). La modelación



“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”

en SeismoStruct y OPENSEES es similar a la de un diseño con consideraciones sismoresistentes.

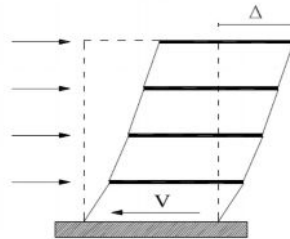
2.3.4 DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS

Distribución vertical de fuerzas laterales (CEC 6.3.1):

$$\boxed{V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i} \quad \boxed{F_t = 0,07TV} \quad (2.4)$$

F_t no necesita exceder el valor de $0,25 V$, y puede considerarse nulo cuando T es menor o igual a $0,7$ s. La parte restante del cortante basal debe ser distribuido sobre la altura de la estructura, incluyendo el nivel n , de acuerdo con la expresión (CEC 6.4.1).

$$\boxed{F_x = \frac{(V-F_t) w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i}} \quad (2.5)$$



GRÁFICA 2.4. Deformación horizontal por piso.

Análisis de Historia en el Tiempo (ITHA)

El ITHA encuentra la respuesta de la estructura en cada instante de tiempo a lo largo de la duración del sismo y su alcance es verificar la exactitud con la que predicen la deriva de piso. Para poder realizarlo es necesario uno o más acelerogramas que representen el sismo de diseño (Paulay y Priestley, 1992).

Una forma de verificar el diseño realizado, es la aplicación de un análisis de historia en el tiempo (ITHA). Siendo este tipo de análisis, una herramienta desarrollada para determinar el desempeño de una estructura, se la realizó con el programa



“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”

SeismoStruct y OPENSEES, sometiendo a los pórticos en análisis a ocho sismos reales, los que se ajustaron al espectro de diseño.

Este tipo de análisis es una herramienta muy aceptada en la actualidad, ya que permite aplicar a las estructuras registros sísmicos reales encontrando así fuerzas y desplazamientos para cada instante de tiempo, en el tiempo de duración del sismo.

Los sismos fueron escalados con la ayuda del programa ArtifQuakeLet (Montejo, 2004) basado en la descomposición ondas.

SISMO	FECHA	NOMBRE	ESTACIÓN
1	10-18-89	Loma Prieta	Anderson Dam Downstream
2	01-17-94	Northridge	Castaic Old Ridge Rt
3	10-18-89	Loma Prieta	Fremont Mission Sj
4	10-18-89	Loma Prieta	Gilroy Array #6
5	10-18-89	Loma Prieta	Gilroy Gavilán Coll
6	01-17-94	Northridge	Lake Hughes #1 - Fire Station #78
7	01-17-94	Northridge	Littlerock-Brainard Can
8	02-09-71	San Fernando	Pasadena Cit Athenaeum

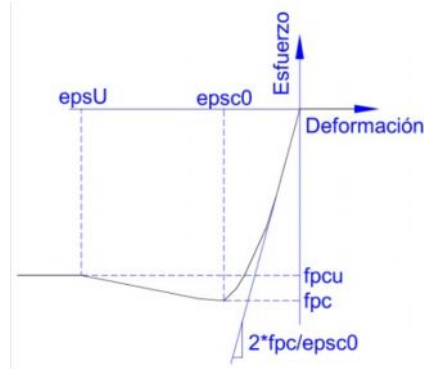
Tabla 2.1 Registros sísmicos

Los modelos de materiales disponibles en OpenSees se utilizan para construir un objeto uniaxial el cual representa relaciones uniaxiales fuerza-deformación. El modelo que ha sido considerado en este trabajo es el “Concrete01” y “Steel01”. El modelo de material Concrete01 asume que el concreto no posee resistencia a la tensión. Es un modelo propuesto por Kent-Scott-Park (Kent and Park 1971) con degradación lineal de rigidez carga-descarga de acuerdo con el trabajo de Karsan-Jirsa (Karsan and Jirsa 1969). Los datos requeridos para este concreto son: resistencia a la compresión a los 28 días, la deformación del concreto en el esfuerzo máximo, esfuerzo de fractura del concreto y deformación del concreto en el esfuerzo de fractura.

Los parámetros de compresión del concreto deben ser considerados como valores negativos. El diagrama de este modelo se muestra en la gráfica 2.6. [OpenSees,2005]

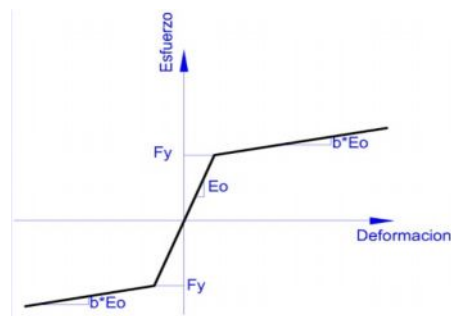


“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”



Gráfica 2.5 Diagrama Esfuerzo-Deformación Concrete01

El modelo de material steel01 representa acero con propiedades esfuerzo-deformación que siguen un diagrama bilineal con endurecimiento cinemático y endurecimiento isotrópico opcional descrito por una ecuación no lineal. Como datos de entrada están; esfuerzo de fluencia, tangente elástica inicial, índice de endurecimiento-deformación (índice entre la tangente de pos-fluencia y la tangente elástica inicial), y el endurecimiento isotrópico opcional. Grafica 2.7. [OpenSees,2005]



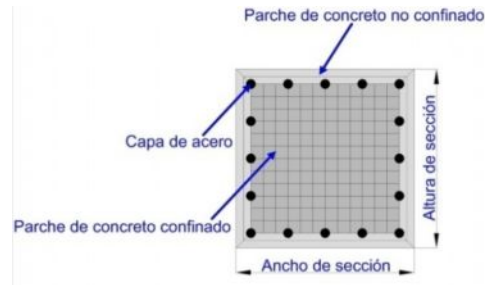
Gráfica 2.6 Diagrama Esfuerzo-Deformación Steel01

Se consideró a la sección transversal del elemento como una composición de fibras; cada sección fibra posee una configuración geométrica general formada por subregiones de formas simples y regulares (regiones triangulares, rectangulares, cuadriláteros, etc.) llamados parches. La ventaja de usar secciones de este tipo es que se puede ser muy versátil a la hora de especificar configuraciones de refuerzo debido a que se puede especificar como secciones de tipo fibra a las capas compuestas por barras de refuerzo, además al modelar una sección como tipo fibra es mucho más fácil el posterior análisis de resultados.



“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”

El uso de secciones tipo fibra permiten considerar secciones de concreto confinado y distinguirlas del no confinado; para ello se creó dos parches, en cada uno se detallan los parámetros que distinguen el comportamiento de los dos tipos de concreto. Para crear una fibra es además necesario establecer la discretización tanto en sentido “x”, como en sentido “y” en columnas rectangulares (Gráfica 2.8.).



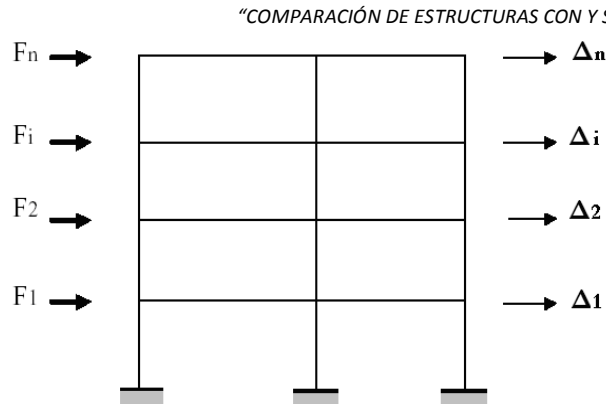
Grafica 2.7. Sección tipo fibra rectangular

Para la modelación del ITHA en SeismoStruct se establecieron las propiedades de los materiales, la resistencia esperada del concreto y acero; también los parámetros del concreto confinado, no confinado y el modelo de acero de refuerzo.

Se escogió el tipo de análisis “Dynamic time-history analysis”, por medio del icono setting se escogió las unidades (m y KN). Se introdujeron los datos de cada estructura prediseñada. Luego se introdujo un acelerograma en formato txt escalado de acuerdo al espectro de diseño uno para cada sismo, se procesan los datos para establecer los desplazamientos de cada nivel. Finalmente los resultados se presentan en el “Post-processor”-“Global Response Paramaters”.

Estimación de los Desplazamientos

Realizado el análisis se estima los desplazamientos producidos en la estructura.



Gráfica 2.8 Desplazamientos producidos por acciones sísmicas

PUSHOVER

El análisis estático PUSHOVER, es un método que nos permite el estudio de la capacidad, resistencia, deformación de una estructura, bajo una distribución de fuerzas. Este análisis se realiza sometiendo a la estructura a determinados estados de cargas laterales “Fj” que se incrementan de manera lineal hasta que la estructura alcanza su capacidad máxima. Utilizando este procedimiento, es posible identificar la secuencia del agrietamiento, fluencia y fallo de los componentes estructurales, y la historia de deformaciones y cortantes en la estructura que corresponde a la curva de capacidad.

Los objetivos del análisis pushover son:

Con el análisis pushover se pretende observar el comportamiento inelástico (real) de una estructura obteniendo los desplazamientos y correspondiente fuerza lateral, relacionados con varios estados límites de daño, tales como: fluencia, servicio, control de daño. También se obtiene una medida de la rigidez de la estructura, comprobando que la estructura tenga la resistencia suministrada en el diseño.

Puntos notables de la curva Pushover:

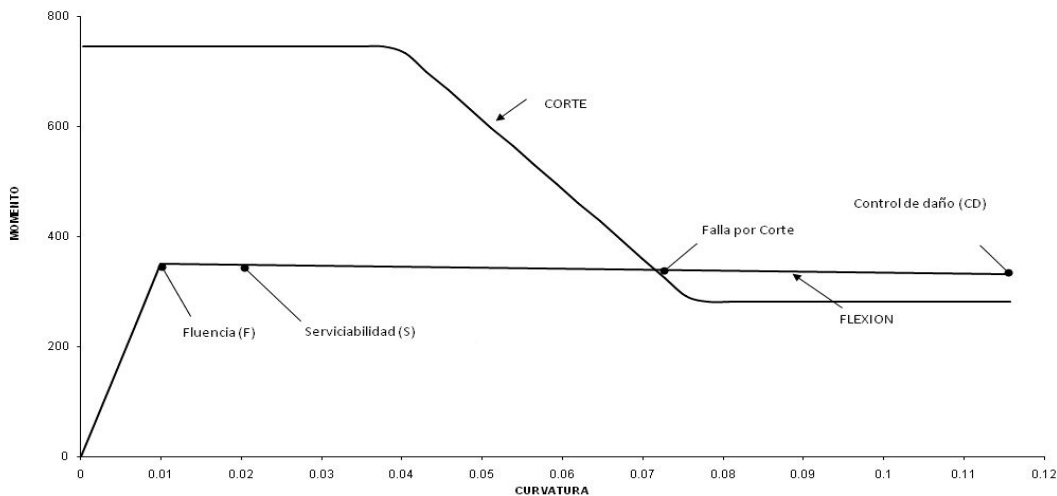
Se llega al límite de Fluencia cuando el acero alcanza una deformación unitaria en compresión de 0.003. El llamado límite de servicio es caracterizado por que el acero



“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”

longitudinal de refuerzo alcanza una deformación unitaria igual a 0.015. Se alcanza el desprendimiento del concreto de recubrimiento cuando el concreto no-confinado en alguna sección de la estructura alcanza una deformación unitaria en compresión igual a -0.004. Limite de control de daño se produce cuando el concreto confinado dentro de alguna de las secciones de la estructura alcanza una deformación en compresión tal que el refuerzo transversal que confina al núcleo de la sección se arranca.

Cuando ocurre la ruptura de barras longitudinales o una falla por corte de alguna sección se llega al límite de colapso. (Gráfica 2.9)



Gráfica 2.9 Puntos notables de la curva pushover

Pushover en SeismoStruct

Pasos previos

- 1.- Se definió un modelo matemático. A la estructura real se la modeló con elementos tipo barra. Se consideró que la columna está totalmente empotrada en la cara de la zapata, ignorando de esta manera el fenómeno de penetración de deformación.
- 2.- Se determinó los diagramas esfuerzo-deformación para el concreto confinado, concreto-no-confinado y acero de refuerzo longitudinal.



“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”

3.- Se modeló la estructura y se configuró el programa. La información de los materiales, geometría, cargas y parámetros de análisis fueron ingresados en el “Pre-procesador” de SeismoStruct. En este proceso se consideró lo siguiente:

4.- Previo a la modelación, se seleccionó el tipo de análisis que se va a realizar ya que la información que el programa requiere, depende del tipo de análisis.

5.- También se mejoro la exactitud de la solución reduciendo la tolerancia de convergencia de la solución. Un valor de $1e-8$ es adecuado. Valores más pequeños, en la solución de algunos problemas, causarán que no se alcance una solución o que la solución tome demasiado tiempo. Valores mayores como el dado por defecto en el programa $1e-4$ no son adecuados ya que la solución no será precisa.

6.- La carga muerta se aplica como una carga permanente, mientras que la carga lateral se aplica como incremental. En la sección “Loading Phases”, se recomienda utilizar la opción “RESPONSE CONTROL”. De esta manera el programa, sin importar la magnitud de la carga horizontal aplicada, empujará la estructura en la dirección de la carga hasta que el nudo de control alcance el desplazamiento deseado. Con la opción “RESPONSE CONTROL” también se especifican el número de puntos en la curva pushover para los que se obtiene una solución.

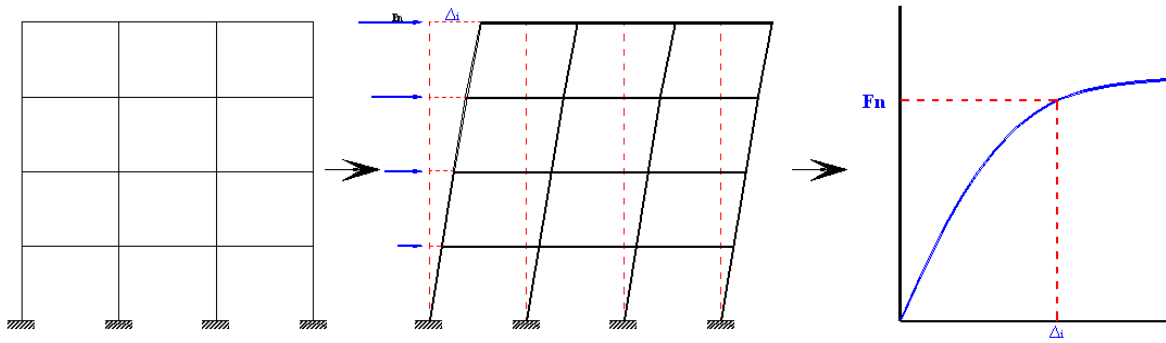
7.- En la sección “Performance Criteria”, se definió los estados límites de deformación, en los que se desea que el programa se detenga y reporte la carga y desplazamiento correspondiente para la estructura. Esta información es muy importante a la hora de graficar la curva Pushover.

8.- Luego se ejecuto el análisis utilizando el Procesador de SeismoStruct

9.- Se extrajo los resultados utilizando el “Post-Procesador” de SeismoStruct en la sección “Global Parameters”.



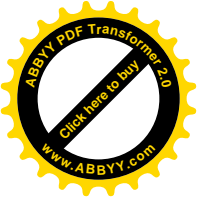
“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”



Gráfica 2.10 Pushover de estructura

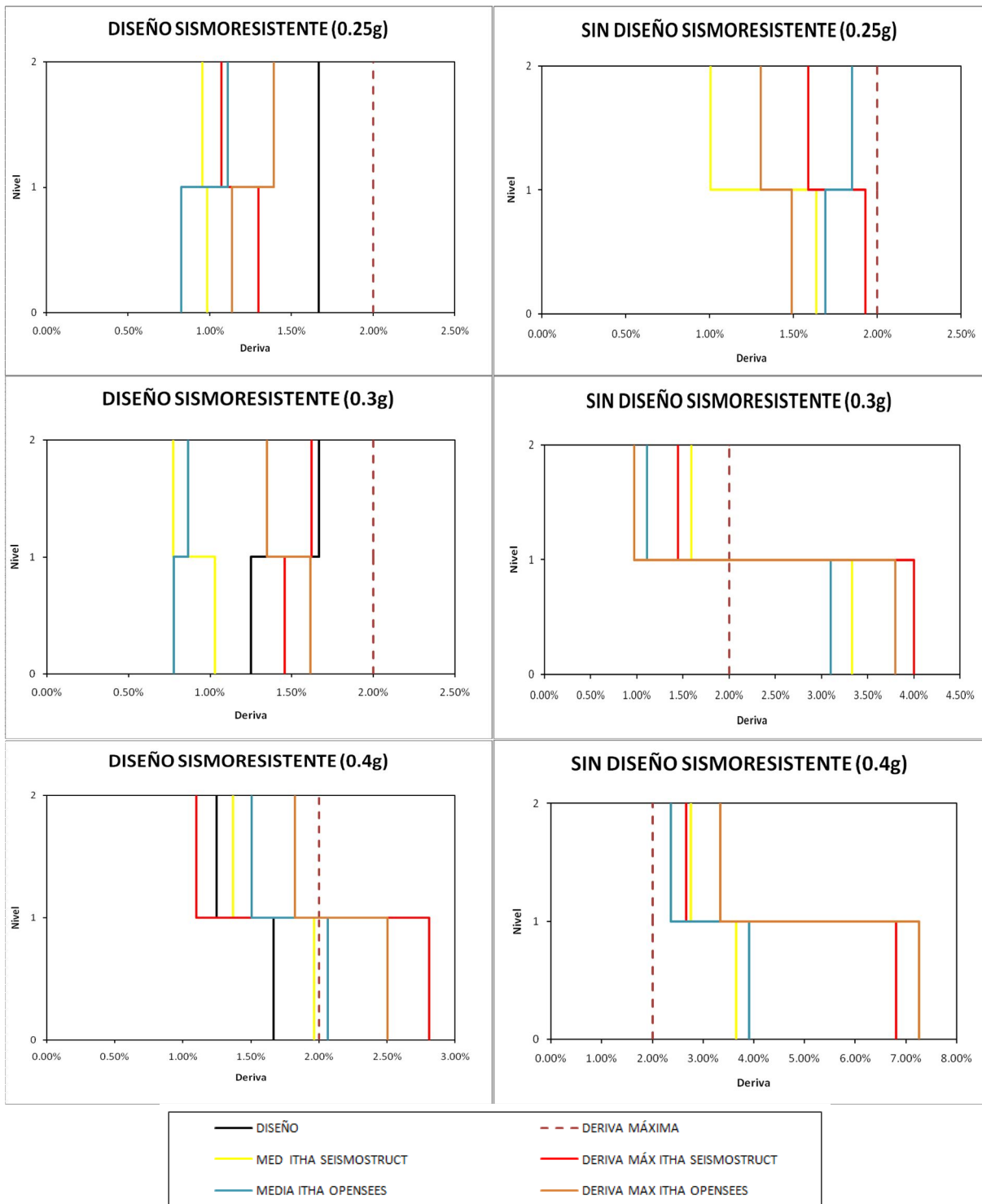
2.4. RESULTADOS.

Se presentan los resultados obtenidos de los diseños en las gráficas (número de pisos versus desplazamientos y número de pisos versus derivas) y (cantidades de acero y hormigón).



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"
PÓRTICO DE DOS PISOS

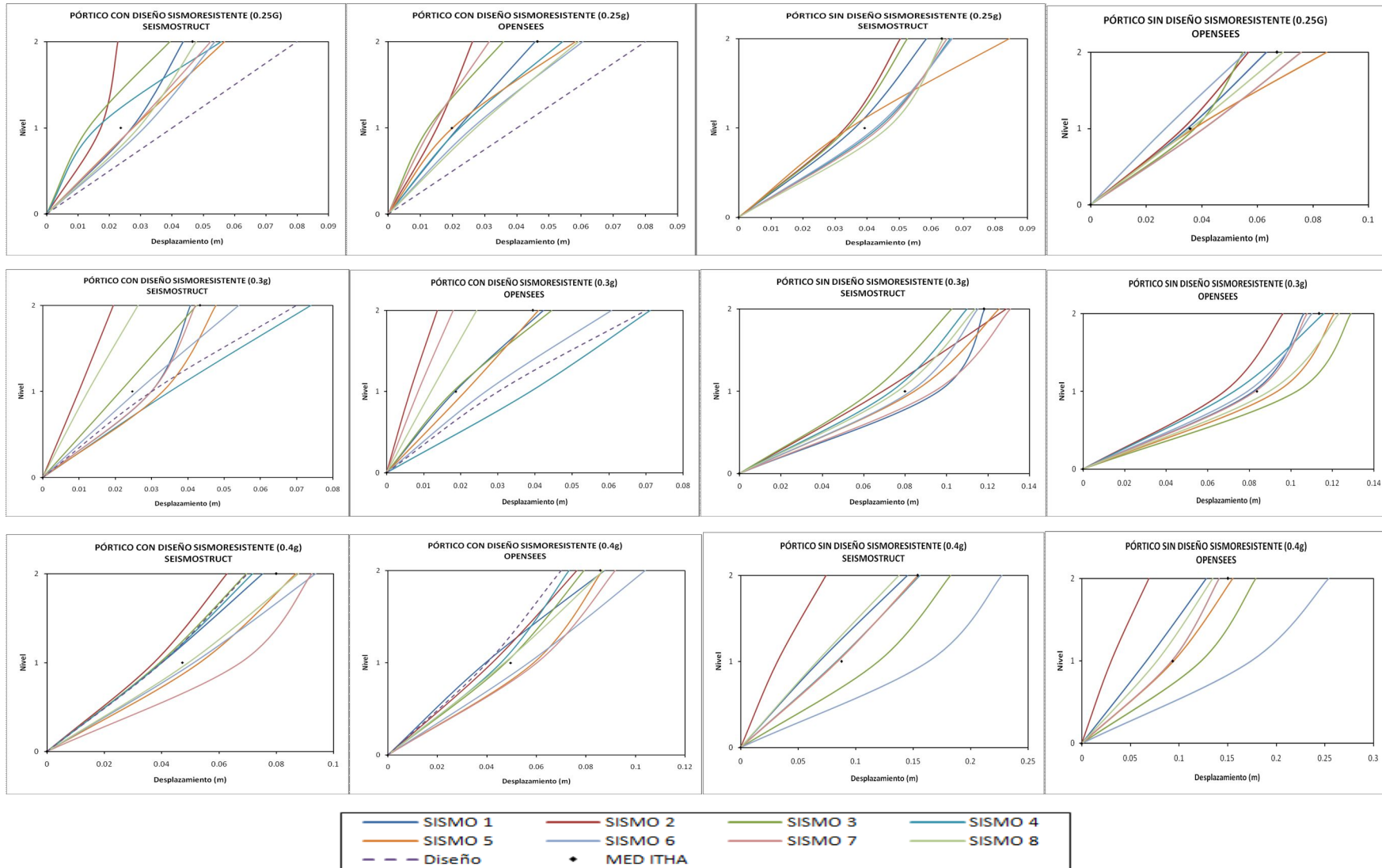
DERIVAS:



Gráfica 2.11 Derivas para pórtico de 2 pisos con y sin diseño sismoresistente.

“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”

DESPLAZAMIENTOS:

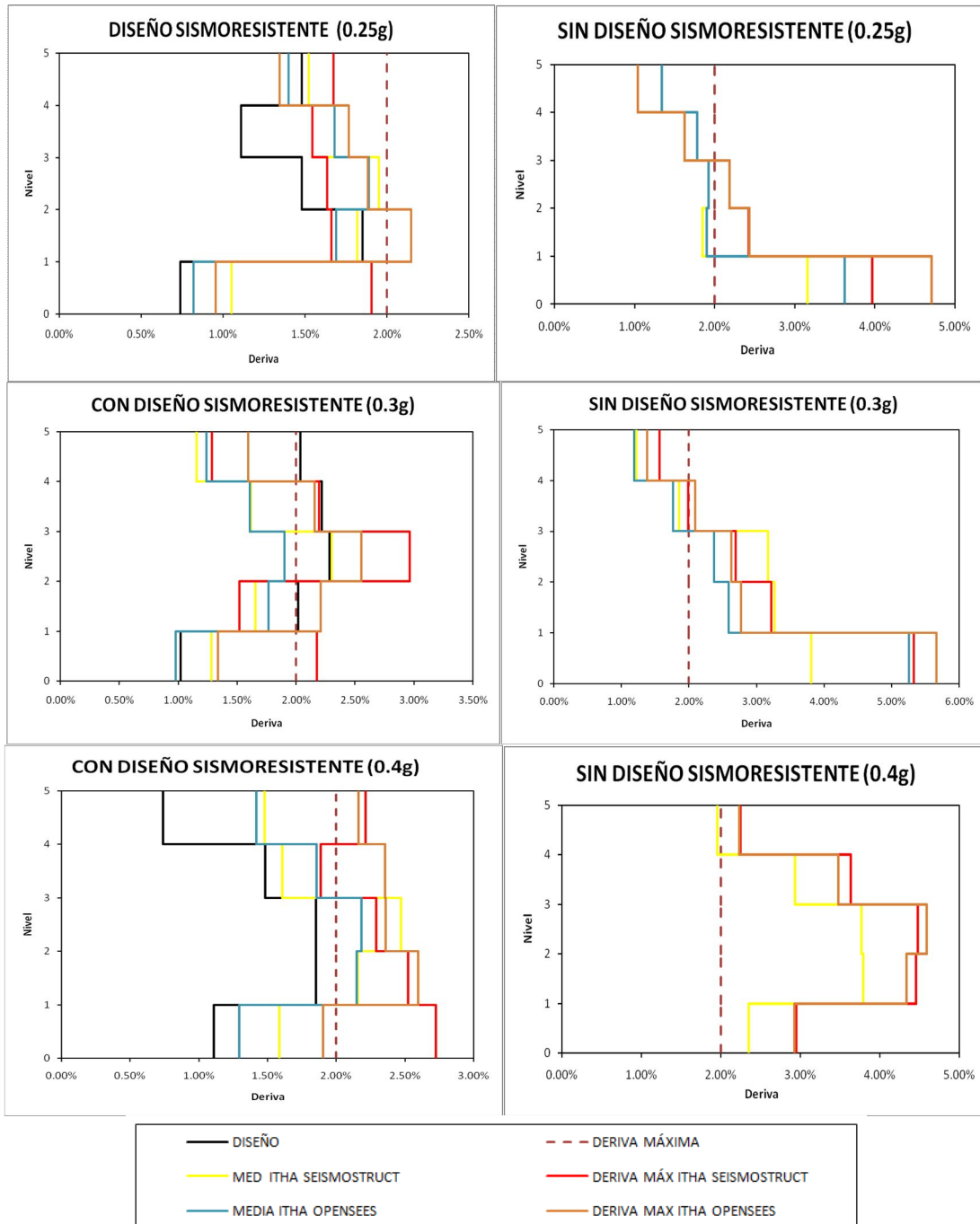


Gráfica 2.12 Desplazamientos para pórtico de 2 pisos con y sin diseño sismoresistente.



PÓRTICO DE CINCO PISOS

DERIVAS:

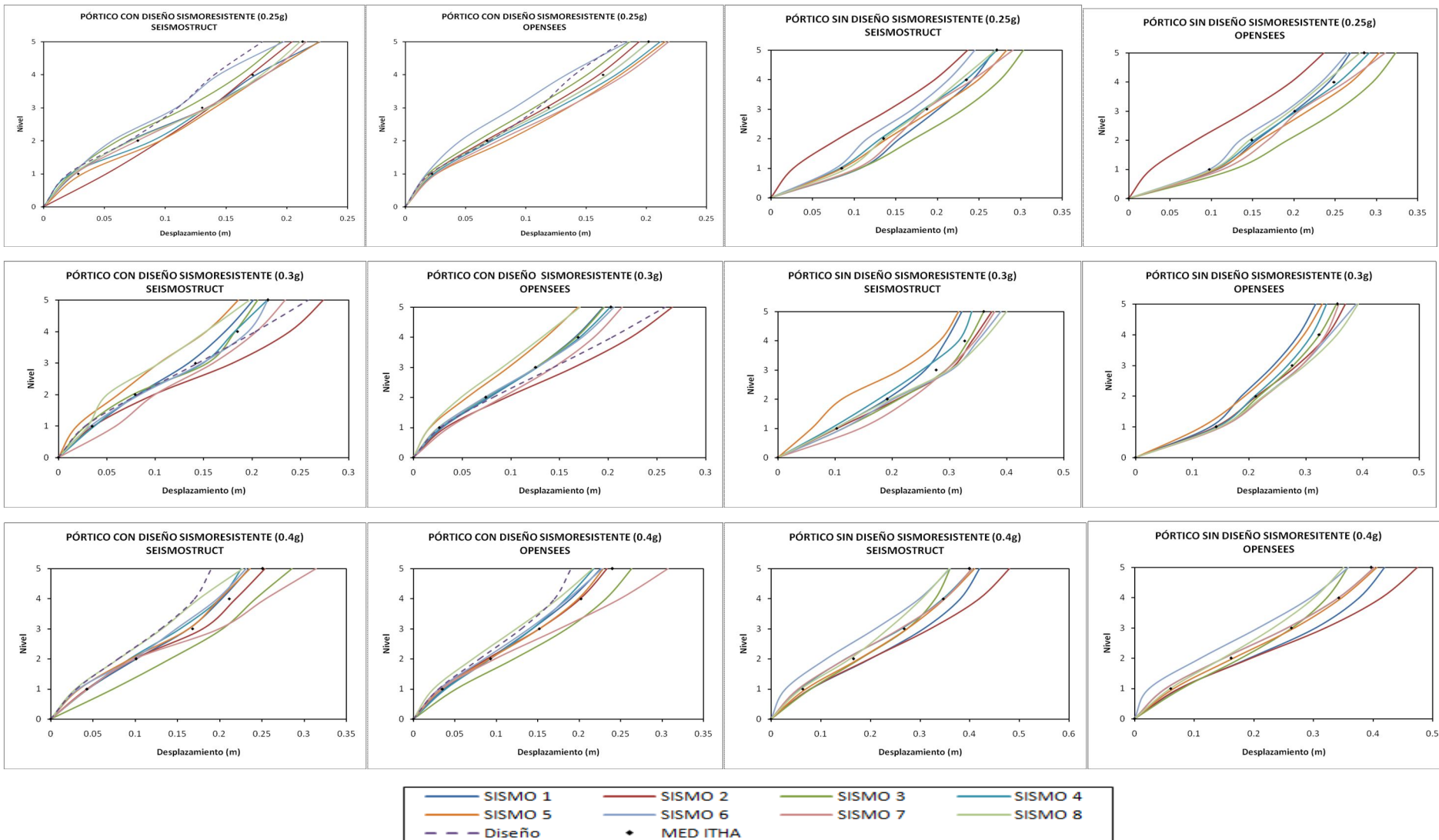


Gráfica 2.13 Derivas para pórtico de 5 pisos con y sin diseño sismoresistente.



“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”

DESPLAZAMIENTOS:

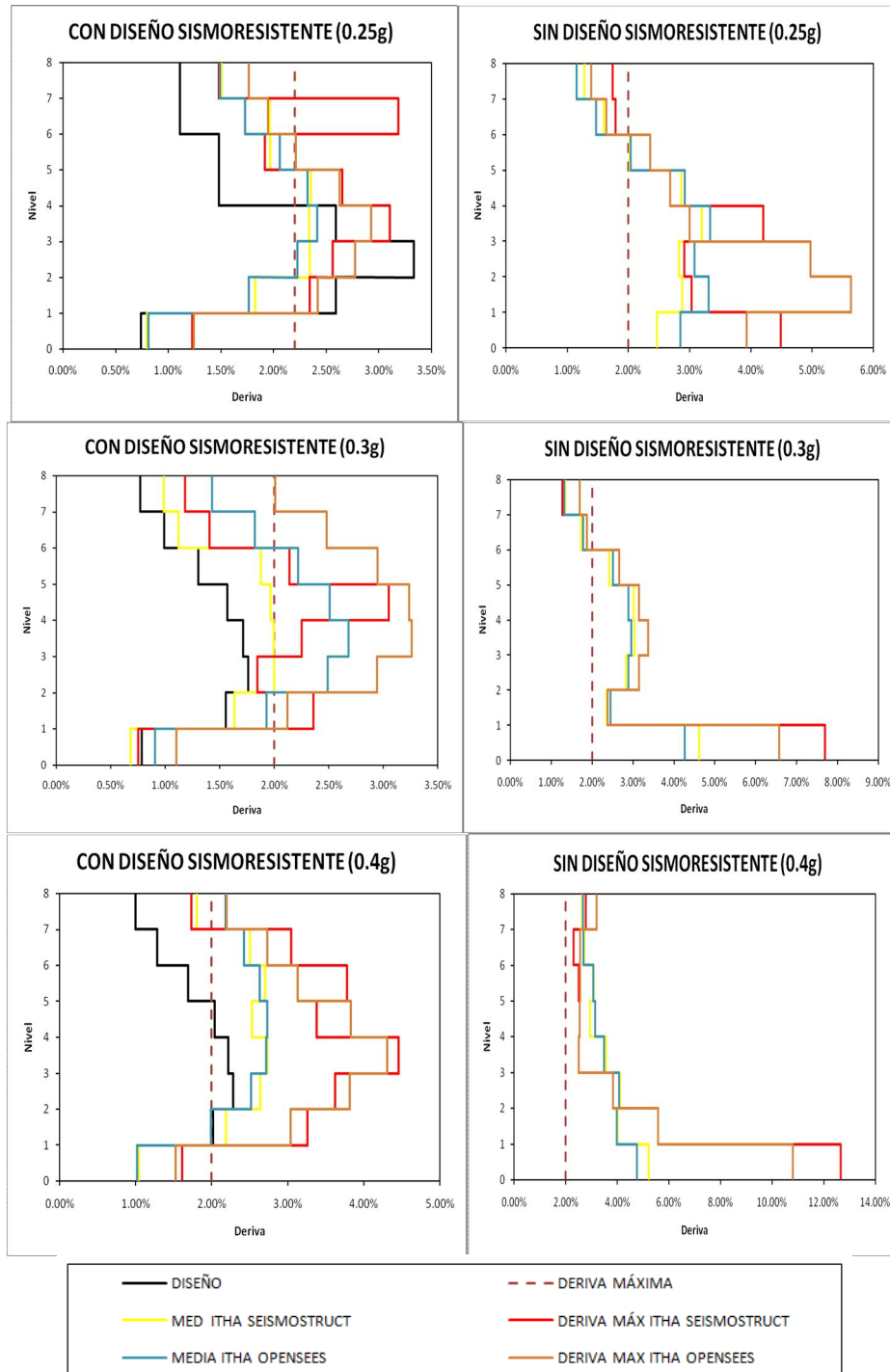


Gráfica 2.14 Desplazamientos para pórtico de 5 pisos con y sin diseño sismoresistente.



PÓRTICO DE OCHO PISOS

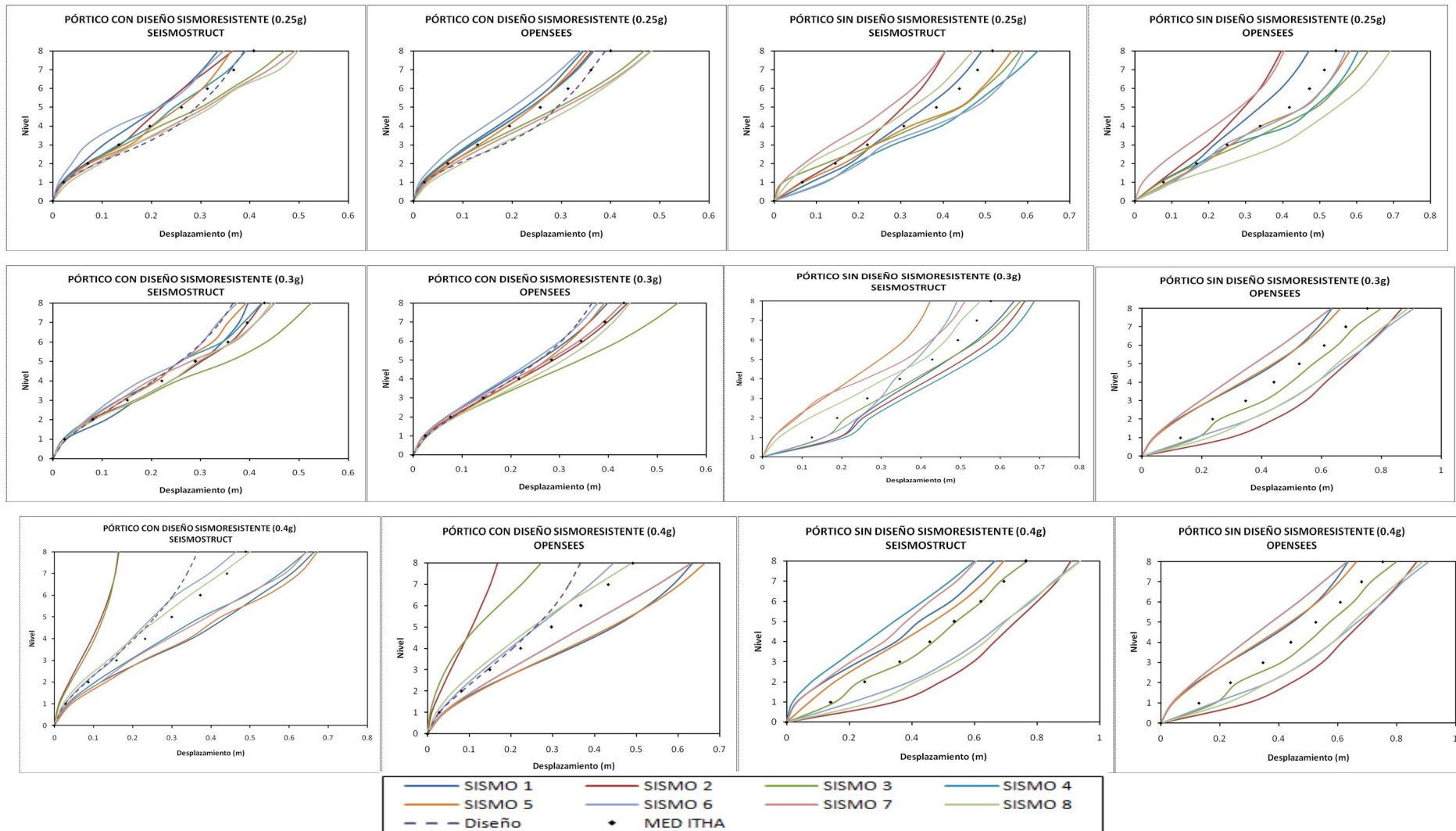
DERIVAS:



Gráfica 2.15 Derivas para pórtico de 8 pisos con y sin diseño sismoresistente.

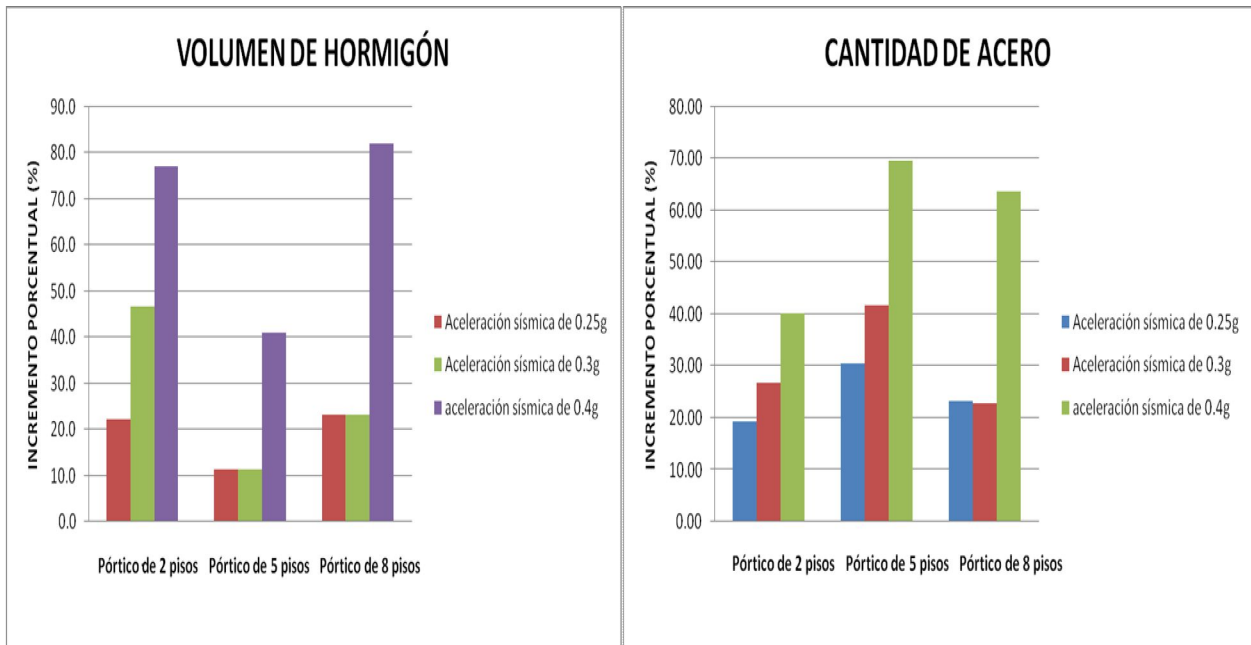
“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”

DESPLAZAMIENTOS:



Gráfica 2.16 Desplazamientos para pórtico de 8 pisos con y sin diseño sismoresistente.

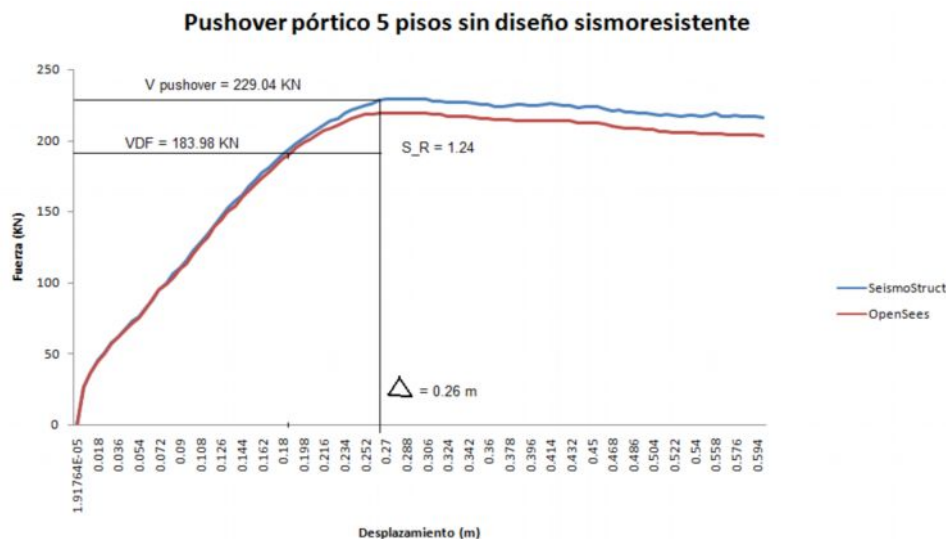
Cantidades requeridas de acero y hormigón:



Gráfica 2.17. Gráfica que representan el incremento en la cantidad de acero y hormigón para cada diseño de un pórtico de 8 pisos.

Se sometió a un análisis pushover el pórtico de 5 pisos con y sin diseño sismoresistente para determinar la resistencia de los elementos que componen los pórticos y determinar el punto más crítico de la estructura.

PUSHOVER:



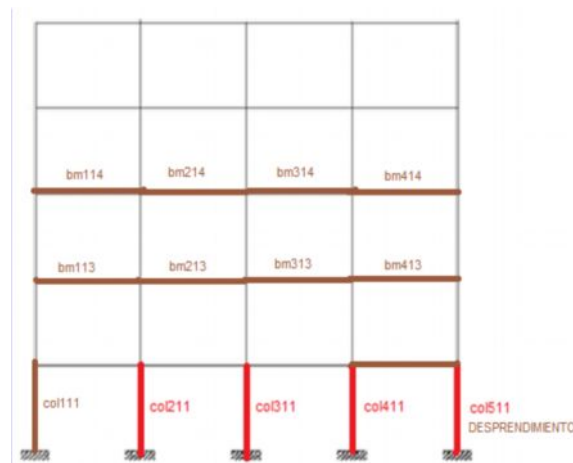
Gráfica 2.18. Análisis pushover de un pórtico sin consideraciones sísmicas.



Al realizarse el análisis pushover se presentó desprendimiento en la columna 511 (Gráfica 2.19) por lo que se realizó un análisis momento-curvatura con ayuda del programa computacional USC_RC. El diagrama momento curvatura se reemplazo por un diagrama bilineal utilizando el concepto de áreas iguales.

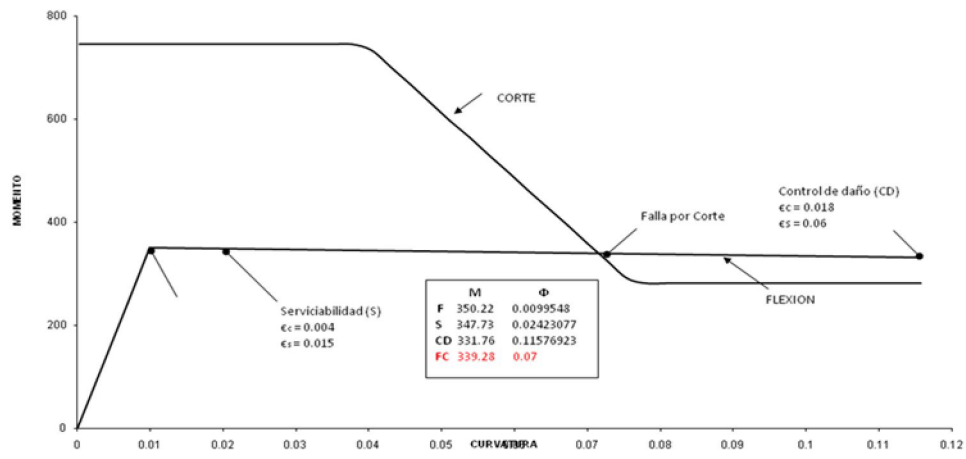
El estado limite de serviciabilidad esta dado por una deformación del hormigón $\epsilon_c = 0.004$ o por una deformación del acero $\epsilon_s = 0.015$. El estado de control de daño esta dado por una deformación del hormigón $\epsilon_c = 0.018$ o por una deformación del acero $\epsilon_s = 0.06$.

Para determinar la resistencia a flexión de la sección los valores para f_c y f_y corresponden a los de las resistencias esperadas. En cambio para determinar la resistencia a corte de la sección se utiliza como valores para f_c y f_y a los que consideran sobre resistencia de los materiales, siendo $1.7 f_c$ y $1.3 f_y$.



Gráfica 2.19. Elemento que presenta desprendimiento (col511)

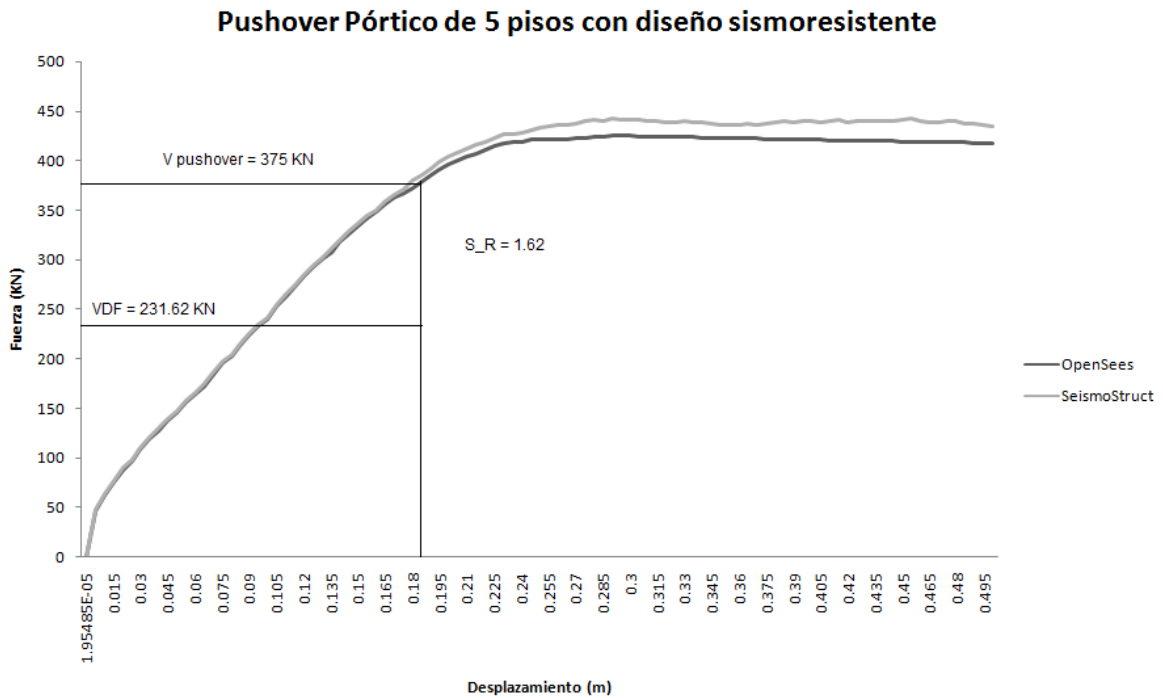
“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”



Gráfica 2.20. Análisis momento-curvatura del elemento más crítico (col511) de un pórtico de 5 pisos sin diseño sismoresistente.

El pórtico de 5 pisos sin diseño resistente presentara una falla por corte en el elemento más crítico col511 (gráfica 2.19).

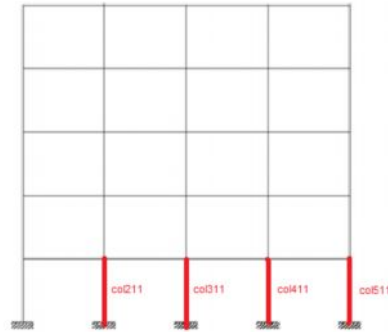
PUSHOVER:



Gráfica 2.21. Análisis pushover de un pórtico con consideraciones sísmicas.



“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”



Gráfica 2.22. Elementos que presentan fluencia

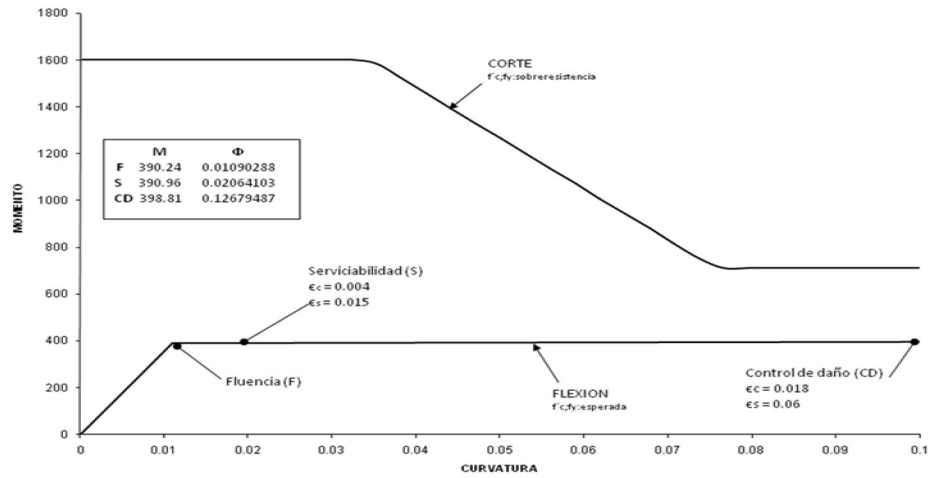


Gráfico 2.23. Análisis momento-curvatura del elemento más crítico (col511) de un pórtico de 5 pisos con diseño sismoresistente.

El elemento más crítico del pórtico de 5 pisos con diseño sismoresistente fallará por flexión col511 (gráfica 2.22).

Capítulo

III



3 APLICACIÓN PRÁCTICA

Para esta investigación se muestra un ejemplo. Se elaboró un análisis de Historia en el Tiempo (ITHA), ejecutado en los programas computacionales OpenSees y SeismoStruct. Determinamos la cantidad de acero y hormigón, sus desplazamientos máximos.

3.1 DATOS GENERALES DE DISEÑO PÓRTICO 5 PISOS CON DISEÑO SISMORESISTENTE (tabla 3.1)

PREDIMENSIONAMIENTO : $f'c = 21000 \text{KN} / \text{m}^2$, $f'y = 420000 \text{KN} / \text{m}^2$, $WH^\circ A = 24 \text{KN} / \text{m}^3$.

COLUMNA : $b = 0.40 \text{m}$, $h = 0.40 \text{m}$, $L = 6 \text{m}$, $H_{\text{piso}} = 2.7 \text{m}$, $elosa = 0.20 \text{m}$, $W_{ls} = 3 \text{KN} / \text{m}^2$,
 $W_v = 1 \text{KN} / \text{m}^2$, $W_{\text{pared}} = 3 \text{KN} / \text{m}^2$, $CM = 7 \text{KN} / \text{m}^2$, $CV = 2 \text{KN} / \text{m}^2$.

$Alosa = L^2 = 36 \text{m}^2$.

$WD = (b * h * H_{\text{piso}} * WH^\circ A) + (CM * Alosa) = 262.37 \text{KN}$.

$WL = CV * Alosa = 72 \text{KN}$.

(C arg *aaxialúltima*) $P_u = 1.2WD + 1WL = 386.84 \text{KN}$

(C arg *acríticaapandeo*) $P_c = 0.2 f'c * b * h = 672 \text{KN} (ACI 11.9.3.2.1)$

$P_u < P_c$; Cumples

VIGAS : (Factor de mayoración) $f = 1.5$; (factor de reducción de resistencia) $\phi_y = 0.9$;

(cuantía de refuerzo) $\rho = 2\%$;

(C arg *amayorada por unidad de área*) $q_u = 1.2CM + 1CV = 10.4 \text{KN} / \text{m}^2$

(c arg *amayorada por unidad de longitud de viga*) $W_u = q_u * L = 62.4$

(momento mayorado de la sección) $M_{u_1} = \frac{W_u * L n^2}{10} = 224.64 \text{KNm} (ACI 8.3.3)$

$M_{u_2} = \frac{W_u * L n^2}{11} = 204.22 \text{KNm} (ACI 8.3.3)$

(Momento mayorado debido a cargas que producen un desplazamiento lateral apreciable)

$M_{s_1} = f * M_{u_1} = 336.96 \text{KNm}$

$M_{s_2} = f * M_{u_2} = 306.33 \text{KNm}$

(Momento de diseño) $M_{d_1} = M_{s_1} + M_{u_1} = 561.6 \text{KNm}$.

$M_{d_2} = M_{s_2} + M_{u_2} = 510.55 \text{KNm}$.

(resistencia al aplastamiento) $= 0.85 f'c = 17850 \text{KN} / \text{m}^2$



$$\frac{Md_1}{\phi_y} = 624 \text{ KNm.}$$

sección : $b = 0.5; d = 0.45$

$$(Momento \text{ No min al}) Mn = \rho b d^2 f_y (1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}) = 649.78 \text{ KNm}$$

$$\frac{Md_1}{\phi_y} < Mn; \text{ cumple.}$$

$$\frac{Md_2}{\phi_y} = 567.27 \text{ KNm.}$$

sección : $b = 0.5; d = 0.45$

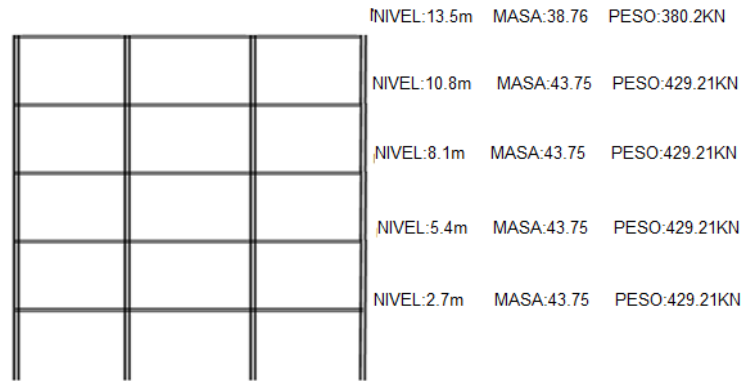
$$(Momento \text{ No min al}) Mn = \rho b d^2 f_y (1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c}) = 649.78 \text{ KNm}$$

$$\frac{Md_2}{\phi_y} < Mn; \text{ cumple.}$$

Mediante un programa de computación ETABS se analizó las secciones calculadas en el predimensionamiento. Cumpliendo una deriva máxima del 2% requerida para un diseño sismoresistente. (Tabla 3.1)

UNIDADES					
KN, m					
#Pisos	# Claros				
5	4				
Geometría					
HPiso	Bviga	Hviga	BCol	HCol	LClaros
2.7	0.40	0.50	0.55	0.55	6
Propiedad de Materiales					
f'c	Wc	fy	Es		
21000	24	420000	200000000		
Cargas					
Muerta		Viva			
7		2			
Deriva de diseño			Deriva Máxima		
0.019			2%		
Viga					
RecLib	ØLong	ØEst			
0.04	0.018	0.01			
Columna					
RecLib	ØLong	ØEst			
0.04	0.088	0.01			

Tabla 3.1 Datos generales pórtico con diseño sismoresistente.



Gráfica 3.1. Pórtico de 5 pisos con diseño sismoresistente.

3.1.1 PESOS Y MASAS

$$wcol_i = BCol * HCol * HPiso * (NBay + 1) * Wc$$

$$wcol_{1-4} = 0.55 * 0.55 * 2.7 * (4 + 1) * 24 = 98.01$$

$$wcol_5 = 0.55 * 0.55 * \frac{2.7}{2} * (4 + 1) * 24 = 49$$

$$wviga_i = BBeam * HBeam * Claros * NBay * Wc$$

$$wviga_{1-5} = 0.40 * 0.50 * 6 * 4 * 24 = 115.2$$

$$wCM_i = CM * Claros * NBays$$

$$wCM_{1-5} = 7 * 6 * 4 = 168$$

$$wCV_i = CV * Claros * NBays$$

$$wCV_{1-5} = 2 * 6 * 4 = 48$$

PESO

$$WPiso_i = wcol_i + wviga_i + wCM + wCV$$

$$WPiso_{1-4} = 98.01 + 115.2 + 168 + 48 = 429.21$$

$$WPiso_5 = 49 + 115.2 + 168 + 48 = 380.2$$

$$WTotal = 2097.04KN$$

MASA

$$mPiso_i = WPiso / g$$

$$mPiso_{1-4} = 429.21 / 9.81 = 43.75$$

$$mPiso_5 = 380.2 / 9.81 = 38.76$$

3.1.2 TIPO DE PÓRTICO



El pórtico es Regular por lo tanto el coeficiente de configuración en elevación es $\Phi_E = 1$ y el coeficiente de configuración en planta es $\Phi_p = 1$.

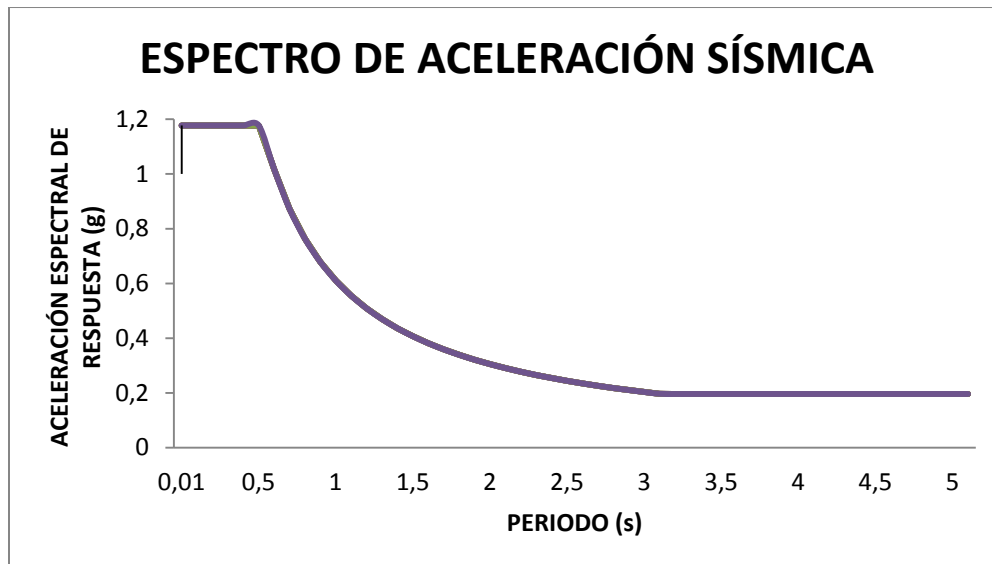
3.1.3 DEMANDA SÍSMICA

El espectro de diseño corresponde al CEC (Grafica 3.2), para una zona II y perfil de suelo S2, tenemos la aceleración espectral “ C ”, la aceleración espectral mínima “ C_{min} ” y la aceleración espectral máxima “ C_{max} ”, que multiplicados por el factor de zona en función de la gravedad “ Z ”, y elaboramos el espectro de aceleración vs. periodo al 5% de amortiguamiento:

$$C = \frac{1.25 S^s}{T}$$

Z	S	C_{min}	C_{max}
0.4	1.2	0.5	3

Tabla 3.2 Datos para espectro de diseño



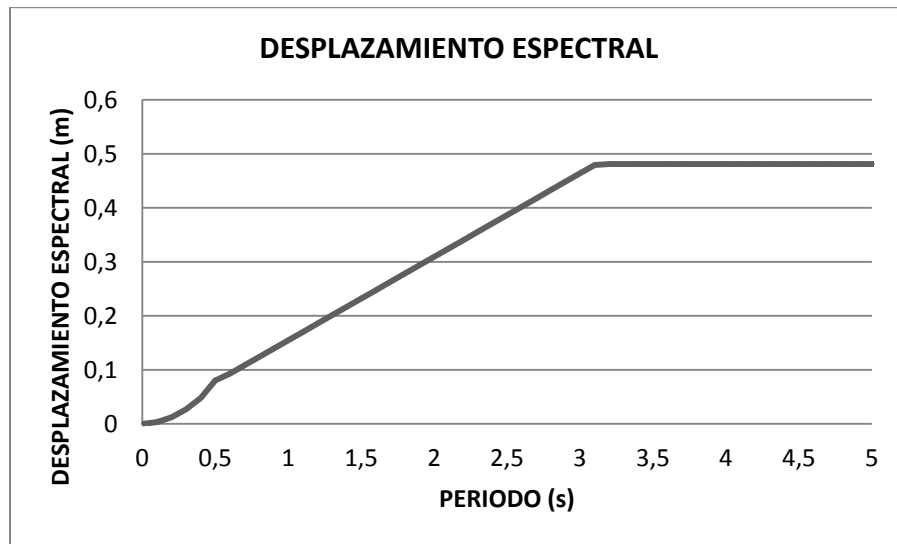
Gráfica 3.2. Espectro de diseño.

Donde la aceleración espectral se hace constante $C = 0.20$, en $T = 3$ se encuentra en periodo de esquina “ T_c ” donde se va a producir el máximo desplazamiento “ S_d ”



$$S_d = \frac{C * g * T^2}{4 * \pi^2}$$

Luego, se grafica el desplazamiento espectral vs. periodo y se muestra **S_d** y **T_c**



Grafica 3.3 Desplazamiento espectral vs. Periodo

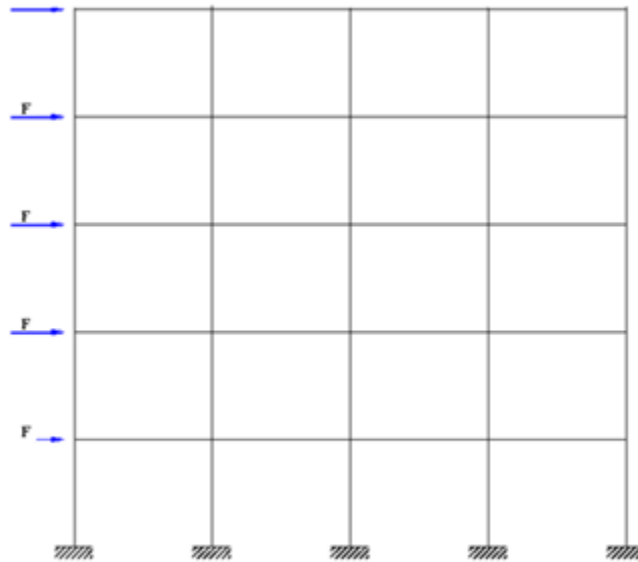
Resultados:

T_c	S_D
3	0.48

3.1.4 ANÁLISIS ELÁSTICO (OPENSEES)

Este análisis se lo realiza luego de la obtención de las fuerzas sísmicas. Se ha definido para tres estados de carga: viva, muerta y sísmica.

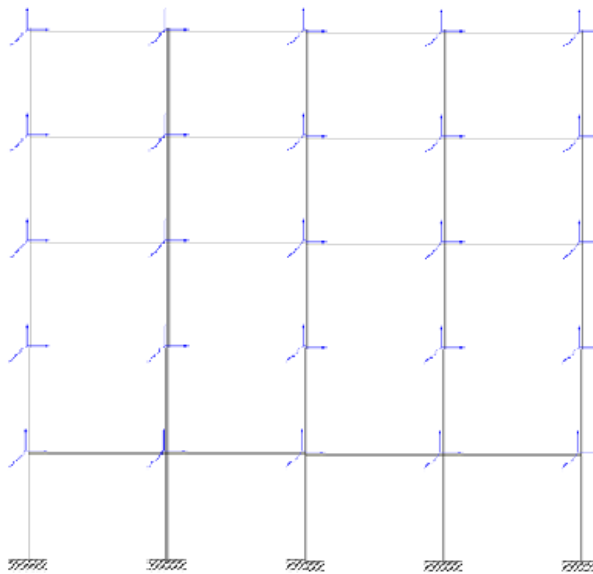
Para el análisis de carga viva y muerta los nudos en la base son empotrados. Igualmente para el análisis sísmico del DBF (Graf. 3.4).



Gráfica 3.4. Restricciones del pórtico

Necesitamos construir el modelo en el lenguaje de programación tcl para que luego éste sea procesado por el programa OpenSees. Los requerimientos para la construcción del modelo están conformados por los siguientes comandos:

Modelo.- Construye el modelo básico (model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 3) (Graf 3.5).



Gráfica 3.5. Modelo de pórtico 5 pisos.



Nudos.- Construye los nudos del modelo (node).

Restricciones.- Construye restricciones en los nudos (fix o pinned) (Graf 3.6).



Grafica 3.6. Articulación empotrada de pórtico.

Materiales.- Construye materiales uniaxiales, los cuales representan la relación entre el esfuerzo y la deformación (uniaxialMaterial Elastic).

Transformación geométrica.- Construye la transformación en el plano coordenado, la cual transforma la rigidez y fuerza de resistencia de las vigas de el sistema básico a el sistema de coordenadas globales (geomTransf Linear).

Elementos.- Construye los elementos del modelo, siendo estos del tipo Elastic Beam Column (element elastiBeaColumn).

Grabaciones.- Realiza las grabaciones que son los archivos de resultados, las cuales monitorean puntos de interés para el análisis sobre cada ejecución (recorder).

Estados de carga.- Define los estados de carga (patter Plain).

Objetos de análisis.- Estos son los responsables del desarrollo del análisis.

- **System.-** Forma un sistema de separación general de las ecuaciones las cuales serían resueltas durante el análisis usando el solucionador UMFPACK (system UmfPack).
- **Constraint.-** Analiza las restricciones en un plano 2D (constraints Plain).



- **Algorithm.-** Define el algoritmo usado para la resolución de ecuaciones no lineales (algorithm Newton).
- **Numberer.-** Enumera los grados de libertad (numberer RCM).
- **Integrator.-** Determina el significado de los términos en el sistema de ecuaciones (integrator LoadControl).
- **Análisis.-** Define que tipo de análisis va a ser desarrollado, usamos el análisis estático (análisis Static).
- **Analyze.-** Ejecuta el análisis (analyze 1).

SETUP

Los módulos ejecutables para el diseño y verificación se basan en tres etapas, la primera como pre-procesador de datos, es decir, una interface en la que se puedan ingresar todos los datos necesarios y luego genera un archivo de salida en formato txt, que será el INPTUDATA (archivo de entrada). En segundo lugar como procesador, es decir, realiza los diseños en base a los datos y requerimientos del archivo de entrada y crea un archivo de RESULT (resultados del diseño). Y en tercer lugar como post-procesador, es decir, en función de los datos de ingreso y de los resultados del diseño realiza el análisis elástico ITHA.

3.2 DISEÑO BASADO EN FUERZAS

Se tomo como base para el DBF el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC)

Periodo Fundamental

$$T = C_b h_n^{3/4}$$

$C_b = 0,08$ para pórticos espaciales de hormigón armado (CEC)

$$T = 0.08 * 13.5^{3/4} = 0.5634 \text{seg}$$

Coficiente Sísmico (Ct)

Para determinar **Ct**, tenemos:



$$C_i = \frac{1.25 S^S}{T}$$

donde, **S** se obtienen de la Tabla 4 (CEC), Φ_P y Φ_E coeficientes de configuración estructural en planta y en elevación, respectivamente.

$$C_i = \frac{1.25 \cdot 1.2^{1.2}}{0.5634} = 2.7613$$

$$C_t = \frac{C_i Z}{\phi_E}$$

$$C_t = \frac{2.7613 \cdot 0.4}{1} = 1.1045$$

Cortante Basal

Del CEC tenemos: Reducción de Ductilidad **R** = 10 y factor de Importancia **I** = 1

$$V_b = \frac{I C_t W}{R_u}$$

$$V_b = \frac{1 \cdot 1.1045 \cdot 2097.04}{10} = 231.62 \text{ KN}$$

Fuerzas Laterales

$$F_t = 0.07 T V_b$$

$$F_t = 0.07 \cdot 0.5634 \cdot 231.62 = 9.13$$

$$F_i = \frac{(V_b - F_t) w_i h_i}{\sum_{i=1}^n (w_i h_i)}$$

$$w_1 h_1 = 429.21 \cdot 2.7 = 1158.867$$

$$w_2 h_2 = 429.21 \cdot 5.4 = 2317.734$$

$$w_3 h_3 = 429.21 \cdot 8.1 = 3476.601$$

$$w_4 h_4 = 429.21 \cdot 10.8 = 4635.468$$

$$w_5 h_5 = 380.2 \cdot 13.5 = 5132.7$$

$$\sum_{i=1}^n w_i h_i = 16721.37$$

$$F_1 = \frac{(231.62 - 9.13) \cdot 1158.867}{16721.37} = 15.42 \text{ KN}$$

$$F_2 = \frac{(231.62 - 9.13) \cdot 2317.734}{16721.37} = 30.82 \text{ KN}$$

$$F_3 = \frac{(231.62 - 9.13) \cdot 3476.601}{16721.37} = 46.26 \text{ KN}$$

$$F_4 = \frac{(231.62 - 9.13) \cdot 4635.468}{16721.37} = 61.68 \text{ KN}$$

$$F_5 = \frac{(231.62 - 9.13) \cdot 5132.7}{16721.37} + 9.13 = 77.42 \text{ KN}$$

Cortante por Piso:



$$V_i = \sum_{i=1}^n F_i$$

$$V_5 = 33.77 \text{ KN}$$

$$V_4 = 33.77 + 22.25 = 56.02 \text{ KN}$$

$$V_3 = 56.02 + 16.69 = 72.71 \text{ KN}$$

$$V_2 = 72.71 + 11.13 = 83.84 \text{ KN}$$

$$V_1 = 83.84 + 5.56 = 89.4 \text{ KN}$$

3.3 CÁLCULO EN EL PROGRAMA COMPUTACIONAL

Para el análisis del pórtico en el programa se ingreso además un espectro de diseño. Se ingresaron las secciones correspondientes según el predimensionamiento, los materiales definidos. Tomando en cuenta las fuerzas laterales calculadas anteriormente. El análisis dinámico logro determinar la cantidad de acero cumpliendo con una deriva menor al 2% permitida por el código (ACI318S-05) obteniendo una deriva máxima del 1.9% menor a la especificada anteriormente fue diseñado para un sismo alto (0,4g). Obteniendo la cantidad de acero para cada sección mediante un diseño basado en el momento máximo.

Para el caso de estructuras de hormigón armado, en el cálculo de la rigidez se tomó valores de las inercias agrietadas I_{cr} de los elementos estructurales, de la siguiente manera: 0,5 I_g para vigas y 0,8 I_g para columnas, siendo I_g el valor de la inercia no agrietada de la sección transversal del elemento considerado (CEC).

$$I_g = base * altura$$

$$I_{cr_{VIGAS}} = 0.5 I_g$$

$$I_{cr_{COLUMNAS}} = 0.8 I_g$$

$$E = 4700\sqrt{f'c(Mpa)} = 4700\sqrt{21} * 1000 = 21538105.766 \text{ KPa}$$

Los desplazamientos, momentos y derivas obtenidos en el programa computacional son:



FUERZAS:		DESPLAZAMIENTOS:	
		ELÁSTICO	INELÁSTICO
F1	15.42		
F2	30.82	0.003	0.03
F3	46.26	0.008	0.08
F4	61.68	0.013	0.13
F5	77.42	0.017	0.17
		0.019	0.19

Gráfica 3.7 Desplazamientos por nivel.

Derivas por Piso

$$Der_i = \frac{\Delta_i - \Delta_{i-1}}{h_i - h_{i-1}}$$

$$Der_1 = \frac{0.03 - 0}{2.7 - 0} = 0.0111$$

$$Der_2 = \frac{0.08 - 0.03}{5.4 - 2.7} = 0.0185$$

$$Der_3 = \frac{0.13 - 0.08}{8.1 - 5.4} = 0.0185$$

$$Der_4 = \frac{0.17 - 0.13}{10.8 - 8.1} = 0.0148$$

$$Der_5 = \frac{0.19 - 0.17}{13.5 - 10.8} = 0.007$$

Combinaciones de carga para el análisis elástico:

- Comb1: u=1.4D,
- Comb2: u=1.05D + 2.1L,
- Comb3: u=1.2D + 2.6L,
- Comb4: u=1.2D + 1.5L,
- Comb5: u=1.2D + 1.0L + 1E,
- Comb6: u=0.9D,
- Comb7: u=0.9D + 1.0E.

- Carga Viva

Tabla 3. 3 Cortantes Vigas Carga Viva

Nivel	Viga 1		Viga 2		Viga 3		Viga 4	
5	-31.84	33.56	-32.65	32.75	-32.75	32.65	-33.56	31.84
4	-32.77	32.63	-32.64	32.76	-32.76	32.64	-32.63	32.77
3	-32.68	32.72	-32.71	32.69	-32.69	32.71	-32.72	32.68
2	-32.53	32.87	-32.68	32.72	-32.72	32.68	-32.87	32.53
1	-32.32	33.08	-32.71	32.69	-32.69	32.71	-33.08	32.32



Tabla 3. 4 Momentos Vigas Carga Viva

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	22.84	19.2	27.55	26.38	17.69	26.64	26.64	17.69	26.38	27.55	19.2	22.84
4	26.39	18	26.01	26.35	17.7	26.65	26.65	17.7	26.35	26.01	18	26.39
3	25.99	18.14	26.1	26.61	17.62	26.53	26.53	17.62	26.61	26.1	18.14	25.99
2	25.62	18.15	26.53	26.49	17.65	26.59	26.59	17.65	26.49	26.53	18.15	25.62
1	24.90	18.33	26.99	-26.6	17.62	26.53	26.53	17.62	-26.6	26.99	18.33	24.90

Tabla 3. 5 Cortantes Columnas Carga Viva

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-18.95	-18.95	1	1	0	0	-1	-1	18.95	18.95
4	-12.81	-12.81	-0.85	-0.85	0	0	0.85	0.85	12.81	12.81
3	-13.03	-13.03	-0.03	-0.03	0	0	0.03	0.03	13.03	13.03
2	-13.37	-13.37	0.39	0.39	0	0	-0.39	-0.39	13.37	13.37
1	-8.68	-8.68	-0.23	-0.23	0	0	0.23	0.23	8.68	8.68

Tabla 3. 6 Momentos Columnas Carga Viva

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-19.12	22.58	1.27	-0.92	0	0	-1.27	0.92	19.12	-22.58
4	-17.86	10.33	-0.69	1.19	0	0	0.69	-1.19	17.86	-10.33
3	-17.61	11.06	-0.25	-0.19	0	0	0.25	0.19	17.61	-11.06
2	-18.69	10.73	0.72	-0.14	0	0	-0.72	0.14	18.69	-10.73
1	-7.88	11.22	-0.40	0.11	0	0	0.40	-0.11	7.88	-11.22

- **Carga Muerta**

Tabla 3. 7 Cortantes Vigas Carga Muerta

Nivel	Viga 1		Viga 2		Viga 3		Viga 4	
5	-95.26	99.37	-97.14	97.5	-97.5	97.14	-99.37	95.26
4	-127.21	127.37	-127.13	127.46	-127.46	127.13	-127.37	127.21
3	-127.08	127.5	-127.32	127.46	-127.46	127.32	-127.5	127.08
2	-126.59	128	-127.24	127.35	-127.35	127.24	-128	126.59
1	-125.76	128.82	-127.34	127.24	-127.24	127.34	-128.82	125.76

Tabla 3. 8 Momentos Vigas Carga Muerta

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	69.67	55.71	80.86	78.36	52.69	79.34	79.34	52.69	78.36	80.86	55.71	69.67
4	101.47	70.33	101.90	102.76	68.83	103.66	103.66	68.83	102.76	101.90	70.33	101.47
3	100.85	70.63	102	102.757	68.61	103.32	103.32	68.61	102.757	102	70.63	100.85
2	99.58	70.67	103.43	103.16	68.70	103.47	103.47	68.70	103.16	103.43	70.67	99.58
1	96.85	71.36	105.18	103.56	68.59	103.28	103.28	68.59	103.56	105.18	71.36	96.85



Tabla 3. 9 Cortantes Columnas Carga Muerta

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-61.92	-61.92	2.37	2.37	0	0	-2.37	-2.37	61.92	61.92
4	-50.91	-50.91	-2.08	-2.08	0	0	2.08	2.08	50.91	50.91
3	-50.68	-50.68	-0.33	-0.33	0	0	0.33	0.33	50.68	50.68
2	-52	-52	1.6	1.6	0	0	-1.6	-1.6	52	52
1	-33.76	-33.76	-0.88	-0.88	0	0	0.88	0.88	33.76	33.76

Tabla 3. 10 Momentos Columnas Vigas Carga Muerta

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-69.95	66.26	3.28	-1.93	0	0	-3.28	1.93	69.95	-66.26
4	-69.19	42.82	-1.54	3.04	0	0	1.54	-3.04	69.19	-42.82
3	-68.46	43.03	-1.01	-0.28	0	0	1.01	0.28	68.46	-43.03
2	-72.69	41.70	2.85	-0.68	0	0	-2.85	0.68	72.69	-41.70
1	-30.64	43.63	-1.54	0.38	0	0	1.54	-0.38	30.64	-43.63

- **Carga Sísmica**

Tabla 3. 11 Cortantes Vigas Sismo

Nivel	Viga 1		Viga 2		Viga 3		Viga 4	
5	11.35	11.35	10.68	10.68	10.68	10.68	11.35	11.35
4	18.18	18.18	17.75	17.75	17.75	17.75	18.18	18.18
3	25.48	25.48	24.73	24.73	24.73	24.73	25.48	25.48
2	25.53	25.53	28.53	28.53	28.53	28.53	25.53	25.53
1	25.46	25.46	24.46	24.46	24.46	24.46	25.46	25.46

Tabla 3. 12 Momentos Vigas Sismo

Nivel	Viga 1		Viga 2		Viga 3		Viga 4	
	-	+	-	+	-	+	-	+
5	31.92	29.92	29.07	29.12	29.12	29.07	29.92	31.92
4	50.15	48.92	48.65	48.64	48.64	48.65	48.92	50.15
3	70.48	68.38	67.36	67.41	67.41	67.36	68.38	70.48
2	81.68	79.23	77.74	77.76	77.76	77.74	79.23	81.68
1	70.56	68.22	66.61	66.68	66.68	66.61	68.22	70.56

Tabla 3. 13 Cortantes Columnas Sismo

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	12.39	12.39	31.54	31.54	31.01	31.01	31.54	31.54	12.39	12.39
4	29.93	29.93	52.11	52.11	52.04	52.04	52.11	52.11	29.93	29.93
3	39.91	39.91	69.52	69.52	68.96	68.96	69.52	69.52	39.91	39.91
2	49.94	49.94	80.64	80.64	79.79	79.79	80.64	80.64	49.94	49.94
1	64.12	64.12	80.47	80.47	80.32	80.32	80.47	80.47	64.12	64.12



Tabla 3. 14 Momentos Columnas Sismo

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	17.88	29.85	24.24	49.61	23.83	48.96	24.24	49.61	17.88	29.85
4	25.88	51.26	51.69	67.13	51.44	67.27	51.69	67.13	25.88	51.26
3	44.26	50.14	83.06	73.05	82.39	72.55	83.06	73.05	44.26	50.14
2	81.33	32.99	122.25	57.21	120.97	56.64	122.25	57.21	81.33	32.99
1	173.79	35.28	188.39	15.89	188.43	16.19	188.39	15.89	173.79	35.28

Combinaciones de Carga

Se presentan los resultados obtenidos de las combinaciones de carga de los momentos en vigas y columnas que conforman la estructura.

- Combinación 1.4 CM (Combo1)

Tabla 3. 15 Momentos Vigas Combo 1

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	97.54	79.43	113.20	109.71	73.76	111.08	111.08	73.76	109.71	113.20	79.43	97.54
4	142.07	98.43	142.66	143.86	96.37	145.12	145.12	96.37	143.86	142.66	98.43	142.07
3	141.19	98.88	142.8	144.87	96.05	144.65	144.65	96.05	144.87	142.8	98.88	141.19
2	139.41	98.94	144.79	144.43	96.18	144.85	144.85	96.18	144.43	144.79	98.94	139.41
1	135.59	99.91	147.24	144.98	96.03	144.59	144.59	96.03	144.98	147.24	99.91	135.59

Tabla 3. 16 Momentos Columnas Combo 1

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-97.94	92.77	4.60	-2.69	0	0	-4.60	2.69	97.94	-92.77
4	-96.87	59.94	-2.16	4.25	0	0	2.16	-4.25	96.87	-59.94
3	-95.84	60.24	-1.41	-0.39	0	0	1.41	0.39	95.84	-60.24
2	-101.77	58.38	3.99	-0.95	0	0	-3.99	0.95	101.77	-58.38
1	-42.89	61.09	-2.16	0.55	0	0	2.16	-0.55	42.89	-61.09

- Combinación 1.05 CM + 2.1 CV (Combo2)

Tabla 3. 17 Momentos Vigas Combo 2

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	121.13	99.90	142.77	137.69	92.46	139.25	139.25	92.46	137.69	142.77	99.90	121.13
4	161.98	111.6	161.62	163.23	109.44	164.81	164.81	109.44	163.23	161.62	111.6	161.98
3	160.47	112.26	161.91	164.54	109.03	164.20	164.20	109.03	164.54	161.91	112.26	160.47
2	158.37	112.32	164.31	163.96	109.20	164.47	164.47	109.20	163.96	164.31	112.32	158.37
1	153.99	113.43	167.12	164.60	109.03	164.17	164.17	109.03	164.60	167.12	113.43	153.99



Tabla 3. 18 Momentos Columnas Combo 2

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-113.60	116.98	6.13	-3.95	0	0	-6.13	3.95	113.60	-116.98
4	-110.16	66.66	-3.07	5.68	0	0	3.07	-5.68	110.16	-66.66
3	-108.86	68.40	-1.58	-0.69	0	0	1.58	0.69	108.86	-68.40
2	-115.57	66.32	4.49	-1.01	0	0	-4.49	1.01	115.57	-66.32
1	-48.72	69.38	-2.47	0.63	0	0	2.47	-0.63	48.72	-69.38

- **Combinación 1.2 CM + 2.6 CV (Combo 3)**

Tabla 3. 19 Momentos Vigas Combo 3

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	143.00	118.01	168.67	162.64	109.21	164.47	164.47	109.21	162.64	168.67	118.01	143.00
4	190.40	131.25	189.91	191.81	128.62	193.69	193.69	128.62	191.81	189.91	131.25	190.40
3	188.59	131.93	190.26	193.37	128.13	192.97	192.97	128.13	193.37	190.26	131.93	188.59
2	186.12	132	193.09	192.68	128.33	193.28	193.28	128.33	192.68	193.09	132	186.12
1	180.98	133.3	196.39	193.44	128.13	192.93	192.93	128.13	193.44	196.39	133.3	180.98

Tabla 3. 20 Momentos Columnas Combo 3

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-133.66	138.22	7.26	-4.70	0	0	-7.26	4.70	133.66	-138.22
4	-129.47	78.25	-3.64	6.73	0	0	3.64	-6.73	129.47	-78.25
3	-127.93	80.39	-1.85	-0.84	0	0	1.85	0.84	127.93	-80.39
2	-185.81	77.94	5.28	-1.18	0	0	-5.28	1.18	185.81	-77.94
1	-57.25	81.53	-2.89	0.74	0	0	2.89	-0.74	57.25	-81.53

- **Combinación 1.2 CM + 1.5CV (Combo 4)**

Tabla 3. 21 Momentos Vigas Combo 4

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	117.88	96.89	138.36	133.61	89.76	135.17	135.17	89.76	133.61	138.36	96.89	117.88
4	161.37	111.35	161.30	162.83	109.15	164.37	164.37	109.15	162.83	161.30	111.35	161.37
3	160.01	111.97	161.55	164.09	108.75	163.78	163.78	108.75	164.09	161.55	111.97	160.01
2	157.93	112.03	163.91	163.54	108.92	164.04	164.04	108.92	163.54	163.91	112.03	157.93
1	153.58	113.13	166.70	164.17	108.74	163.74	163.74	108.74	164.17	166.70	113.13	153.58



Tabla 3. 22 Momentos Columnas Combo 4

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-112.63	113.38	5.85	-3.69	0	0	-5.85	3.69	112.63	-113.38
4	-109.82	66.88	-2.89	5.42	0	0	2.89	-5.42	109.82	-66.88
3	-108.56	68.22	-1.58	-0.63	0	0	1.58	0.63	108.56	-68.22
2	-115.26	66.14	4.49	-1.02	0	0	-4.49	1.02	115.26	-66.14
1	-48.59	69.19	-2.46	0.63	0	0	2.46	-0.63	48.59	-69.19

- Combinación 1.2 CM + 1.0CV + 1sismo (Combo 5)

Tabla 3. 23 Momentos Vigas Combo 5

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	138.37	91.10	154.5	149.49	83.53	150.97	150.97	83.53	149.49	154.5	91.10	138.37
4	198.32	107.48	197.21	198.31	104.73	199.68	199.68	104.73	198.31	197.21	107.48	198.32
3	217.49	110.26	216.88	218.15	106.10	217.93	217.93	106.10	218.15	216.88	110.26	217.49
2	226.80	111.50	229.87	228.02	107.14	228.51	228.51	107.14	228.02	229.87	111.50	226.80
1	211.69	11.44	221.43	217.48	106.03	217.15	217.15	106.03	217.48	221.43	11.44	211.69

Tabla 3. 24 Momentos Columnas Combo 5

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-120.94	131.94	29.45	-52.84	-23.83	-48.96	-29.45	52.84	120.94	-131.94
4	-126.78	112.97	-54.23	71.95	-51.44	-67.27	54.23	-71.95	126.78	-112.97
3	-144.02	112.83	-84.52	-73.58	-82.39	-72.55	84.52	73.58	144.02	-112.83
2	-187.24	93.73	126.38	-58.17	-120.97	-56.64	-126.38	58.17	187.24	-93.76
1	-218.43	98.86	-190.65	16.47	-188.43	-16.19	190.65	-16.47	218.43	-98.86

- Combinación 0.9 CM (Combo 6)

Tabla 3. 25 Momentos Vigas Combo 6

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	62.71	51.06	72.77	70.53	47.42	71.41	71.41	47.42	70.53	72.77	51.06	62.71
4	91.33	63.30	91.71	92.48	61.95	93.29	93.29	61.95	92.48	91.71	63.30	91.33
3	90.76	63.57	91.80	93.13	61.75	92.99	92.99	61.75	93.13	91.80	63.57	90.76
2	89.62	63.60	93.08	92.85	61.83	93.12	93.12	61.83	92.85	93.08	63.60	89.62
1	87.17	64.23	94.66	93.20	61.73	92.95	92.95	61.73	93.20	94.66	64.23	87.17

Tabla 3. 26 Momentos Columnas Combo 6

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-62.96	59.64	2.95	-1.73	0	0	-2.95	1.73	62.96	-59.64
4	-62.27	38.54	-1.39	2.73	0	0	1.39	-2.73	62.27	-38.54
3	-61.61	38.73	-0.91	-0.25	0	0	0.91	0.25	61.61	-38.73
2	-65.42	37.53	2.56	-0.61	0	0	-2.56	0.61	65.42	-37.53
1	-27.57	39.27	-1.39	0.35	0	0	1.39	-0.35	27.57	-39.27



- Combinación 0.9 CM + 1sismo (Combo 7)

Tabla 3. 27 Momentos Vigas Combo 7

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	94.63	54.88	102.69	99.59	50.04	100.53	100.53	50.04	99.59	102.69	54.88	94.63
4	141.48	68.42	140.63	141.14	66.38	141.93	141.93	66.38	141.14	140.63	68.42	141.48
3	161.24	73.33	160.18	160.49	69.84	160.40	160.40	69.84	160.49	160.18	73.33	161.24
2	171.31	76.77	172.32	170.58	72.72	170.88	170.88	72.72	170.58	172.32	76.77	171.31
1	157.73	74.68	162.88	159.81	69.65	159.63	159.63	69.65	159.81	162.88	74.68	157.73

Tabla 3. 28 Momentos Columnas Combo 7

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-80.84	89.49	27.19	-51.35	-23.83	-48.96	-27.19	51.35	80.84	-89.49
4	-88.16	89.79	-53.08	69.86	-51.44	-67.27	53.08	-69.86	88.16	-89.79
3	-105.87	88.87	-83.97	-73.31	-82.39	-72.55	83.97	73.31	105.87	-88.87
2	-146.75	70.52	124.81	-57.82	-120.97	-56.64	-124.81	57.82	146.75	-70.52
1	--201.36	74.55	-189.78	16.25	-188.43	-16.19	189.78	-16.25	201.36	-74.55

Envolvente (Momentos de Diseño)

Para calcular los momentos de diseño en vigas y columnas se realizo el envolvente de momentos, de acuerdo a los valores máximos obtenidos en las combinaciones realizadas anteriormente.

- Momentos de Diseño Vigas

Tabla 3. 29 Envlovente Momentos Vigas

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	168.67	118.01	168.67	164.47	109.21	164.47	164.47	109.21	164.47	168.67	118.01	168.67
4	198.32	131.15	198.32	199.68	128.62	199.68	199.68	128.62	199.68	198.32	131.15	198.32
3	217.49	131.93	217.49	218.15	128.13	218.15	218.15	128.13	218.15	217.49	131.93	217.49
2	229.87	132	229.87	228.51	128.33	228.51	228.51	128.33	228.51	229.87	132	229.87
1	221.42	133.3	221.42	217.48	128.13	217.48	217.48	128.13	217.48	221.42	133.3	221.42

- Momentos de Diseño Columnas

Tabla 3. 30 Envlovente Momentos Columnas

Nivel	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5
5	138.22	52.84	48.96	52.84	138.22
4	129.47	71.95	67.27	71.95	129.47
3	144.02	84.52	82.39	84.52	144.02
2	187.24	126.38	120.97	126.38	187.24
1	218.43	190.65	188.43	190.65	218.43

Cantidades de refuerzo



Se procede a calcular los aceros en vigas y columnas con los requerimientos expuestos en ACI318-05 (capítulo 21):

- **Reforzamiento en Vigas**

Refuerzo momento negativo

Datos:

Mu 168.67

Si se supone que el acero de tracción se encuentra en fluencia, se puede utilizar la siguiente expresión para calcular la armadura requerida para resistir el momento flector solicitante:

$$A_s = \frac{0.85f'_c \cdot b \cdot d}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{0.85\phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2}} \right]$$

Desarrollo:

$$d = h - R_{ec} - \phi_{est} - \frac{\phi_{long}}{2} = 0.5 - 0.01 - 0.01 - \frac{0.022}{2} = 0.47$$

El acero de tracción requerido es:

$$A_s = \frac{0.85 \cdot 21000 \cdot 0.4 \cdot 0.47}{420000} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 168.67}{0.85 \cdot 0.9 \cdot 21000 \cdot 0.4 \cdot 0.47^2}} \right] = 10.13E-4 \text{ m}^2$$

Cuantía de armado:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{10.13E-4}{0.4 \cdot 0.47} = 5.39E-3 \text{ Acero de tracción requerido:}$$

Cuantía balanceada de la sección:

$$\rho_b = 0.85\beta_1 \frac{f'_c}{F_y} \frac{0.003}{\frac{F_y}{E_c} + 0.003}$$

$$\rho_b = 0.85 \cdot 0.85 \cdot \frac{21000}{420000} \cdot \frac{0.003}{\frac{420000}{200000000} + 0.003} = 0.02125$$



Cuantía máxima permisible:

$$\rho_{\max} = 0.75 * \rho_b = 0.75 * 0.02125 = 0.01594$$

Cuantía mínima 1:

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4F_y} = \frac{\sqrt{21}}{4(420)} = 0.00273$$

Cuantía mínima 2:

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{F_y} = \frac{1.4}{420} = 0.00333$$

Cantidad de acero por cuantía mínima:

$$A_{s_{\min 1}} = \rho_{\min} b * d = 0.00333 * 0.4 * 0.47 = 6.2667E - 4 m^2$$

Cantidad de acero mínima por armado para la sección es:

$$A_{s_{\min 2}} = 2 * \frac{0.01^2 * \pi}{4} = 1.57079E - 4 m^2 = 1.57079 cm^2$$

Dado que la cuantía de armado calculada (0.0054) es mayor que la cuantía mínima (0.0033) y menor que la máxima, entonces tenemos:

$$A_{s_1} = 0.0054 * 0.4 * 0.47 = 0.001015 m^2 = 10.15 cm^2$$

Refuerzo momento positivo

Datos:

Mu 118.01

Desarrollo:

$$d = h - Re c - \phi_{est} - \frac{\phi_{long}}{2} = 0.5 - 0.01 - 0.01 - \frac{0.022}{2} = 0.47$$

El acero de tracción requerido es:



$$A_s = \frac{0.85 * 21000 * 0.50 * 0.47}{420000} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 118.01}{0.85 * 0.9 * 21000 * 0.50 * 0.469^2}} \right] = 0.000691 \text{ m}^2$$

Cuantía de armado:

$$\rho = \frac{A_s}{b * d} = \frac{6.91E - 4}{0.40 * 0.469} = 3.683E - 3$$

Cuantía balanceada de sección:

$$\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{F_y} \frac{0.003}{\frac{F_y}{E_c} + 0.003}$$

$$\rho_b = 0.85 * 0.85 * \frac{21000}{420000} * \frac{0.003}{\frac{420000}{200000000} + 0.003} = 0.02125$$

Cuantía máxima permisible:

$$\rho_{\max} = 0.75 * \rho_b = 0.75 * 0.02125 = 0.01594$$

Cuantía mínima 1:

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4F_y} = \frac{\sqrt{21}}{4(420)} = 0.00273$$

Cuantía mínima 2:

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{F_y} = \frac{1.4}{420} = 0.00333$$

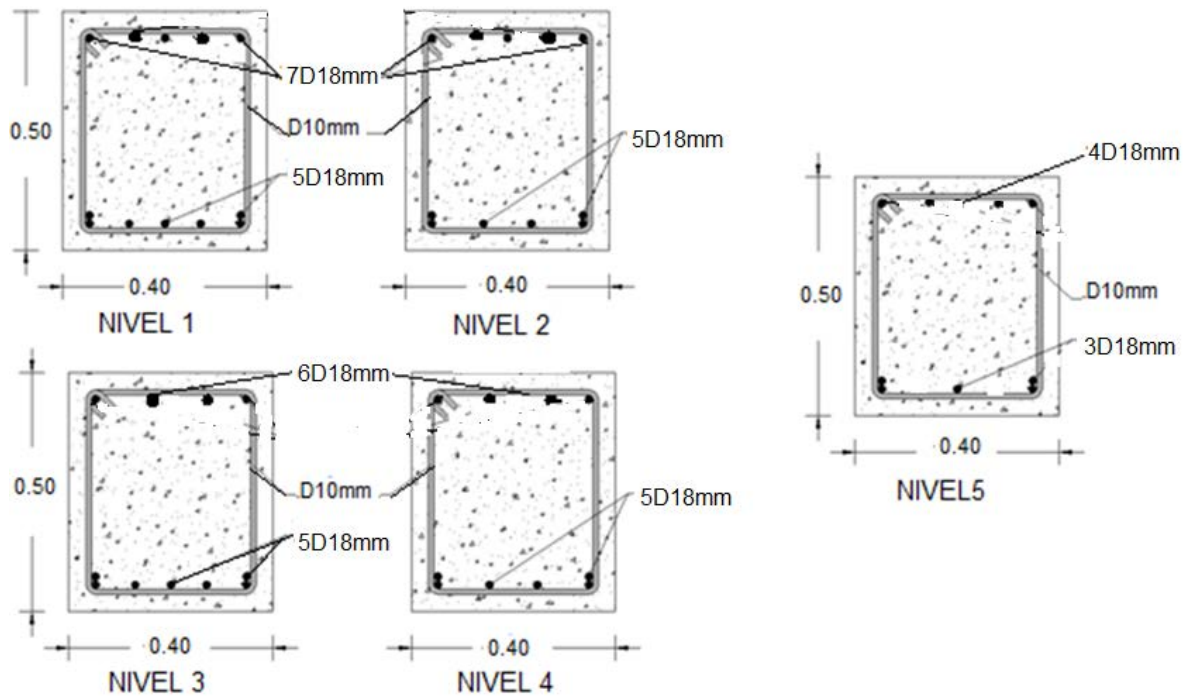
Dado que la cuantía de armado calculada (0.0037) es mayor que la cuantía mínima (0.0033) y menor que la máxima (0.01594) tenemos:

$$A_{s_1} = 0.0037 * 0.4 * 0.469 = 0.00069 \text{ m}^2 = 6.9 \text{ cm}^2$$

Resumen de Reforzamiento en Vigas (cm²)

Tabla 3. 31 Sección de Reforzamiento en Vigas (cm²)

Nivel	Ubicación	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga4
5	-	10.15	10.15	10.15	10.15
	+	6.9	9.63	9.63	6.9
4	-	14.21	14.21	14.21	14.21
	+	11.19	11.05	11.05	11.16
3	-	16.03	16.03	16.03	16.03
	+	11.26	11.06	11.06	11.26
2	-	17.26	17.26	17.26	17.26
	+	11.29	11.09	11.09	11.29
1	-	16.32	16.32	16.32	16.32
	+	11.32	11.05	11.06	11.21



Gráfica 3.8 Sección vigas pórtico con diseño sismoresistente.

Refuerzo transversal:

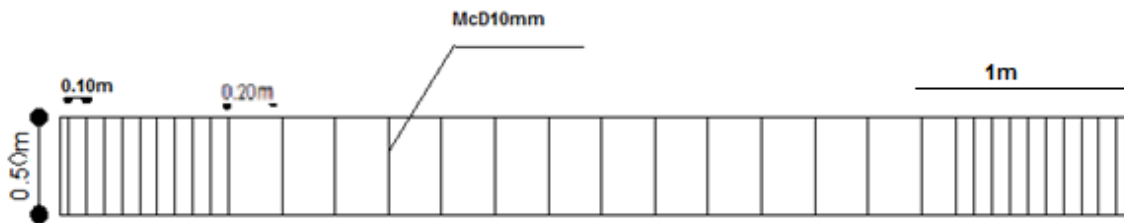
$$L = 6m$$

$$\text{Re fuerza(lo)VIGAS : } b = 0.40m; h = 0.50m$$

$$l_o = L / 6 = 1m$$

$$S_o = b / 4 = 0.4 / 4 = 0.10m$$

$$s = b / 2 = 0.20m$$



REFUERZO TRANSVERSAL PÓRTICO DE 5 PISOS CON DISEÑO SISMORESISTENTE (VIGA)

- Reforzamiento en Columnas

Para determinar el acero en columnas lo realizamos haciendo un análisis momento curvatura, para lo cual se parte de la sección básica de cuatro varillas de armado y determinamos el momento resistente de la columna:



Datos:

$$b = 0.55m, h = 0.55m, L = 6m, H_{piso} = 2.7m, e_{losa} = 0.20m, W_{ls} = 3KN/m^2,$$

$$W_v = 1KN/m^2, W_{pared} = 3KN/m^2, CM = 7KN/m^2, CV = 2KN/m^2.$$

$$A_{losa} = L^2 = 36m^2.$$

$$WD = (b * h * H_{piso} * WH^{\circ}A) + (CM * A_{losa}) = 271.602KN.$$

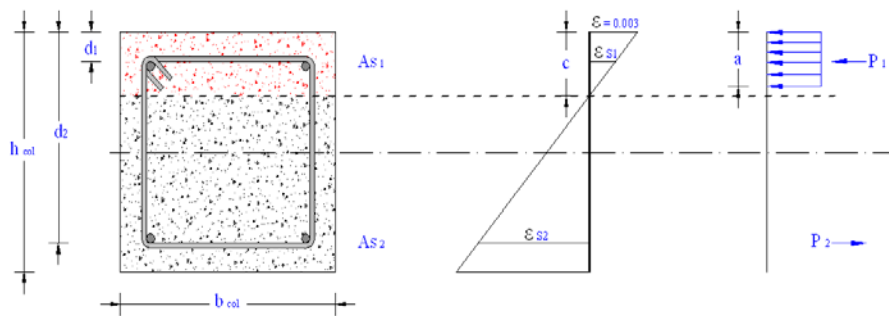
$$WL = CV * A_{losa} = 72KN.$$

$$Pu = 1.2WD + 1WL = 397.92KN$$

Pu	Mu
397.92	138.22

Verificamos espaciamiento mínimo (0.025 m)

$$E_{sp} = \frac{b - 2 * Re c - 2 * \phi_{long} - \# \text{ varilas} * \phi_{long}}{\# \text{ varilas} - 1} = \frac{0.55 - 2 * 0.04 - 2 * 0.01 - 2 * 0.018}{2 - 1} = 0.414 \text{ CUMPLE}$$



Gráfica 3.9 Diseño momento curvatura

Cantidad de acero

$$As_1 = 6 * \frac{0.018^2 * \pi}{4} = 15.27E - 4 m^2 = 15.27 cm^2$$

$$As_2 = 6 * \frac{0.018^2 * \pi}{4} = 15.27E - 4 m^2 = 15.27 cm^2$$

Peraltes

$$d_1 = Re c + \phi_{est} + \frac{\phi_{long}}{2} = 0.04 + 0.01 + \frac{0.018}{2} = 0.059 m$$

$$d_2 = h - Re c - \phi_{est} - \frac{\phi_{long}}{2} = 0.55 - 0.04 - 0.01 - \frac{0.018}{2} = 0.491m$$

Asumimos distancia al eje neutral ($c=0.3*d_2$)

$$c = 0.3 * d_2 = 0.3 * 0.491 = 0.1473$$

$$a = 0.85 * c = 0.85 * 0.1473 = 0.12521$$

Cálculo de la fuerza de compresión en el hormigón:

$$Cc = 0.85 * f_c * a * b = 0.85 * 21000 * 0.12521 * 0.55 = 1229.20$$



Cálculo de deformaciones unitarias:

$$Es_1 = 0.003 * \left(\frac{c - d_1}{c} \right) = 0.003 * \left(\frac{0.1473 - 0.059}{0.1473} \right) = 0.001798$$

$$Es_2 = 0.003 * \left(\frac{d_2}{c} - 1 \right) = 0.003 * \left(\frac{0.491}{0.1473} - 1 \right) = 0.007$$

Calculo de esfuerzos en el acero:

$$Es_1 < Ey$$

$$0.001798 < 0.002$$

$$fs_1 = E_{ac} * Es_1 = 200000000 * 0.001798 = 359600$$

$$Es_2 > Ey$$

$$0.007 < 0.002$$

$$fs_2 = Fy = 420000$$

Cálculo de las fuerzas de compresión en el acero:

$$P_1 = fs_1 * As_1 = 359600 * 15.27E - 4 = 549.11KN$$

$$P_2 = fs_2 * As_2 = 420000 * 15.27E - 4 = 641.34KN$$

Cálculo de la carga axial nominal:

$$P_n = \phi * Pu = 0.9 * 397.92 = 358.13KN$$

Chequeo de equilibrio:

$$Error = P_2 + P_n - P_1 - Cc = 641.34 + 358.13 - 549.11 - 1229.30 = -778.94NOCUMPLE$$

No cumple reducimos c y realizamos otra iteración, y así hasta que se cumpla el equilibrio con un error permisible de 4, tenemos:

Tabla 3. 32 Iteraciones de equilibrio

Iter	c	Cc	P1	P2	Pn	Error
1	0.1473	1229.20	549.16	641.26	341.33	-795.76
2	0.14	1168.28	530.02	641.26	341.33	-715.71
3	0.12	1001.39	465.68	641.26	341.33	-484.47
4	0.10	834.49	375.59	641.26	341.33	-227.49
5	0.09	751.04	315.54	641.26	341.33	-83.99
6	0.085	709.31	280.22	641.26	341.33	-6.94
7	0.0846	705.97	277.21	641.26	341.33	-0.59

Cálculo del momento flector nominal:

$$M_n = MCc + MP_1 + MP_2 = 59.73 + 13.48 + 260.61 = 333.82$$

Momento ultimo Mu:

$$Mu = \phi * M_n = 0.9 * 333.82 = 300.44$$

Convergencia de momentos (tolerancia 1):

$$Error = |Mu - Mu'| = |138.22 - 300.44| = -162 \quad NO \ CUMPLE$$

Al no cumplir la tolerancia aumentamos la cantidad de varillas y realizamos el procedimiento especificado anteriormente hasta cumplir con los limitantes.



Luego de realizar los cálculos nos da un momento último de:

$$Mu = \varphi * M_n = 0.9 * 154.45 = 139$$

Convergencia de momentos (tolerancia = 1):

$$Error = |Mu - Mu| = |138.22 - 139| = -0.785 \quad CUMPLE$$

Calculo de la cuantía

$$\rho_{min} = 0.01$$

$$\rho_{axn} = 0.06$$

$$\rho = \frac{As}{Ag} = \frac{12 * \frac{0.018^2 * \Pi}{4}}{0.55 * 0.55} = 0.010$$

Como la $\rho_{axn} > \rho > \rho_{min}$, entonces se adopta la cuantía mínima $\rho = 0.01$.

$$As = \rho * Ag = 0.01 * 0.55 * 0.55 = 0.0030m^2 = 30.25cm^2$$

Cuantía en columnas (%)

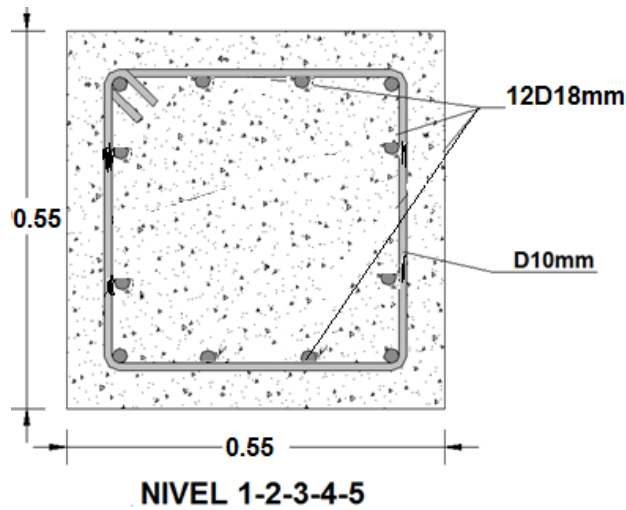
Tabla 3. 33 Cuantía de Columnas (%)

Nivel	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col5
5	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1

Resumen de Reforzamiento en Columnas (cm²)

Tabla 3. 34 Secciones de Refuerzo en Columnas (cm²)

Nivel	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col5
5	30.25	30.25	30.25	30.25	30.25
4	30.25	30.25	30.25	30.25	30.25
3	30.25	30.25	30.25	30.25	30.25
2	30.25	30.25	30.25	30.25	30.25
1	30.25	30.25	30.25	30.25	30.25



Grafica 3.10 Sección columnas pórtico con diseño sismoresistente.

Refuerzo transversal:

$$L = 2.7$$

Re fuerza(lo)(21.4.4.4)COLUMNAS :

$$l_o = L / 6 = 2.7 / 6 = 0.45m$$

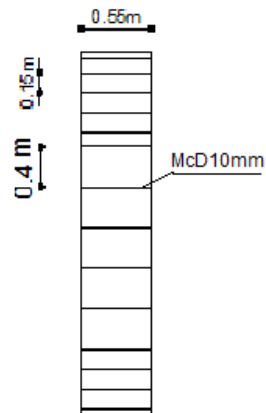
$$l_o = \text{Mayor dim ención de la sección} = 0.55m$$

$$l_o = 450mm$$

$$\text{Se escoje el mayor} = l_o = 0.55m$$

$$S_o = d / 4 = 0.55 / 4 = 0.1375m = 0.15m$$

$$S = 0.75h = 0.75 * 0.55 = 0.40$$



REFUERZO TRANSVERSAL
COLUMNA PORTICO 5
PISOS CON DISEÑO SISMO
RESISTENTE.



Determinadas las secciones y cantidades de acero, se procede a analizar en el programa SeismoStruct y construir el modelo en el lenguaje tcl, para ser luego ejecutado en el programa OpenSees y realizar el análisis ITHA.

3.4 Procedimiento de ejecución en SeismoStruct para el análisis ITHA.

Propiedades dadas de los materiales, parámetros para concreto no confinado, confinado y acero de refuerzo (ANEXO 1).

EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS ITHA EN EL PROGRAMA SEISMOSTRUCT.

1) Tipo de Análisis: Dynamic time-history analysis

2) Selección de unidades: m y KN
Esto se lo puede hacer por medio del ícono setting y se debe revisar lo siguiente:

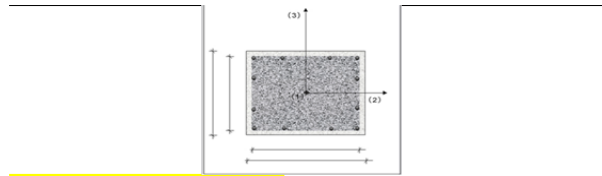


3) Introducir los datos de la estructura a analizar

Materials			
ACERO			
Material Name:	ACERO		
Material Type:	stl_bl		
Modulus of Elasticity (Es):	200000000	Kpa	
Yield Strength (fye):	462000	Kpa	
Strain Hardening Parameter (u):	0.00827618	(-)	
Specific Weigth :	78	KN/m3	
Collapse Strain:	0.1	m/m	
CONCRETO NO CONFINADO			
Material Name:	CONCRETO		
Material Type:	con_cc		
Compressive Strength (fce):	27300	Kpa	
Tensile Strength:	2730	Kpa	
Strain at peak stress (ecc):	0.002	m/m	
Confinement Factor:	1.02	(-)	
Specific Weigth :	24	KN/m3	
Collapse Strain:	0.004	m/m	
CONCRETO CONFINADO			
Material Name:	CONCRETO		
q	con_cc		
Compressive Strength (fce):	27300	Kpa	
Tensile Strength:	2730	Kpa	
Strain at peak stress (ecc):	0.005241633	m/m	
Confinement Factor (r):	1.390510466	(-)	
Specific Weigth :	24	KN/m3	
Collapse Strain:	0.016219625	m/m	



“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”



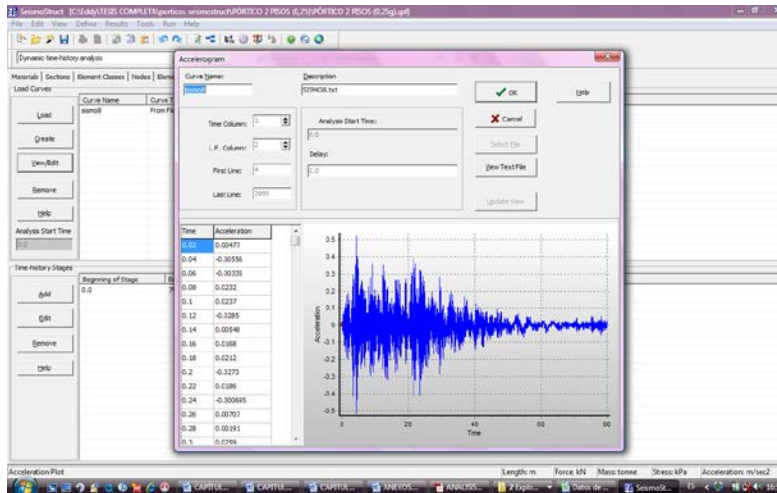
Sections		
COLUMNAS		
Section Name:	COLUMNA	
Section Type:	rcrs	
SECTION MATERIAL(S)		
Reinforcement:	Acero	
Section Core:	Concreto confinado	
Concrete Cover:	Concreto	
SECTION DIMENSIONS (m)		
Section Height:	0.55	m
Stirrup Height:	0.5	m
Section Width:	0.55	m
Stirrup Height:	0.5	m
REINFORCEMENT BARS		
Area :	0.00049087	m2
d3 (m):	0.241	m
d2 (m):	0.241	m

VIGAS		
Section Name:	VIGA	
Section Type:	rcars	
SECTION MATERIAL(S)		
Reinforcement:	Acero	
Section Core:	Concreto confinado	
Concrete Cover:	Concreto	
SECTION DIMENSIONS (m)		
Section Height:	0.5	m
Stirrup Height:	0.45	m
Section Width:	0.4	m
Stirrup Height:	0.35	m
REINFORCEMENT BARS		
Area :	0.00049087	m2
d3:	0.2175	m
d2:	0.1675	m

Element Classes		
BEAM - COLUMN ELEMENT TYPES		
infrm		
Element Class	Section name	Section Fibres
COL	COLUMNA	200
VIG	VIGA	200
infill		
Element Class:	PANEL	
Element Type:	infill	
CURVE TYPES		
Strut Curve:	inf-strut	
Initial Young Modulus (Em):	14192	Kpa
Compressive Strength (fm):	14.19	Kpa
Tensile strength (ft):	0.575	
Strain at maximum stress (em):	0.0012	mm/mm
Ultimate strain (eult):	0.024	mm/mm
Closing strain (ec1):	0.003	mm/mm
Strut area reduction strain (e1):	0.0003	
Residual strut area strain (e2):	0.0006	
Starting unloading stiffness factor (yun):	1.7	
Strain reloading factor (are):	0.2	
Shear Curve:	inf-shear	
Shear bond strength (fop):	0.3	
Fricction Coeficiente (μ):	0.7	
Maximum Shear Strength (fmax):	1	
Reduction Shear Factor (as):	1.5	

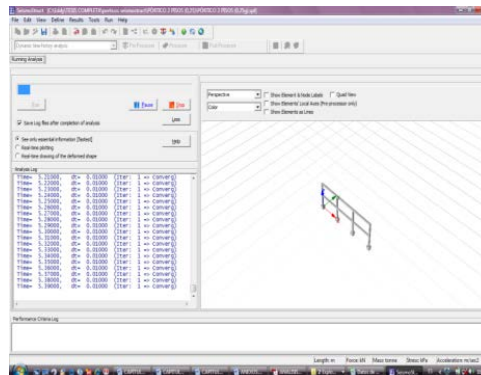


4.- Se introduce un acelerograma en formato txt escalado de acuerdo al espectro de diseño:



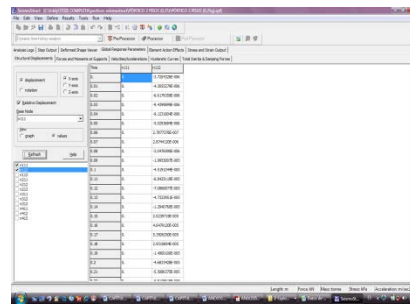
Gráfica 3.11 Acelerograma en SeismoStruct.

5.- Se procesan los datos para obtener los desplazamientos en el último piso y en cada nivel del pórtico:



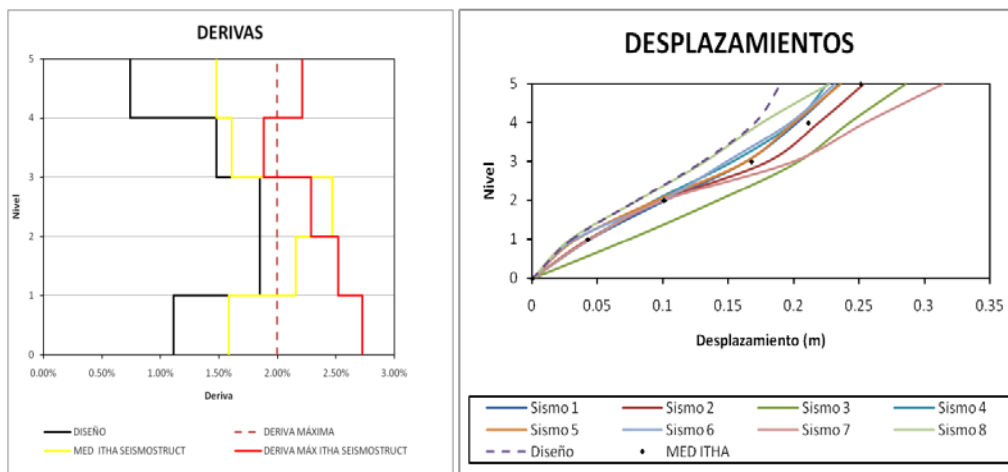
Gráfica 3.12 Procesando datos SeismoStruct.

6.- Los resultados se presentan en el Post-processor : Global Response parameters.



Gráfica 3.13 Resultados de desplazamientos en SeismoStruct.

Se analizó el pórtico para 8 sismos que dieron como resultado los siguientes desplazamientos y derivas:

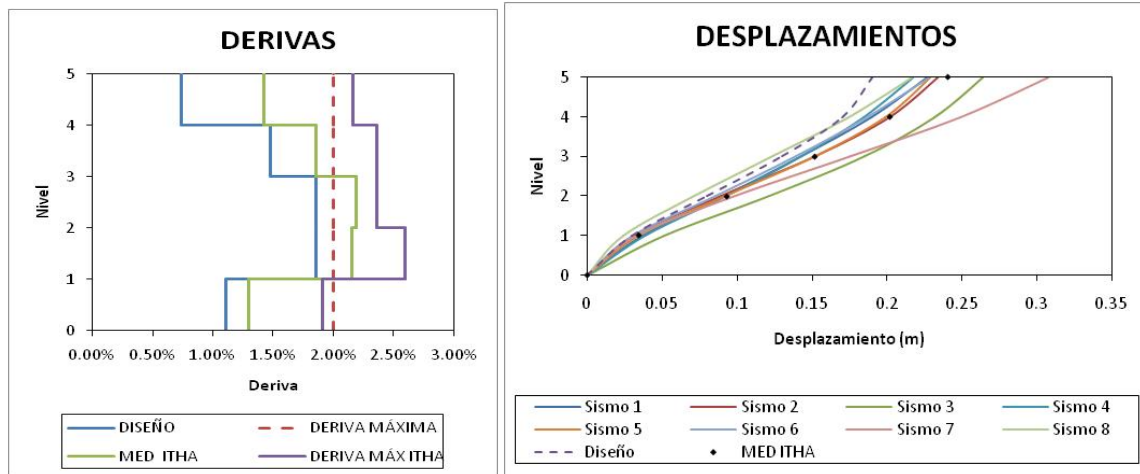


Gráfica 3.14 Desplazamientos y Derivas SeismoStruct.

3.5 Procedimiento de ejecución en OPENSEES para el análisis ITHA (ANEXO 2).

Para la ejecución del ITHA, se lo hace a partir del archivo de entada (INPUTDATA ITHA) y el archivo para su ejecución (Anexo 3).

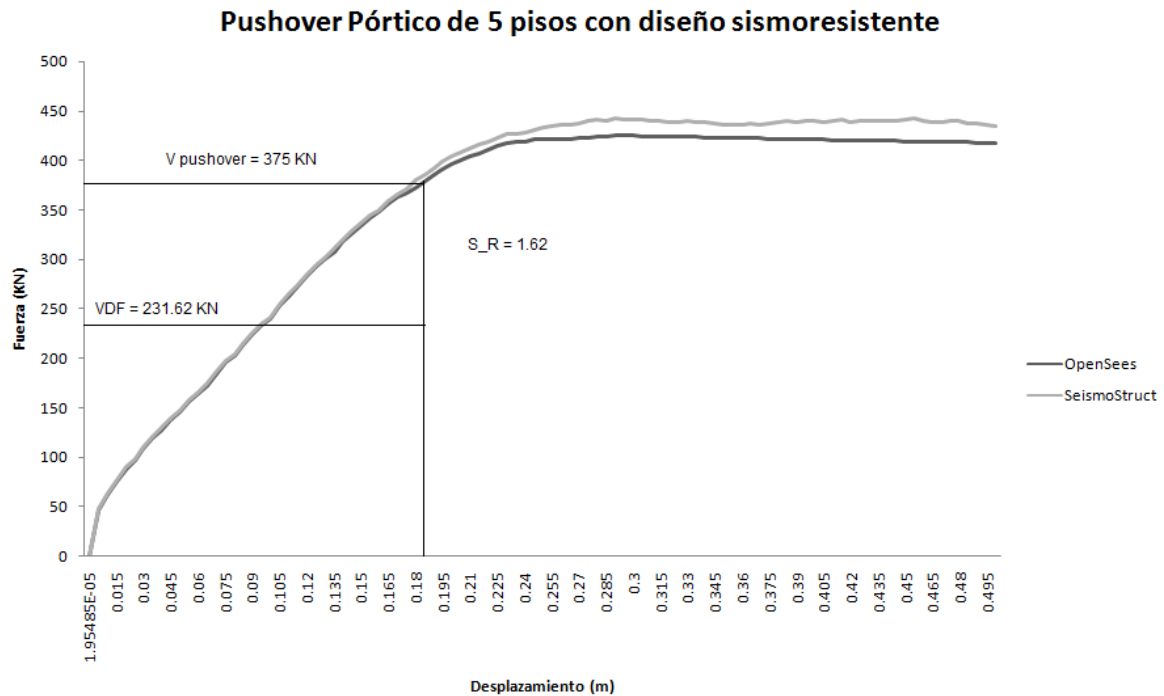
Las derivas y desplazamientos obtenidos en OPENSEES son:



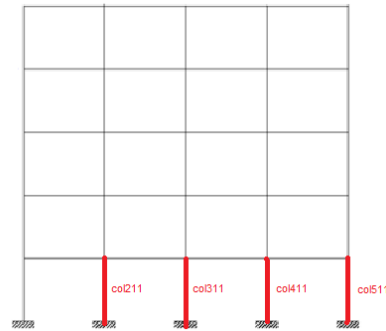
Gráfica 3.15 Desplazamientos y Derivas OPENSEES.

Se realizó un análisis pushover en el programa SeismoStruct y OpenSees; El archivo tcl para el análisis en OpenSees se presenta en el Anexo 8.

$$F_1 = 15.42; F_2 = 30.82; F_3 = 46.26; F_4 = 61.68; F_5 = 77.42$$



Gráfica 3.16 Pushover pórico con diseño sismoresistente



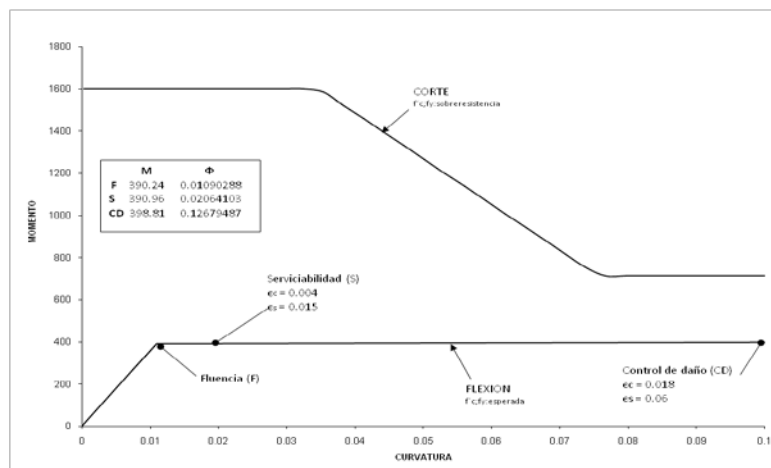
Gráfica 3.17 Fluencia de elementos estructurales.

Se determino el desempeño de la columna 511 como punto más crítico de la estructura:

Se calculo la carga axial sobre la columna, su geometría y armado.
 $W=1390.31\text{KN}; b=0.55\text{m}; h=0.55; H=2.7\text{m}; f_y = 420000 \text{ KN/m}^2; f'_c = 240 \text{ KN/m}^2$.

De acuerdo a las cuantías de acero se realizo el diagrama momento curvatura utilizando el programa USC_RC. Al realizar el diagrama momento curvatura se reemplazo por un diagrama bilineal utilizando el concepto de áreas iguales.

El estado limite de serviciabilidad esta dado por una deformación del hormigón $\epsilon_c = 0.004$ o por una deformación del acero $\epsilon_s = 0.015$. El estado de control de daño esta dado por una deformación del hormigón $\epsilon_c = 0.018$ o por una deformación del acero $\epsilon_s = 0.06$ (Gráfica 3.18).



Gráfica 3.18 Evaluación del desempeño pórtico con diseño sismoresistente.



3.6. DATOS GENERALES DE DISEÑO PÓRTICO 5 PISOS SIN DISEÑO SISMORESISTENTE (tabla 3.35)

Secciones : $f'c = 21000KN / m^2$, $f'y = 420000KN / m^2$, $WH^\circ A = 24KN / m^3$.

COLUMNA : $b = 0.40m$, $h = 0.40m$, $L = 6m$, $Hpiso = 2.7m$, $elosa = 0.20m$, $Wls = 3KN / m^2$,
 $Wv = 1KN / m^2$, $Wpared = 3KN / m^2$, $CM = 7KN / m^2$, $CV = 2KN / m^2$.
 $L^2 = 36m^2$.

$WD = (b * h * Hpiso * WH^\circ A) + (CM * Alosa) = 262.37KN$.

$WL = CV * Alosa = 72KN$.

$Pu = 1.2WD + 1WL = 386.84KN$

$Pc = 0.2f'c * b * h = 672KN$ (ACI11.9.3.2.1)

$Pu < Pc$; Cumple

VIGAS : $f = 1.5$; $\phi_y = 0.9$;

$\rho = 2\%$;

$qu = 1.2CM + 1CV = 10.4KN / m^2$

$Wu = qu * L = 62.4$

$Mu_1 = \frac{Wu * Ln^2}{10} = 195.68KNm$ (ACI8.3.3)

$Mu_2 = \frac{Wu * Ln^2}{11} = 177.89KNm$ (ACI8.3.3)

$Ms_1 = f * Mu_1 = 293.52KNm$

$Ms_2 = f * Mu_2 = 266.84KNm$

$Md_1 = Ms_1 + Mu_1 = 489.2KNm$.

$Md_2 = Ms_2 + Mu_2 = 444.73KNm$.

$0.85f'c = 17850KN / m^2$

$\frac{Md_1}{\phi_y} = 543.56KNm$.

sección : $b = 0.4$; $d = 0.5$

$Mn = \rho b d^2 f_y (1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'c}) = 641.76KNm$

$\frac{Md_1}{\phi_y} < Mn$; cumple.

$\frac{Md_2}{\phi_y} = 567.27KNm$.

sección : $b = 0.4$; $d = 0.45$

(Momento No minimal) $Mn = \rho b d^2 f_y (1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'c}) = 519.83KNm$

$\frac{Md_2}{\phi_y} = 494.14 < Mn$; cumple.



UNIDADES					
KN, m					
#Pisos	# Claros				
5	4				
Geometría					
HPiso	Bviga	Hviga	BCol	HCol	LClaros
2.7	0.40	0.45	0.40	0.40	6
Propiedad de Materiales					
f'c	Wc	fy	Es		
21000	24	420000	200000000		
Cargas					
Muerta	Viva				
7	2				
Viga					
RecLib	ØLong	ØEst			
0.04	0.018	0.01			
Columna					
RecLib	ØLong	ØEst			
0.04	0.018	0.01			

Tabla 3.35 Datos generales pórtico sin diseño sismoresistente.

Análisis Elástico en el programa computacional ETABS:

Combinaciones de carga:

- Comb1:** $u=1.4D,$
- Comb2:** $u=1.2D + 2.1L,$
- Comb3:** $u=1.2D + 2.6L,$
- Comb4:** $u=1.2D + 1.5L,$
- Comb5:** $u=1.2D + 1.0L,$
- Comb6:** $u=0.9D.$

- Carga Viva

Tabla 3. 36 Cortantes Vigas Carga Viva

Nivel	Viga 1		Viga 2		Viga 3		Viga 4	
5	-32.42	34.78	-33.63	33.57	-33.57	33.63	-34.78	32.42
4	-33.55	33.65	-32.64	32.76	-32.76	32.64	-33.65	33.55
3	-33.3	33.9	-33.62	33.58	-33.58	33.62	-33.9	33.3
2	-33.23	33.97	-33.59	33.61	-33.61	33.59	-33.97	33.23
1	-33	34.2	-33.62	33.58	-33.58	33.62	-34.2	33

Tabla 3. 37 Momentos Vigas Carga Viva

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-



5	24.08	19.67	30.67	29.14	17.97	29	29	17.97	29.14	30.67	19.67	24.08
4	28.24	18.43	28.97	28.87	18.04	29.13	29.13	18.04	28.87	28.97	18.43	28.24
3	27.53	18.68	29.19	29.12	17.98	29.01	29.01	17.98	29.12	29.19	18.68	27.53
2	27.39	18.61	29.47	29.01	18.01	29.06	29.06	18.01	29.01	29.47	18.61	27.39
1	26.57	18.79	29.92	29.13	17.97	28.99	28.99	17.97	29.13	29.92	18.79	26.57

Tabla 3. 38 Cortantes Columnas Carga Viva

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-18.76	-18.76	1.04	1.04	0	0	-1.04	-1.04	18.76	18.76
4	-11.99	-11.99	-0.44	-0.44	0	0	0.44	0.44	11.99	11.99
3	-12.74	-12.74	0.18	0.18	0	0	-0.18	-0.18	12.74	12.74
2	-13.33	-13.33	0.44	0.44	0	0	-0.44	-0.44	13.33	13.33
1	-8.19	-8.19	0.02	0.02	0	0	-0.02	-0.02	8.19	8.19

Tabla 3. 39 Momentos Columnas Carga Viva

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-19.84	23.30	1.05	-1.34	0	0	-1.05	1.34	19.84	-23.30
4	-17.04	10.55	-0.27	0.74	0	0	0.27	-0.74	17.04	-10.55
3	-17.01	12.01	0.09	-0.32	0	0	-0.09	0.32	17.01	-12.01
2	-18.72	11.94	0.75	-0.27	0	0	-0.75	0.27	18.72	-11.94
1	-7.41	11.42	-0.09	-0.15	0	0	0.09	0.15	7.41	-11.42

- Carga Muerta

Tabla 3. 40 Cortantes Vigas Carga Muerta

Nivel	Viga 1		Viga 2		Viga 3		Viga 4	
5	-92.2	97.2	-94.7	94.74	-94.74	94.7	-97.2	92.2
4	-143.9	146.34	-145.01	145.22	-145.22	145.01	-146.34	143.9
3	-143.74	146.49	-145.16	145.07	-145.07	145.16	-146.49	143.74
2	-143.45	146.78	-145.09	145.14	-145.14	145.09	-146.78	143.45
1	-142.49	147.74	-145.22	145.01	-145.01	145.22	-147.74	142.49

Tabla 3. 41 Momentos Vigas Carga Muerta

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	70.70	54.86	84.78	81.81	50.74	81.92	81.92	50.74	81.81	84.78	54.86	70.70
4	119.44	80.31	126.27	125.05	77.83	125.62	125.62	77.83	125.05	126.27	80.31	119.44
3	118.75	80.56	126.46	125.62	77.68	125.35	125.35	77.68	125.62	126.46	80.56	118.75
2	118.11	80.39	127.44	125.35	77.75	125.48	125.48	77.75	125.35	127.44	80.39	118.11
1	114.64	81.16	129.36	125.82	77.63	125.25	125.25	77.63	125.82	129.36	81.16	114.64

Tabla 3. 42 Cortantes Columnas Carga Muerta

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-61.38	-61.38	2.28	2.28	0	0	-2.28	-2.28	61.38	61.38
4	-54.71	-54.71	-0.37	-0.37	0	0	0.37	0.37	54.71	54.71
3	-54.59	-54.59	0.41	0.41	0	0	-0.41	-0.41	54.59	54.59



2	-57.56	-57.56	2.07	2.07	0	0	-2.07	-2.07	57.56	57.56
1	-35.32	-35.32	0.11	0.11	0	0	-0.11	-0.11	35.32	35.32

Tabla 3. 43 Momentos Columnas Vigas Carga Muerta

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-75.91	65.27	2.68	-2.57	0	0	2.57	-2.68	75.91	-65.27
4	-74.37	51.47	0.20	1.05	0	0	-1.05	-0.20	74.37	-51.47
3	-73.22	52.33	0.21	-0.74	0	0	0.74	-0.21	73.22	-52.33
2	-80.79	51.59	3.37	-1.39	0	0	1.39	-3.37	80.79	-51.59
1	-31.97	49.25	-0.38	-0.63	0	0	0.63	0.38	31.97	-49.25

Combinaciones de Carga

Se presentan los resultados obtenidos de las combinaciones de carga de los momentos en vigas y columnas que conforman la estructura.

- Combinación 1.4 CM (Combo1)

Tabla 3. 44 Momentos Vigas Combo 1

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	98.98	76.80	118.69	114.53	71.04	114.68	114.68	71.04	114.53	118.69	76.80	98.98
4	167.22	112.43	176.78	175.97	108.96	175.87	175.87	108.96	175.97	176.78	112.43	167.22
3	166.25	112.79	177.04	175.86	108.75	175.50	175.50	108.75	175.86	177.04	112.79	166.25
2	165.35	112.55	178.42	175.49	108.85	175.66	175.66	108.85	175.49	178.42	112.55	165.35
1	160.49	113.63	181.10	176.15	108.68	175.34	175.34	108.68	176.15	181.10	113.63	160.49

Tabla 3. 45 Momentos Columnas Combo 1

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-106.27	91.37	3.75	-3.59	0	0	-4.60	2.69	106.27	-91.37
4	-104.12	72.05	0.28	1.5	0	0	2.16	-4.25	104.12	-72.05
3	-102.5	73.25	0.29	-1.04	0	0	1.41	0.39	102.5	-73.25
2	-113.12	72.22	4.72	-1.95	0	0	-3.99	0.95	113.12	-72.22
1	-44.77	68.95	-0.53	-0.88	0	0	2.16	-0.55	44.77	-68.95

- Combinación 1.2 CM + 2.1 CV (Combo2)

Tabla 3. 46 Momentos Vigas Combo 2

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	135.42	107.13	166.14	159.37	98.62	159.20	159.20	98.62	159.37	166.14	107.13	135.42
4	202.65	135.08	212.35	210.68	131.28	211.92	211.92	131.28	210.68	212.35	135.08	202.65
3	200.32	135.90	213.04	211.89	130.96	211.34	211.34	130.96	211.89	213.04	135.90	200.32
2	199.26	135.55	214.81	211.33	131.12	211.60	211.60	131.12	211.33	214.81	135.55	199.26
1	193.37	136.86	218.07	212.16	130.90	211.19	211.19	130.90	212.16	218.07	136.86	193.37

Tabla 3. 47 Momentos Columnas Combo 2

Nivel	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5
-------	-------	-------	-------	-------	-------



5	-132.74	127.26	5.42	-5.89	0	0	-5.42	5.89	132.74	-127.26
4	-125.03	83.91	-0.33	2.81	0	0	0.33	-2.81	125.03	-83.91
3	-123.59	88.62	0.44	-1.56	0	0	-0.44	1.56	123.59	-88.62
2	-136.27	86.98	5.63	-2.23	0	0	-5.63	2.23	136.27	-86.98
1	-53.94	83.07	-0.64	-1.06	0	0	0.64	1.06	53.94	-83.07

- **Combinación 1.2 CM + 2.6 CV (Combo 3)**

Tabla 3. 48 Momentos Vigas Combo 3

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	147.46	116.96	181.47	173.94	107.61	173.70	173.70	107.61	173.94	181.47	116.96	147.46
4	216.77	144.29	226.84	225.11	140.3	226.49	226.49	140.3	225.11	226.84	144.29	216.77
3	214.08	145.24	227.63	226.46	139.95	225.85	225.85	139.95	226.46	227.63	145.24	214.08
2	212.96	144.85	229.54	225.83	140.12	226.13	226.13	140.12	225.83	229.54	144.85	212.96
1	206.65	146.26	233.03	226.73	139.89	225.69	225.69	139.89	226.73	233.03	146.26	206.65

Tabla 3. 49 Momentos Columnas Combo 3

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-142.66	138.91	5.94	-6.56	0	0	-5.94	6.56	142.66	-138.91
4	-133.55	89.18	-0.47	3.18	0	0	0.47	-3.18	133.55	-89.18
3	-132.09	94.76	0.48	-1.72	0	0	-0.48	1.72	132.09	-94.76
2	-145.63	92.95	6.00	-2.37	0	0	-6.00	2.37	145.63	-92.95
1	-57.64	88.78	-0.69	-1.13	0	0	0.69	1.13	57.64	-88.78

- **Combinación 1.2 CM + 1.5CV (Combo 4)**

Tabla 3. 50 Momentos Vigas Combo 4

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	120.97	95.33	147.74	141.89	87.84	141.80	141.80	87.84	141.89	147.74	95.33	120.97
4	185.69	124.02	194.97	193.36	120.45	194.44	194.44	120.45	193.36	194.97	124.02	185.69
3	183.79	124.69	195.53	194.42	120.18	193.94	193.94	120.18	194.42	195.53	124.69	183.79
2	182.83	124.38	197.13	193.93	120.31	194.16	194.16	120.31	193.93	197.13	124.38	182.83
1	177.43	125.59	200.12	194.68	120.12	193.79	193.79	120.12	194.68	200.12	125.59	177.43

Tabla 3. 51 Momentos Columnas Combo 4

Nivel	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5
-------	-------	-------	-------	-------	-------



5	-120.84	113.28	4.79	-5.09	0	0	-4.79	5.09	120.84	-113.28
4	-133.55	89.18	-0.17	2.36	0	0	0.17	-2.36	133.55	-89.18
3	-113.38	81.24	0.38	-1.37	0	0	-0.38	1.37	113.38	-81.24
2	-125.04	79.82	5.18	-2.07	0	0	-5.18	2.07	125.04	-79.82
1	-49.49	76.23	-0.59	-0.97	0	0	0.59	0.97	49.49	-76.23

- Combinación 1.2 CM + 1.0CV (Combo 5)

Tabla 3. 52 Momentos Vigas Combo 5

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	108.93	85.49	132.41	127.31	78.86	127.30	127.30	78.86	127.31	132.41	85.49	108.93
4	171.58	114.80	180.49	178.93	111.43	179.88	179.88	111.43	178.93	180.49	114.80	171.58
3	170.03	115.35	180.93	179.86	111.19	179.43	179.43	111.19	179.86	180.93	115.35	170.03
2	169.13	115.08	182.39	179.42	111.31	179.63	179.63	111.31	179.42	182.39	115.08	169.13
1	164.14	116.19	185.15	180.12	111.13	179.29	179.29	111.13	180.12	185.15	116.19	164.14

Tabla 3. 53 Momentos Columnas Combo 5

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-110.92	101.63	4.26	-4.42	0	0	-4.26	4.42	110.92	-101.63
4	-106.29	72.31	-0.03	1.99	0	0	0.03	-1.99	106.29	-72.31
3	-104.88	75.09	0.34	-1.21	0	0	-0.34	1.21	104.88	-75.09
2	-115.68	73.85	4.79	-1.94	0	0	-4.79	1.94	115.68	-73.85
1	-45.78	70.52	-0.55	-0.89	0	0	0.55	0.89	45.78	-70.52

- Combinación 0.9 CM (Combo 6)

Tabla 3. 54 Momentos Vigas Combo 6

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	63.63	49.37	76.31	73.63	45.67	73.73	73.73	45.67	73.63	76.31	49.37	63.63
4	107.49	72.28	113.64	112.54	70.04	113.06	113.06	70.04	112.54	113.64	72.28	107.49
3	106.87	72.51	113.81	113.06	69.91	112.82	112.82	69.91	113.06	113.81	72.51	106.87
2	106.29	72.35	114.69	112.81	69.98	112.93	112.93	69.98	112.81	114.69	72.35	106.29
1	103.18	73.05	116.42	113.24	69.87	112.72	112.72	69.87	113.24	116.42	73.05	103.18



Tabla 3. 55 Momentos Columnas Combo 6

Nivel	Col 1		Col 2		Col 3		Col 4		Col 5	
5	-68.32	58.74	2.41	-2.31	0	0	-2.41	2.31	68.32	-58.74
4	-66.94	46.32	0.18	0.95	0	0	-0.18	-0.95	66.94	-46.32
3	-65.90	47.09	0.19	-0.67	0	0	-0.19	0.67	65.90	-47.09
2	-72.72	46.43	3.04	-1.25	0	0	-3.04	1.25	72.72	-46.43
1	-28.78	44.33	-0.34	-0.56	0	0	0.34	0.56	28.78	-44.33

Envolvente (Momentos de Diseño)

- Momentos de Diseño Vigas

Tabla 3. 56 Envolvente Momentos Vigas

Nivel	Viga 1			Viga 2			Viga 3			Viga 4		
	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
5	181.47	116.96	181.47	173.94	107.61	173.94	173.94	107.61	173.94	181.47	116.96	181.47
4	226.84	144.29	226.84	226.49	140.30	226.49	226.49	140.30	226.49	226.84	144.29	226.84
3	227.63	145.24	227.63	226.46	139.95	226.46	226.46	139.95	226.46	227.63	145.24	227.63
2	229.54	144.85	229.54	226.13	140.12	226.13	226.13	140.12	226.13	229.54	144.85	229.54
1	233.03	146.26	233.03	226.73	139.89	226.73	226.73	139.89	226.73	233.03	146.26	233.03

- Momentos de Diseño Columnas

Tabla 3. 57 Envolvente Momentos Columnas

Nivel	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5
5	142.66	6.56	0	6.56	142.66
4	133.55	3.18	0	3.18	133.55
3	132.09	1.72	0	1.72	132.09
2	145.63	6.00	0	6.00	145.63
1	88.72	1.13	0	1.13	88.72

Cantidades de refuerzo

Se procede a calcular los aceros en vigas y columnas con los requerimientos expuestos en ACI:

- Reforzamiento en Vigas

Refuerzo momento negativo

Datos:

Mu 181.47

Si se supone que el acero de tracción se encuentra en fluencia, se puede utilizar la siguiente expresión para calcular la armadura requerida para resistir el momento flector solicitante:



$$A_s = \frac{0.85 f'c \cdot b \cdot d}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0.85 \phi \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}} \right]$$

Desarrollo:

$$d = h - Rec - \phi_{est} - \frac{\phi_{long}}{2} = 0.45 - 0.04 - 0.01 - \frac{0.018}{2} = 0.391$$

El acero de tracción requerido es:

$$A_s = \frac{0.85 * 21000 * 0.4 * 0.391}{420000} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 181.47}{0.85 * 0.9 * 21000 * 0.4 * 0.391^2}} \right] = 13.69E - 4 m^2$$

Cuantía de armado:

$$\rho = \frac{A_s}{b * d} = \frac{13.69E - 4}{0.4 * 0.391} = 8.75E - 3 \text{ Acero de tracción requerido:}$$

Cuantía balanceada de la sección:

$$\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'c}{F_y} \frac{0.003}{\frac{F_y}{E_c} + 0.003}$$

$$\rho_b = 0.85 * 0.85 * \frac{21000}{420000} * \frac{0.003}{\frac{420000}{200000000} + 0.003} = 0.02125$$

Cuantía máxima permisible:

$$\rho_{max} = 0.75 * \rho_b = 0.75 * 0.02125 = 0.01594$$

Cuantía mínima 1:

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4F_y} = \frac{\sqrt{21}}{4(420)} = 0.00273$$

Cuantía mínima 2:

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{F_y} = \frac{1.4}{420} = 0.00333$$

Cantidad de acero por cuantía mínima:

$$A_{s_{min1}} = \rho_{min} b * d = 0.00333 * 0.3 * 0.371 = 3.7063E - 4 m^2$$

Cantidad de acero mínima por armado para la sección es:

$$A_{s_{min2}} = 2 * \frac{0.01^2 * \pi}{4} = 1.57079E - 4 m^2 = 1.57079 cm^2$$

Dado que la cuantía de armado calculada (0.00875) es mayor que la cuantía mínima (0.0033) y menor que la máxima, entonces tenemos:



$$A_{s1} = 0.00875 * 0.4 * 0.391 = 0.001369 \text{ m}^2 = 13.69 \text{ cm}^2$$

Refuerzo momento positivo

Datos:

Mu 116.96

Desarrollo:

$$d = h - Re c - \phi_{est} - \frac{\phi_{long}}{2} = 0.45 - 0.04 - 0.01 - \frac{0.018}{2} = 0.391$$

El acero de tracción requerido es:

$$A_s = \frac{0.85 * 21000 * 0.40 * 0.391}{420000} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 116.96}{0.85 * 0.9 * 21000 * 0.40 * 0.391^2}} \right] = 0.000845 \text{ m}^2$$

Cuantía de armado:

$$\rho = \frac{A_s}{b * d} = \frac{8.45E - 4}{0.4 * 0.391} = 5.403E - 3$$

Cuantía balanceada de sección:

$$\rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{F_y} \frac{0.003}{\frac{F_y}{E_c} + 0.003}$$

$$\rho_b = 0.85 * 0.85 * \frac{21000}{420000} * \frac{0.003}{\frac{420000}{2000000000} + 0.003} = 0.02125$$

Cuantía máxima permisible:

$$\rho_{max} = 0.75 * \rho_b = 0.75 * 0.02125 = 0.01594$$

Cuantía mínima 1:

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4F_y} = \frac{\sqrt{21}}{4(420)} = 0.00273$$

Cuantía mínima 2:

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{F_y} = \frac{1.4}{420} = 0.00333$$

Dado que la cuantía de armado calculada (0.00540) es mayor que la cuantía mínima (0.0033) y menor que la máxima (0.01594) tenemos:

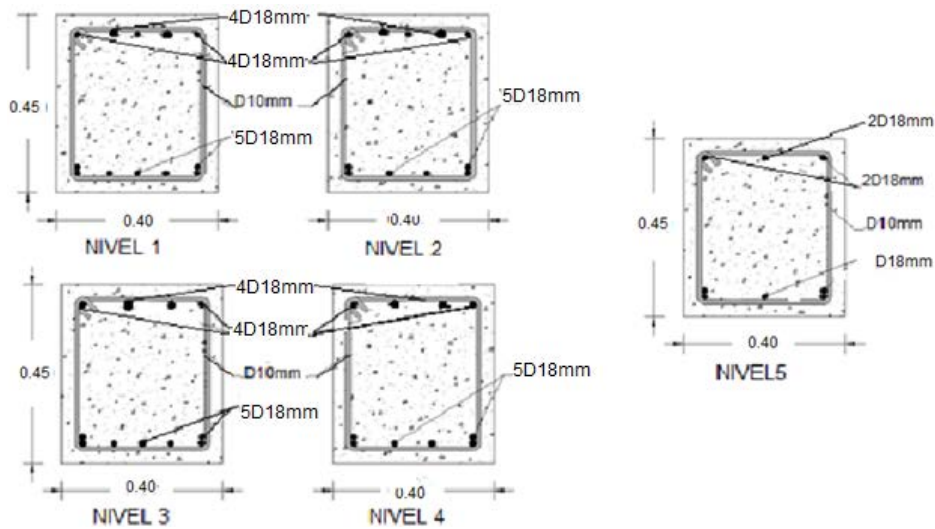
$$A_{s1} = 0.00540 * 0.4 * 0.391 = 0.000845 \text{ m}^2 = 8.45 \text{ cm}^2$$

Resumen de Reforzamiento en Vigas (cm²)



Tabla 3. 58 Sección de Reforzamiento en Vigas (cm²)

Nivel	Ubicación	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Viga4
5	-	13.69	13.69	13.69	13.69
	+	8.45	8.45	8.45	8.45
4	-	19.89	19.89	19.89	19.89
	+	12.02	11.77	11.77	12.02
3	-	19.96	19.96	19.96	19.96
	+	12.05	11.75	11.75	12.05
2	-	20.12	20.12	20.12	20.12
	+	12.03	11.76	11.76	12.03
1	-	20.42	20.42	20.42	20.42
	+	12.11	11.75	11.75	12.11



Gráfica 3.19 Secciones vigas pòrtico sin diseño sismoresistente.

Refuerzo transversal:

$$L = 6m$$

$$\text{Re fuerza}(lo)\text{VIGAS} : b = 0.40m; h = 0.45m$$

$$lo = 2h = 0.90m$$

$$So = b / 2 = 0.4 / 2 = 0.20m$$

$$s = 0.80 * h = 0.35m$$



REFUERZO TRANSVERSAL PÒRTICO DE 5 PISOS SIN DISEÑO SISMORESISTENTE (VIGA)

- **Reforzamiento en Columnas**



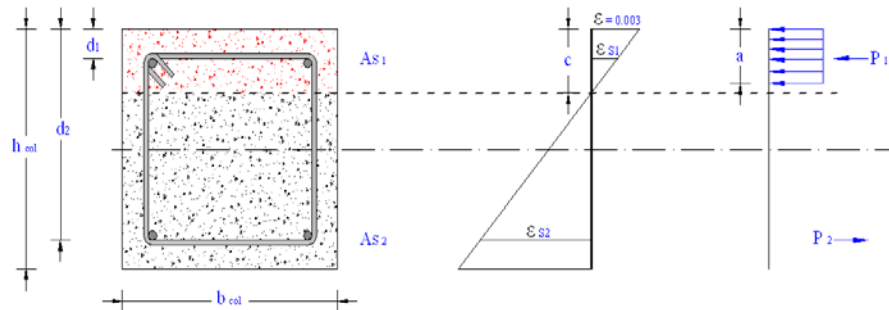
Para determinar el acero en columnas lo realizamos haciendo un análisis momento curvatura, para lo cual se parte de la sección básica de cuatro varillas de armado y determinamos el momento resistente de la columna:

Datos:

Pu	Mu
379.26	142.66

Verificamos espaciamiento mínimo (0.0375 m)

$$Esp_{base} = \frac{b - 2 * Rec - 2 * \phi_{long} - \# varillas * \phi_{long}}{\# varillas - 1} = \frac{0.40 - 2 * 0.04 - 2 * 0.01 - 2 * 0.025}{2 - 1} = 0.26m \quad CUMPLE$$



Grafica 3.20 Diseño momento curvatura

Cantidad de acero

$$As_1 = 2 * \frac{0.018^2 * \pi}{4} = 5.09E - 4 m^2 = 5.09 cm^2$$

$$As_2 = 2 * \frac{0.018^2 * \pi}{4} = 5.09E - 4 m^2 = 5.09 cm^2$$

Peraltes

$$d_1 = Rec + \phi_{est} + \frac{\phi_{long}}{2} = 0.04 + 0.01 + \frac{0.018}{2} = 0.059 m$$

$$d_2 = h - Rec - \phi_{est} - \frac{\phi_{long}}{2} = 0.40 - 0.04 - 0.01 - \frac{0.018}{2} = 0.341m$$

Asumimos distancia al eje neutro ($c=0.3*d_2$)

$$c = 0.3 * d_2 = 0.3 * 0.341 = 0.1023$$

$$a = 0.85 * c = 0.85 * 0.1023 = 0.085955$$

Cálculo de la fuerza de compresión en el hormigón:

$$Cc = 0.85 * f_c * a * b = 0.85 * 21000 * 0.085955 * 0.40 = 620.859$$

Cálculo de deformaciones unitarias:

$$Es_1 = 0.003 * \left(\frac{c - d_1}{c} \right) = 0.003 * \left(\frac{0.1023 - 0.059}{0.1023} \right) = 0.001269$$



$$Es_2 = 0.003 * \left(\frac{d_2}{c} - 1 \right) = 0.003 * \left(\frac{0.341}{0.1023} - 1 \right) = 0.007$$

Calculo de esfuerzos en el acero:

$$Es_1 < Ey$$

$$0.001269 < 0.002$$

$$fs_1 = E_{ac} * Es_1 = 200000000 * 0.001269 = 253800$$

$$Es_2 > Ey$$

$$0.007 > 0.002$$

$$fs_2 = Fy = 420000$$

Cálculo de las fuerzas de compresión en el acero:

$$P_1 = fs_1 * As_1 = 253800 * 5.09E - 4 = 129.18$$

$$P_2 = fs_2 * As_2 = 420000 * 5.09E - 4 = 213.78$$

Cálculo de la carga axial nominal:

$$P_n = \varphi * Pu = 0.9 * 379.26 = 341.33$$

Chequeo de equilibrio:

$$Error = P_2 + P_n - P_1 - Cc = 213.78 + 341.33 - 129.18 - 620.86 = -195.08 \text{ NO CUMPLE}$$

No cumple reducimos c y realizamos otra iteración, y así hasta que se cumpla el equilibrio con un error permisible de 4, tenemos:

Tabla 3. 59 Iteraciones de equilibrio

Iter	c	Cc	P1	P2	Pn	Error
1	0.1023	620.85	129.25	213.75	341.33	-195.02
2	0.10	606.90	125.19	213.75	341.33	-177.01
3	0.095	576.55	115.72	213.75	341.33	-137.18
4	0.09	546.21	105.18	213.75	341.33	-96.30
5	0.079	479.45	77.31	213.75	341.33	-1.67

Cálculo del momento flector nominal:

$$M_n = MCc + MP_1 + MP_2 = 37.88 + 3.51 + 56 = 97.39$$

Momento ultimo Mu:

$$Mu = \varphi * M_n = 0.9 * 97.39 = 87.65$$

Convergencia de momentos (tolerancia 10):

$$Error = |Mu - Mu'| = |142.66 - 87.65| = 55.007 \text{ NO CUMPLE}$$

Al no cumplir la tolerancia aumentamos la cantidad de varillas y realizamos el procedimiento especificado anteriormente hasta cumplir con los limitantes.

Luego de realizar los cálculos nos da un momento último de:

$$Mu = \varphi * M_n = 0.9 * 168.37 = 151.53$$

Convergencia de momentos (tolerancia):

$$Error = |Mu - Mu'| = |142.66 - 151.53| = -8.87 \text{ CUMPLE}$$



Calculo de la cuantía

$$\rho_{\min} = 0.01$$

$$\rho_{\max} = 0.06$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} = \frac{8 * \frac{0.018^2 * \Pi}{4}}{0.40 * 0.40} = 0.01$$

Como la $\rho_{\max} > \rho > \rho_{\min}$, entonces se adopta la cuantía $\rho = 0.01$.

$$A_s = \rho * A_g = 0.01 * 0.40 * 0.40 = 0.0016$$

Cuantía en columnas (%)

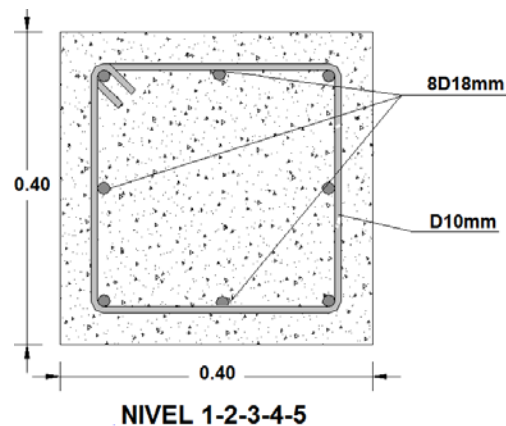
Tabla 3. 60 Cuantía de Columnas (%)

Nivel	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col5
5	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1

Resumen de Reforzamiento en Columnas (cm²)

Tabla 3. 61 Secciones de Refuerzo en Columnas (cm²)

Nivel	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col5
5	16	16	16	16	16
4	16	16	16	16	16
3	16	16	16	16	16
2	16	16	16	16	16
1	16	16	16	16	16



Grafica 3.21 Sección columnas pórtico sin diseño sismoresistente



Refuerzo transversal:

$$L = 2.7$$

Re fuerzo(l_o)(21.4.4.4)COLUMNAS :

$$l_o = L / 6 = 2.7 / 6 = 0.45m$$

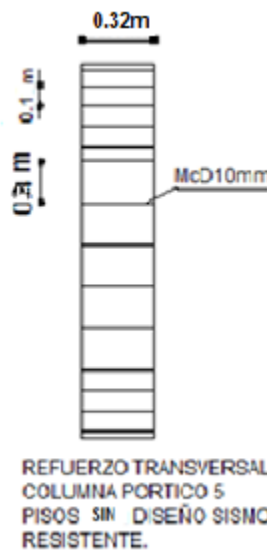
$$l_o = \text{Mayor dim ención de la sec ción} = 0.40m$$

$$l_o = 450mm$$

$$\text{Se escoje el mayor} = l_o = 0.45m$$

$$S_o = d / 2 = 0.40 / 2 = 0.10m$$

$$S = 0.80h = 0.80 * 0.40 = 0.30m$$



Determinadas las secciones y cantidades de acero, se procede a analizar en el programa SeismoStruct con los datos mostrados en (ANEXO 5) y construir el modelo en el lenguaje tcl (ANEXO 6), para ser luego ejecutado en el programa OpenSees y realizar el análisis ITHA. Se Realizó un análisis pushover en SeismoStruct y OpenSees presentándose el archivo tcl (ANEXO 9).

Pushover:

$$F_1 = 512.92; F_2 = 25.84; F_3 = 38.75; F_4 = 51.67; F_5 = 54.81$$



Pushover p^ortico 5 pisos sin diseño sismoresistente

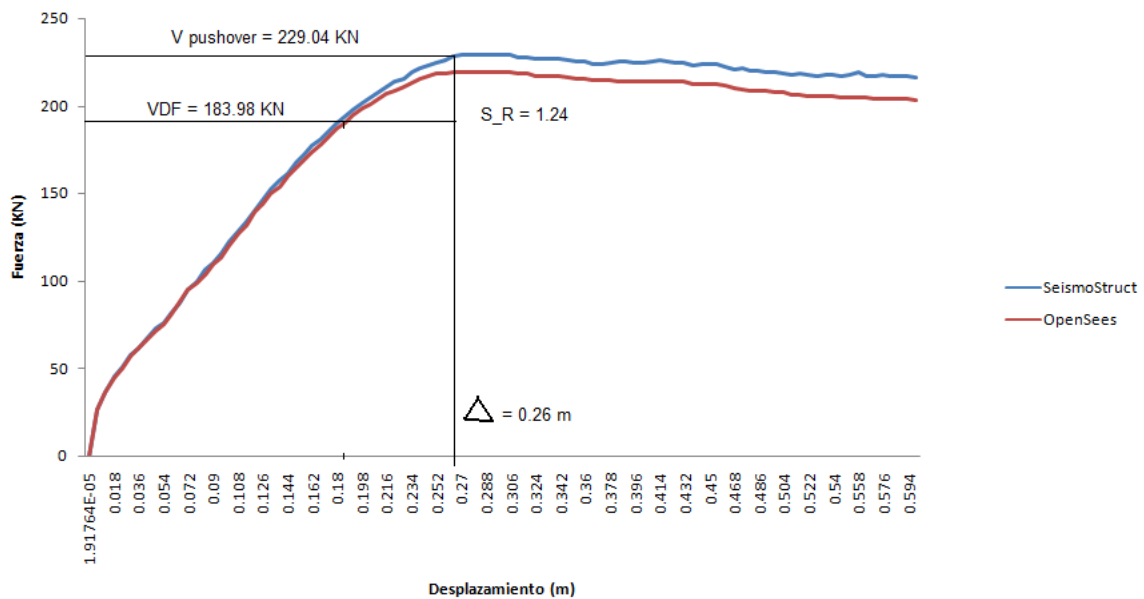


Grafico 3.22 Pushover p^ortico sin diseño sismoresistente

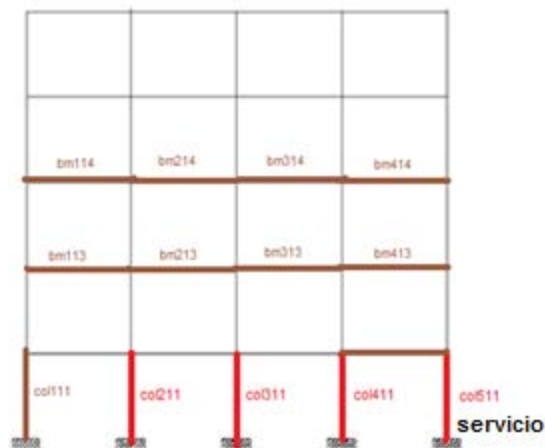


Grafico 3.23 Fluencia de elementos estructurales.

Se determino el desempeño de la columna 511 como punto más crítico de la estructura por producirse desprendimiento:



Se calculo la carga axial sobre la columna, su geometría y armado.
 $W=1368.80\text{KN}$; $b=0.40\text{m}$; $h=0.40\text{m}$; $H=2.7\text{m}$; $f_y = 420000 \text{ KN/m}^2$; $f'_c = 240 \text{ KN/m}^2$.

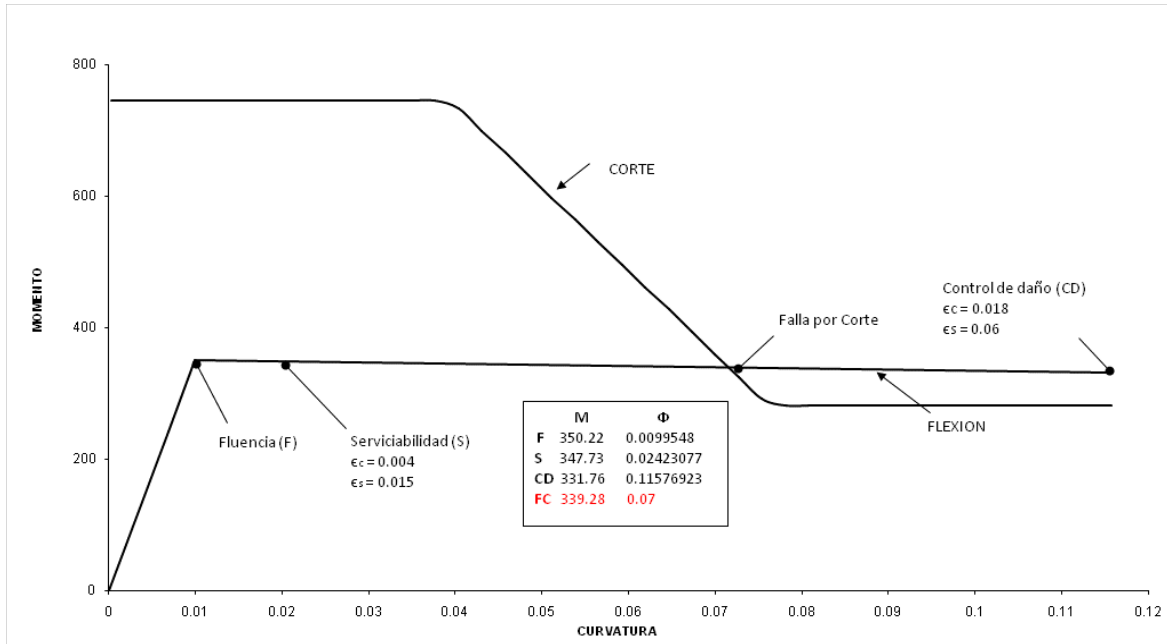
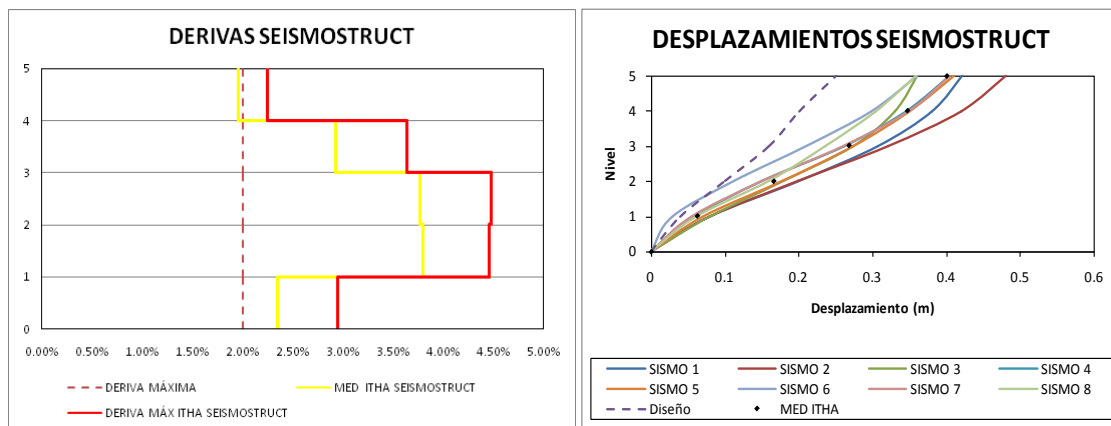


Grafico 3.24 Evaluación del desempeño pórtico sin diseño sismorresistente.

Resultado desplazamientos y derivas:



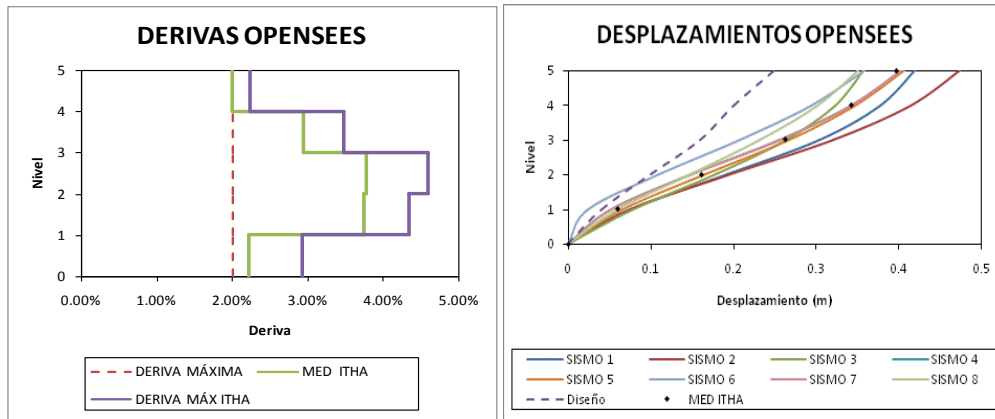


Gráfico 3.25 Graficas de derivas y desplazamientos.

Incremento porcentual de la cantidad de hormigón y acero:

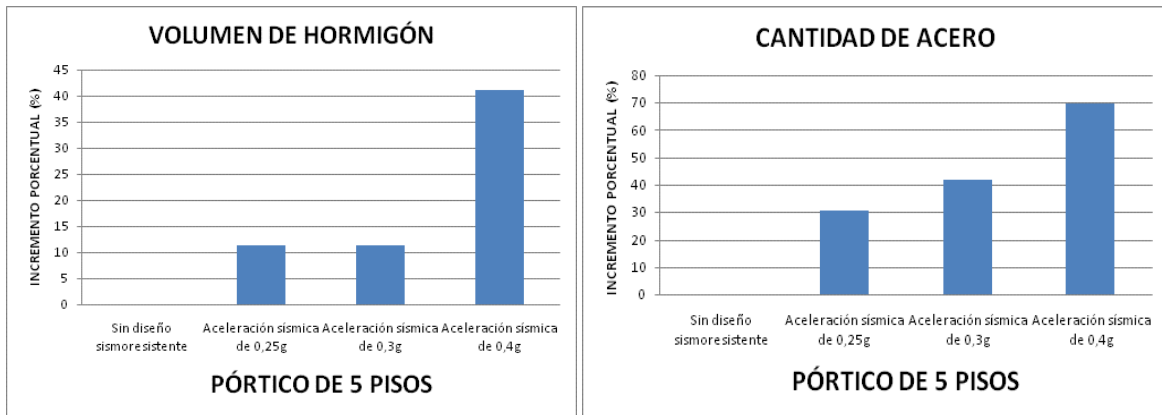


Gráfico 3.26 Porcentajes de hormigón y acero.

Capítulo

IV



4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 CONCLUSIONES.

- De acuerdo al ITHA los desplazamientos son menores en los pórticos con diseño sismoresistente en comparación con los pórticos sin diseño sismoresistente, podemos ver que el incremento de desplazamientos para un sismo bajo es de un 30-40%, en cambio para un sismo alto es desde un 60% hasta un 90%.
- El diseño sismoresistente amerita mayor demanda de secciones y armado lo que provoca un incremento en el material de construcción, en cambio los pórticos que no consideran factores sísmicos para su diseño requieren de un armado mínimo y menores secciones (Gráfica 2.17)
- Los valores de desplazamientos de acuerdo al ITHA en los programas computacionales SeismoStruct y OPENSEES dieron resultados mayores en OPENSEES por lo que fueron tomados en cuenta para las comparaciones.
- El diseño sismoresistente proporciona rigidez a la estructura con lo cual los desplazamientos son minimizados, proporcionando mayor seguridad y estabilidad de la estructura al momento de producirse un sismo de baja o alta intensidad.
- Se producirá una falla por momento en un pórtico con diseño sismoresistente mientras que en un pórtico sin diseño sismoresistente la falla se producirá por corte (gráficas 2.20, 2.23).
- El nivel de daño de los pórticos sin diseño sismoresistente llega hasta un desprendimiento del concreto no confinado en algunos elementos de los pórticos lo que no indica necesariamente un daño estructural.
- En el presente trabajo de investigación no se ha tomado en cuenta efectos de torsión en los elementos, ni pórticos irregulares tanto en planta como en elevación, los pórticos analizados en el presente trabajo son regulares.



4.2 RECOMENDACIONES.

- Para el cálculo se recomienda la correcta determinación de las cargas vivas y muertas donde debe constar el peso de losa, entrepiso, paredes etc.
- Al realizar el ITHA como mínimo se recomienda trabajar con siete sismos debidamente escalados para un espectro de diseño adoptado.
- Se recomienda trabajar con el modelo "concrete 01" para el ITHA en OPENSEES y posiblemente con el modelo "concrete 02" si se conoce los parámetros para su funcionamiento adecuado, el modelo "concrete 04" no considera ciertos efectos en el proceso de análisis debido a que fue incorporado luego a OPENSEES.
- Se recomienda revisar la cantidad de acero de las columnas en todos los pórticos de la presente investigación, ya que existe un sobre dimensionamiento del acero provocado por un error de concepto del autor que provocan una sobre resistencia tres veces mayor a la cortante obtenida en la base de los pórticos con y sin diseño sismoresistente.

ANEXOS



ANEXO 1

PROPIEDADES DADAS DE LOS MATERIALES, PARÁMETROS PARA CONCRETO NO CONFINADO, CONFINADO Y ACERO DE REFUERZO PÓRTICO 5 PISOS CON DISEÑO SISMORESISTENTE.

PROPIEDADES DADAS DE LOS MATERIALES

DATOS

$$f_c = \boxed{21} \text{ MPA}$$

$$f_y = \boxed{420} \text{ MPA}$$

$$E_c = 4700 \cdot (f_c)^{1/2}$$

$$E_c = \boxed{24557.2189} \text{ MPA}$$

Resistencia esperada en el concreto

$$f_{ce} = 1.3 \cdot f_c \text{ MPA}$$

$$f_{ce} = 27.3 \text{ MPA}$$

$$f_{ce} = \boxed{27300} \text{ KPA}$$

Resistencia esperada en el acero de refuerzo longitudinal f_{ye}

$$f_{ye} = f_y \cdot 1.1 \text{ MPA}$$

$$f_{ye} = \boxed{462} \text{ MPA}$$

Conservadoramente no se considera un posible incremento de la resistencia del acero transversal

$$f_{yh} = f_y \text{ MPA}$$

$$f_{yh} = \boxed{420} \text{ MPA}$$

Deformacion de rotura del acero de refuerzo

$$\epsilon_{su} = \boxed{0.1} \text{ norma}$$

PARÁMETROS PARA MODELO DE CONCRETO NO CONFINADO

Maxima resistencia a la compresion

$$f_{co} = f_{ce} \text{ MPA}$$

$$f_{co} = \boxed{27.3} \text{ MPA}$$

Deformacion unitaria a f_{co} :

$$\epsilon_{co} = \boxed{0.002} \text{ norma}$$

Deformacion unitaria ultima:

$$\epsilon_{co} = \boxed{0.004} \text{ norma}$$

PARÁMETROS PARA EL MODELO DE CONCRETO CONFINADO

Diametro de la columna (D_{col})

$$D_{col} = \boxed{0.55} \text{ m}$$

Area gruesa (A_g)

$$A_g = D_{col}^2 \cdot (\pi/4) \text{ m}^2$$

$$A_g = \boxed{0.237582944} \text{ m}^2$$

Diametro de varillas transversal ($d_{bestr.}$)

$$d_{bestr.} = \boxed{0.01} \text{ m}$$



$$E_c = \frac{4700 \cdot f_{cc}^{1/2}}{1} \text{ Mpa}$$

$$E_c = \frac{4700 \cdot 36.14965736^{1/2}}{1} = 24557.2189 \text{ Mpa}$$

$$r = \frac{E_c}{(E_c - E_{sec})}$$

$$r = \frac{24557.2189}{(24557.2189 - 18000)} = 1.390510466 \text{ r=kc}$$

$$f_{cdc} = \frac{(f_{cc} \cdot x^r)}{(r - 1 + x^r)} \text{ Mpa}$$

$$f_{cdc} = \frac{(36.14965736 \cdot 1.390510466^r)}{(1.390510466 - 1 + 1.390510466^r)} = 29.90910706 \text{ Mpa}$$

Resumen de parametros para concreto confinado			
fcc =	36.14965736	Mpa	ecc = 0.0052416327
fcdc =	29.9091070589	Mpa	ecdc = 0.016220

PARÁMETROS PARA EL MODELO DEL ACERO DE REFUERZO

$$f_y = \frac{f_{ye}}{1} \text{ Mpa}$$

$$f_y = \frac{462}{1} = 462 \text{ Mpa}$$

$$E_s = \frac{200000}{1} \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$n = \frac{200000}{24557.2189} = 8.144244706$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\epsilon_y = \frac{462}{200000} = 0.00231$$

$$f_{us} = \frac{1.35 \cdot f_y}{1} \text{ Mpa}$$

$$f_{us} = \frac{1.35 \cdot 462}{1} = 623.7 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_{su} = \frac{0.1}{1} \text{ norma}$$

Parámetro de endurecimiento

$$E_{sp} = \frac{(f_{us} \cdot f_{ye})}{(\epsilon_{su} \cdot (f_{ys}/E_s))}$$

$$E_{sp} = \frac{(623.7 \cdot 462)}{(0.1 \cdot (462/200000))} = 1655.23595$$

$$\mu = \frac{E_{sp}}{E_s}$$

$$\mu = \frac{1655.23595}{200000} = 0.00827618$$



Area de varillas transversal (Aestr.)

$$A_{estr.} = \frac{db_{estr}^2 \cdot (\pi/4)}{m^2}$$

$$A_{estr.} = \boxed{7.85398E-05} \text{ m}^2$$

Espaciamiento del refuerzo en espiral (s)

$$s = \boxed{0.1} \text{ m}$$

Espesor del recubrimiento de concreto (recubr.)

$$recubr. = \boxed{0.04} \text{ m}$$

Diametro del nucleo confinado (Dc)

$$D_c = D_{col} - 2 \cdot recubr. - db_h$$

$$D_c = \boxed{0.46} \text{ m}$$

Cuantia volumetrica de refuerzo transversal (ρv)

$$\rho_v = \frac{2\pi \cdot D_c \cdot A_{estr.} \cdot (4/(2\pi \cdot D_c^2 \cdot s))}{m^3}$$

$$\rho_v = \boxed{0.006829549}$$

Confinamiento por esfuerzo transversal

$$f_{st} = \frac{2 \cdot f_{yh} \cdot A_{estr.}}{D_c \cdot s} \text{ Mpa}$$

$$f_{st} = \boxed{1.434205342} \text{ Mpa}$$

Para secciones rectangulares la resistencia a la compresion del concreto confinado es de:

$$f_{cc} = f_{ce} \cdot (-1.254 + 2.254 \cdot ((1 + ((7.94 \cdot f_{st})/f_{ce}))^{1/2}) - (2 \cdot (f_{st}/f_{ce}))) \text{ Mpa}$$

$$f_{cc} = \boxed{36.14965736} \text{ Mpa}$$

Incremento de resistencia por confinamiento (Dfc)

$$D_{fc} = \frac{f_{cc}}{f_{ce}}$$

$$D_{fc} = \boxed{1.324163273}$$

La deformacion longitudinal a la compresión del concreto confinado para fcc es:

$$\epsilon_{cc} = \epsilon_{co} \cdot [1 + 5 \cdot (D_{fc} - 1)]$$

$$\epsilon_{cc} = \boxed{0.005241633}$$

Deformacion de control de daño para el concreto confinado

$$\epsilon_{cdc} = 0.004 + ((1.4 \cdot \rho_v \cdot f_{ye} \cdot \epsilon_{su})/f_{cc})$$

$$\epsilon_{cdc} = \boxed{0.016219625}$$

Deformacion última del concreto confinado (εcu)

$$\epsilon_{cu} = 1.4 \cdot \epsilon_{cdc}$$

$$\epsilon_{cu} = \boxed{0.022707475}$$

Para calcular el Esfuerzo del concreto para la deformación de control de daño tenemos:

$$x = \frac{\epsilon_{cdc}}{\epsilon_{cc}}$$

$$x = \boxed{3.094384042}$$

$$E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\epsilon_{cc}} \text{ Mpa}$$

$$E_{sec} = \boxed{6896.640647} \text{ Mpa}$$



CÁLCULO PARA LA VIGA

DATOS PARA LA VIGA (Elastico)

$$\begin{aligned} b &= 0.4 \text{ m} \\ h &= 0.5 \text{ m} \\ E_c &= 24557.2189 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area} &= b \cdot h \\ \text{Area} &= 0.2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Inercia} &= \frac{b \cdot h^3}{12} \\ \text{Inercia} &= 0.004166667 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EA &= E_c \cdot A \\ EA &= 4911.44378 \text{ MN} \\ EA &= 4911443.78 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI &= E_c \cdot I \\ EI &= 102.3217454 \text{ MN} \cdot \text{m}^2 \\ EI &= 102321.7454 \text{ KN} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G &= \frac{E_c}{2 \cdot (1 + \nu)} \text{ Mod. De Rigidez} \\ \nu &= 0.18 \text{ Coef. De Poisson (0.15-0.2)} \\ G &= 10405601.23 \text{ Kpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= \beta \cdot b \cdot t^3 \text{ Ctte. Torsion} \\ \beta &= \frac{1}{3} - \left\{ \left[0.21 \cdot \left(\frac{t}{b} \right) \right]^2 \left[1 - \left(\frac{1}{12} \cdot \left(\frac{t}{b} \right)^4 \right) \right] \right\} \text{ } b \geq t \\ \beta &= 0.171067733 \end{aligned}$$

$$J = 0.005474167 \text{ m}^4$$

$$GJ = 56962.00371 \text{ KN} \cdot \text{m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Masa/L} &= 2400 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{Area viga} \\ \text{Masa/L} &= 0.48 \text{ Tonne/m} \end{aligned}$$



ANEXO 2

Ejecución del Setup

```
# -----  
# ANALYSIS TITLE  
source Headed.tcl  
# -----  
  
wipe  
model BasicBuilder -ndm 5 -ndf 4  
  
# -----  
# NODAL COORDINATES  
source nodes_5_pisos_0,4g_DBF_I1.tcl  
# -----  
  
# -----  
# BONDARY CONDITIONS  
source BoundaryConditions_5_pisos_0,4g_DBF_I1.tcl  
# -----  
  
# -----  
# NODAL MASSES  
source mass_5_pisos_0,4g_DBF_I1.tcl  
# -----  
  
# -----  
# MATERIALS  
source materials_5_pisos_0,4g_DBF_I1.tcl  
# -----  
  
# -----  
# RECTANGULAR SECTIONS  
source RectangularSection_5_pisos_0,4g_DBF_I1.tcl  
# -----  
  
# -----  
# CONECTIVITY  
source elements_5_pisos_0,4g_DBF_I1.tcl  
# -----  
  
# -----  
# RECORDERS  
source recorders_5_pisos_0,4g_DBF_I1.tcl  
# -----  
  
# -----  
# DEFINE GRAVITY LOADS  
source gravityLoads_5_pisos_0,4g_DBF_I1.tcl  
# -----  
system UmfPack  
constraints Plain  
test NormDispIncr 1.0e-5 10 0  
algorithm Newton  
numberer RCM  
integrator LoadControl 0.1 1 0.1 0.1  
analysis Static
```



```
initialize  
  
# RUN GRAVITY ANALYSIS  
analyze 10  
loadConst -time 0.0  
  
puts "Model Build"
```

Proceso de Simulación en OPENSEES

A continuación presentamos los comandos usados en la ejecución del programa OPENSEES, para la realización del PUSHOVER e ITHA. La simulación se la ejecuta mediante archivo en lenguaje de programación tcl.

Construcción del modelo

Generamos el modelo del pórtico, en el cual definimos dimensión de análisis, grados de libertad, restricciones, nudos, elementos, materiales, secciones y transformaciones geométricas que nos permiten realizar el análisis. A continuación describimos las componentes del modelo:

Basic Model Builder: genera el modelo básico del pórtico

```
model BasicBuilder ndr ndm
```

model BasicBuilder: Crea el modelo básico
ndr: Dimensión del problema(1,2,3)
Ndm: Grados de libertad

Node Command: este comando sirve para asignar las coordenadas del nudo

```
Node NodTag Cx Cy Cz
```

Node: Comando nudo
NodTag: Número de nudo
Cx: Coordenada x
Cy: Coordenada y
Cz: Coordenada z

Mass Command: coloca la masa aplicada a un nudo

```
mass NodTag Valm
```



- mass:** Comando masa
NodTag: Número de nudo
Valm: Masa correspondiente a cada nudo

Constraint Command: define las restricciones en los nudos

fix NodTag ConsVal

- fix:** Asigna restricciones
NodTag: Número de nudo a restringir
ConsVal: Valor para asignar restricción correspondientes al ndf (=1)

Material: define los materiales a utilizarse mediante la utilización del comando UniaxialMaterial object que representa la relación esfuerzo-deformación. Se uso tres tipos de materiales:

- a) UniaxialMaterial Concrete01: usado para definir las propiedades del concreto de confinamiento y de recubrimiento.

uniaxialMaterial Concrete01 Tag Fpc Epsc Fpcu Eps

- uniaxialMaterial:** Comando uniaxialMaterial
Concrete01: Material tipo Concreto de compresión o recubrimiento
Tag: Etiqueta del material(numero de identidad)
Fpc: Esfuerzo de compresión a 28 días(valor negativo)
Epsc: Deformación al esfuerzo máximo (valor negativo)
Fpcu: Esfuerzo concreto agrietado(valor negativo)
Eps: Deformación al esfuerzo agrietado(valor negativo)

- b) UniaxialMaterial Steel01: define las propiedades del acero

uniaxialMaterial Steel01 Tag Fy Eo b

- uniaxialMaterial:** Comando uniaxialMaterial
Steel01: Material tipo acero
Tag: Etiqueta del material(numero de identidad)
Fy: Esfuerzo de fluencia
Eo: Modulo de elasticidad
b: Radio de resistencia post fluencia



c) UniaxialMaterial Elastic: define material elástico que resiste cortante

uniaxialMaterial Elastic Tag 100000000 0

uniaxialMaterial: Comando uniaxialMaterial
Elastic: Material tipo elástico
Tag: Etiqueta del material(numero de identidad)
100000000 Constante
0 Constante

Section Command: define los tipos de sección ha usarse en el análisis de columnas y vigas. Las secciones son rectangulares y circulares de concreto reforzado con capas de acero arriba, abajo y lateral, y capa de recubrimiento. Las secciones serán analizadas tipo FiberSection que nos permite idealizar la seccion formada de varias subregiones de forma simple y regular, tambien crea capas de las varillas de reforzamiento (seccion circular) Fig 2.7. La geometría de la capa de fibra viene definida por cuatro vértices I,J,K,L (seccion rectangular) Fig 2.8.

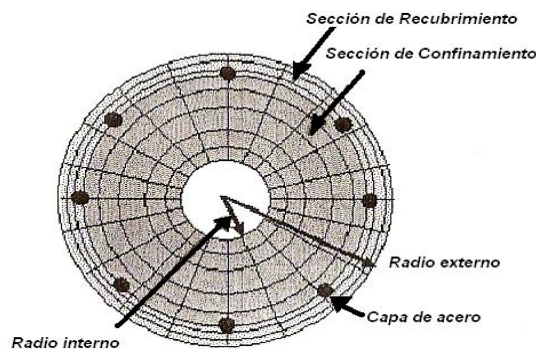


Fig. 2.8 Configuración de FiberSection

section Fiber SecTag

section Fiber: Comando que crea secciones fibra
SecTag: Numeración de sección

patch quad MatTag NsubIJ NsubJK YI ZI Yj Zj Yk Zk YL ZL

patch quad: Comando que crea da a las secciones fibra forma rectangular
MatTag: Etiqueta del tipo de material asignado a la sección



- NsubIJ:** Numero de subdivisiones(fibra) en la dirección IJ
NsubJK: Numero de subdivisiones(fibra) en la dirección JK
YI: Coordenada Y del vértice I (sistema local de coordenadas)
ZI: Coordenada Z del vértice I (sistema local de coordenadas)
Yj: Coordenada Y del vértice J (sistema local de coordenadas)
Zj: Coordenada Z del vértice J (sistema local de coordenadas)
Yk: Coordenada Y del vértice K (sistema local de coordenadas)
Zk: Coordenada Z del vértice K (sistema local de coordenadas)
YL: Coordenada Y del vértice L (sistema local de coordenadas)
ZL: Coordenada Z del vértice L (sistema local de coordenadas)

Ejemplo de Fiber Section:

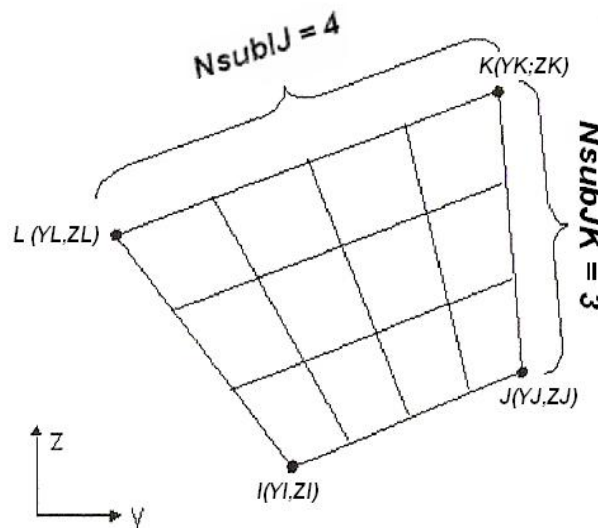


Fig. 2.9 Ejemplo de Subdivisiones de FiberSection

Para las secciones de las varillas de refuerzo se uso el comando layer straight.

Layer straight	MatTag	Nbars	Abars	YStart	ZStart	YEnd	ZEnd
----------------	--------	-------	-------	--------	--------	------	------

- Layer straight:** Comando que crea capa de esfuerzos del acero de la sección fibra
- MatTag:** Etiqueta del tipo de material asignado a la sección
- Nbars:** Numero de varillas de reforzamiento a lo largo de la capa
- Abars:** Área de cada barra de reforzamiento(individual)
- YStart:** Coordenada Y del inicio de la capa (sistema local de coordenadas)



- ZStart:** Coordenada Z del inicio de la capa (sistema local de coordenadas)
- YEnd:** Coordenada Y del final de la capa (sistema local de coordenadas)
- ZEnd:** Coordenada Z del final de la capa (sistema local de coordenadas)

Ejemplo de capa de refuerzo en Fiber Section:

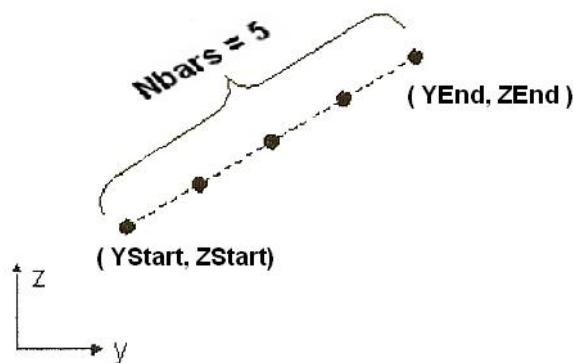


Fig. 2.10 Ejemplo de Capa de refuerzo

Para poder considerar en una sección el cortante, momento y fuerza axial se utiliza el comando Section Agregator.

section Agregator SecTag MatTag1 String1 MatTag2 String2...-section SectTa

- section Agregator:** Comando que crea la section Agregator
- SecTag:** Numeración de sección
- MatTag1, MatTag2...:** Numeración del tipo de material
- String1 String2...:** Tipo de acción correspondiente a cada sección.
- P** Fuerza Axial
- Mz** Momento en el eje local z
- VY** Cortante a lo largo del eje Y
- section:** Constante
- SectTa:** Numeración sección fibra a compilar

Geometric Transformation Command: se usa para define la transformación geométrica de las coordenadas al sistema global de coordenadas.

geomTransf Linear TraTag



geomTransf Linear: Define la transformación geométrica lineal

TraTag: Numeración de Transformación geométrica

Element Command: definimos el tipo de elemento Element NonLinear Beam-Column que considera fuerzas interactivas, y articulaciones plásticas alrededor del elemento.

element nonlinearBeamColumn EleTag Nodei Nodej Npint SecTag TraTag

nonlinearBeamColumn Comando que crea elemento

nonlinearBeamColumn

EleTag: Numeración de elemento

Nodei: Nudo inicial de elemento

Nodej: Nudo final numero de puntos de integración de elemento

Npint: Numero de punto de integración del elemento

SecTag: Numeración del tipo de sección

TraTag: Numeración de la transformación geométrica

2.8.2 Aplicación de cargas por gravedad

Esto nos permite simular una estructura sometida a las cargas originadas por su peso propio, como se presentan en la realidad.

LoadPattern Command: se utiliza para definir el estado de carga por gravedad.

pattern Plain Patt PatTag

pattern Plain : Define el estado de carga

Patt: Forma de aplicación de carga(Linear)

PatTag: Numeración de estado de carga

Los elementos elasticBeamColumn, nonlinearBeamColumn, and dispBeamColumn todos funcionan con el comando eleLoad.

eleLoad -ele EleTag -type -beamUniform Wy Wz

eleLoad -ele: Define el carga en elemento



EleTag:	Numeración de elemento
-type -BeamUniform:	Constante
Wy:	Carga uniformemente distribuida en dirección local Y
Wz:	Carga uniformemente distribuida en dirección perpendicular a la longitud axial del elemento.

2.8.3 Objetos de Análisis

Los Objetos de Análisis son los responsables del desarrollo del PUSHOVER e ITHA, y se conforma por los siguientes comandos.

Constraints Command: determina como las ecuaciones de las restricciones son enfocadas en el análisis.

constraints TipConst

constraints:	Define comando Constraints
TipConst:	Tipo de Constraints:
	PUSHOVER: Plain
	ITHA: Transformation

Numberer Command: determina numeración de los grados de libertad.

numberer TipNum

Numberer :	Define comando numberer
TipNum:	Tipo de numberer:
	PUSHOVER: RCM
	ITHA: Plain

System Command: define sistemas de ecuaciones en el análisis.

system TipSys

system :	Define comando system
TipSys:	Tipo de system:
	PUSHOVER: BandGeneral
	ITHA: SparseGeneral

Test Command: define sistemas el grado de convergencia(tolerancia) de los resultados y el numero de interacciones.

test EnergyIncr Tol Numint



test : Define comando test
EnergyIncr: Constante (Tipo de test **PUSHOVER** o **ITHA**)
Tol: Tolerancia (Convergencia)
Numint: Numero máximo de interacciones a desarrollarse.

Algorithm Command: define la secuencia de pasos para resolver el sistema de ecuaciones.

algorithm TipAlg

Algorithm: Define comando algorithm
TipAlg: Tipo de algorithm:
PUSHOVER: Newton
ITHA: ModifiedNewton

Integrator Command: determina el significado de los terminos sel sistema de ecuaciones, si es análisis estatico o dinamico.

Para Análisis Estatico PUSHOVER

integrator TipInt NodTag DofTag dU1

Integrator : Define comando integrator
TipInt: DisplacementControl
NodTag: Numeración del nudo en analisis
DofTag: Grado de libertad en análisis
dU1: Incremenro del desplazamiento

Para Análisis Dinamico ITHA

integrator TipInt

Integrator: Define comando integrator
TipInt: Newmark

Analisis Command: Define el tipo de análisis: PUSHOVER o ITHA.

Analisis TipAna

analysis: Define comando analysis
TipAna: Tipo de analysis:
PUSHOVER: Static
ITHA: Trasient



ANEXO 3

ARCHIVO tcl PARA REALIZAR EL ITHA MEDIANTE EL PROGRAMA OPENSEES DEL PÓRTICO DE CINCO PISOS CON DISEÑO SISMORESISTENTE PARA UN ACELEROGRAMA ESCALADO PARA UN SISMO DE (0.4g).

```
# PORTICO DE cinco PISOS CON DISEÑO SISMORESISTENTE PARA 0.4 G suelo  
S2
```

```
# -----
```

```
wipe
```

```
model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 3
```

```
# NODAL COORDINATES
```

```
node 101 0 0
```

```
node 102 6 0
```

```
node 103 12 0
```

```
node 104 18 0
```

```
node 105 24 0
```

```
node 201 0 2.7
```

```
node 202 6 2.7
```

```
node 203 12 2.7
```

```
node 204 18 2.7
```

```
node 205 24 2.7
```

```
node 301 0 5.4
```

```
node 302 6 5.4
```

```
node 303 12 5.4
```

```
node 304 18 5.4
```

```
node 305 24 5.4
```

```
node 401 0 8.1
```

```
node 402 6 8.1
```

```
node 403 12 8.1
```

```
node 404 18 8.1
```

```
node 405 24 8.1
```

```
node 501 0 10.8
```

```
node 502 6 10.8
```

```
node 503 12 10.8
```

```
node 504 18 10.8
```

```
node 505 24 10.8
```

```
node 601 0 13.5
```

```
node 602 6 13.5
```

```
node 603 12 13.5
```

```
node 604 18 13.5
```

```
node 605 24 13.5
```

```
# -----
```

```
# BONDARY CONDITIONS
```

```
fix 101 1 1 1
```



```
fix 102 1 1 1
fix 103 1 1 1
fix 104 1 1 1
fix 105 1 1 1
```

```
# -----
# NODAL MASSES
mass 201 19.9798165137615 0 0
mass 202 37.3743119266055 0 0
mass 203 37.9614678899082 0 0
mass 204 37.3743119266055 0 0
mass 205 19.6862385321101 0 0
mass 301 19.9798165137615 0 0
mass 302 37.3743119266055 0 0
mass 303 37.9614678899082 0 0
mass 304 1.99816513761468 0 0
mass 305 1.99816513761468 0 0
mass 401 19.9798165137615 0 0
mass 402 37.3743119266055 0 0
mass 403 37.9614678899082 0 0
mass 404 1.99816513761468 0 0
mass 405 1.99816513761468 0 0
mass 501 19.9798165137615 0 0
mass 502 37.3743119266055 0 0
mass 503 37.9614678899082 0 0
mass 504 1.99816513761468 0 0
mass 505 1.99816513761468 0 0
mass 601 18.9807339449541 0 0
mass 602 36.9623853211009 0 0
mass 603 36.3752293577982 0 0
mass 604 0.999082568807339 0 0
mass 605 0.999082568807339 0 0
```

```
# -----
# MATERIALS.
uniaxialMaterial Concrete01 1 -32865.2945975269 -7.65014028453661E-03
-26292.2356780215 -2.18912134274387E-02
uniaxialMaterial Concrete01 2 -21000 -0.002 0 -0.004
uniaxialMaterial Steel01 3 420000 200000000 0.05 0.00 1.00
0.00 1.00
uniaxialMaterial Elastic 4 100000000 0
```

```
# REINFORCEMENT RECTANGULAR SECTIONS
```

```
#-----
-----
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
# REINFORCEMENT RECTANGULAR SECTIONS
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 1 {
    # Define la capa de confinamiento
    patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

    # Define las cuatro capas de recubrimiento
    patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
    patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
    patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
    patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

    # define las capas de reforzamiento
    layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
    layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
    layer straight 3 7 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
    layer straight 3 7 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 2 {
    # Define la capa de confinamiento
    patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

    # Define las cuatro capas de recubrimiento
    patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
    patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
    patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
    patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

    # define las capas de reforzamiento
    layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
    layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
    layer straight 3 7 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
    layer straight 3 7 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 3 {
    # Define la capa de confinamiento
    patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

    # Define las cuatro capas de recubrimiento
    patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
    patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
    patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
    patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275
```



```
# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 7 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 7 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 4 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
  layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 7 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 7 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 5 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
  layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 7 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
layer straight 3 7 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 6 {  
  # Define la capa de confinamiento  
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235  
0.235 0.235  
  
  # Define las cuatro capas de recubrimiento  
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275  
0.275  
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275  
0.235 -0.235  
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -  
0.235 0.235  
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275  
0.275  
  
  # define las capas de reforzamiento  
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235  
0.235  
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 7 {  
  # Define la capa de confinamiento  
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235  
0.235 0.235  
  
  # Define las cuatro capas de recubrimiento  
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275  
0.275  
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275  
0.235 -0.235  
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -  
0.235 0.235  
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275  
0.275  
  
  # define las capas de reforzamiento  
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235  
0.235  
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```



```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 8 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 9 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 10 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 11 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 12 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
}
```




"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
0.235 0.235 patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.275 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275

# define las capas de reforzamiento
0.235 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 13 {
# Define la capa de confinamiento
0.235 0.235 patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235

# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.275 patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.235 -0.235 patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 0.235 patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

# define las capas de reforzamiento
0.235 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 14 {
# Define la capa de confinamiento
0.235 0.235 patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235

# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.275 patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.235 -0.235 patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 0.235 patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

# define las capas de reforzamiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 4 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}
```

DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA

```
section Fiber 15 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}
```

DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA

```
section Fiber 16 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
}
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 17 {  
  # Define la capa de confinamiento  
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235  
0.235 0.235  
  
  # Define las cuatro capas de recubrimiento  
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275  
0.275  
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275  
0.235 -0.235  
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -  
0.235 0.235  
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275  
0.275  
  
  # define las capas de reforzamiento  
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235  
0.235  
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 18 {  
  # Define la capa de confinamiento  
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235  
0.235 0.235  
  
  # Define las cuatro capas de recubrimiento  
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275  
0.275  
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275  
0.235 -0.235  
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -  
0.235 0.235  
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275  
0.275  
  
  # define las capas de reforzamiento  
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235  
0.235  
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 19 {
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 20 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 21 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

# Define las cuatro capas de recubrimiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 22 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 1 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
  layer straight 3 1 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 23 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
0.275 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275
# define las capas de reforzamiento
0.235 layer straight 3 1 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235 layer straight 3 1 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 24 {
# Define la capa de confinamiento
0.235 patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.275 patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275 patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
0.235 patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
0.235 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

# define las capas de reforzamiento
0.235 layer straight 3 1 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235 layer straight 3 1 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 25 {
# Define la capa de confinamiento
0.235 patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.275 patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275 patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
0.235 patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
0.235 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

# define las capas de reforzamiento
0.235 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
```



```
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
layer straight 3 3 4.90873852123406E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
```

```
section Fiber 26 {  
  # Define la capa de confinamiento  
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21  
  
  # Define las cuatro capas de recubrimiento  
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25  
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21  
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21  
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25  
  
  # define las capas de reforzamiento  
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21  
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -  
0.21  
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21  
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -  
0.21  
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
```

```
section Fiber 27 {  
  # Define la capa de confinamiento  
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21  
  
  # Define las cuatro capas de recubrimiento  
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25  
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21  
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21  
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25  
  
  # define las capas de reforzamiento  
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21  
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -  
0.21  
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21  
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -  
0.21  
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
```

```
section Fiber 28 {  
  # Define la capa de confinamiento  
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21  
  
  # Define las cuatro capas de recubrimiento  
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25  
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21  
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21  
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25  
  
  # define las capas de reforzamiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 29 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 30 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 31 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
```




"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 32 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 33 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 34 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 35 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 36 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 37 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 38 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
  layer straight 3 6 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 39 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
  layer straight 3 6 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 40 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 6 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 41 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
  layer straight 3 6 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 42 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
  layer straight 3 6 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 43 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 6 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 44 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
  layer straight 3 6 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 45 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
  layer straight 3 0 4.52389342116931E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
  layer straight 3 2 4.52389342116931E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
  layer straight 3 6 4.52389342116931E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 1
section Aggregator 46 4 Vy -section 1
section Aggregator 47 4 Vy -section 2
section Aggregator 48 4 Vy -section 3
section Aggregator 49 4 Vy -section 4
section Aggregator 50 4 Vy -section 5

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 2
section Aggregator 51 4 Vy -section 6
section Aggregator 52 4 Vy -section 7
section Aggregator 53 4 Vy -section 8
section Aggregator 54 4 Vy -section 9
```



```
section Aggregator 55 4 Vy -section 10

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 3
section Aggregator 56 4 Vy -section 11
section Aggregator 57 4 Vy -section 12
section Aggregator 58 4 Vy -section 13
section Aggregator 59 4 Vy -section 14
section Aggregator 60 4 Vy -section 15

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 4
section Aggregator 61 4 Vy -section 16
section Aggregator 62 4 Vy -section 17
section Aggregator 63 4 Vy -section 18
section Aggregator 64 4 Vy -section 19
section Aggregator 65 4 Vy -section 20

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 5
section Aggregator 66 4 Vy -section 21
section Aggregator 67 4 Vy -section 22
section Aggregator 68 4 Vy -section 23
section Aggregator 69 4 Vy -section 24
section Aggregator 70 4 Vy -section 25

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 1
section Aggregator 71 4 Vy -section 26
section Aggregator 72 4 Vy -section 27
section Aggregator 73 4 Vy -section 28
section Aggregator 74 4 Vy -section 29

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 2
section Aggregator 75 4 Vy -section 30
section Aggregator 76 4 Vy -section 31
section Aggregator 77 4 Vy -section 32
section Aggregator 78 4 Vy -section 33

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 3
section Aggregator 79 4 Vy -section 34
section Aggregator 80 4 Vy -section 35
section Aggregator 81 4 Vy -section 36
section Aggregator 82 4 Vy -section 37

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 4
section Aggregator 83 4 Vy -section 38
section Aggregator 84 4 Vy -section 39
section Aggregator 85 4 Vy -section 40
section Aggregator 86 4 Vy -section 41

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 5
section Aggregator 87 4 Vy -section 42
section Aggregator 88 4 Vy -section 43
section Aggregator 89 4 Vy -section 44
section Aggregator 90 4 Vy -section 45
```

```
#-----
-----
```

```
# TRANSFORMATION
geomTransf Linear 1
```

```
# CONECTIVITY
```



```
# Define Beam-Column Elements
# COLUMNAS
element nonlinearBeamColumn 101 101 201 5 46 1
element nonlinearBeamColumn 102 102 202 5 47 1
element nonlinearBeamColumn 103 103 203 5 48 1
element nonlinearBeamColumn 104 104 204 5 49 1
element nonlinearBeamColumn 105 105 205 5 50 1
element nonlinearBeamColumn 201 201 301 5 51 1
element nonlinearBeamColumn 202 202 302 5 52 1
element nonlinearBeamColumn 203 203 303 5 53 1
element nonlinearBeamColumn 204 204 304 5 54 1
element nonlinearBeamColumn 205 205 305 5 55 1
element nonlinearBeamColumn 301 301 401 5 56 1
element nonlinearBeamColumn 302 302 402 5 57 1
element nonlinearBeamColumn 303 303 403 5 58 1
element nonlinearBeamColumn 304 304 404 5 59 1
element nonlinearBeamColumn 305 305 405 5 60 1
element nonlinearBeamColumn 401 401 501 5 61 1
element nonlinearBeamColumn 402 402 502 5 62 1
element nonlinearBeamColumn 403 403 503 5 63 1
element nonlinearBeamColumn 404 404 504 5 64 1
element nonlinearBeamColumn 405 405 505 5 65 1
element nonlinearBeamColumn 501 501 601 5 66 1
element nonlinearBeamColumn 502 502 602 5 67 1
element nonlinearBeamColumn 503 503 603 5 68 1
element nonlinearBeamColumn 504 504 604 5 69 1
element nonlinearBeamColumn 505 505 605 5 70 1
# VIGAS
element nonlinearBeamColumn 601 201 202 5 71 1
element nonlinearBeamColumn 602 202 203 5 72 1
element nonlinearBeamColumn 603 203 204 5 73 1
element nonlinearBeamColumn 604 204 205 5 74 1
element nonlinearBeamColumn 701 301 302 5 75 1
element nonlinearBeamColumn 702 302 303 5 76 1
element nonlinearBeamColumn 703 303 304 5 77 1
element nonlinearBeamColumn 704 304 305 5 78 1
element nonlinearBeamColumn 801 401 402 5 79 1
element nonlinearBeamColumn 802 402 403 5 80 1
element nonlinearBeamColumn 803 403 404 5 81 1
element nonlinearBeamColumn 804 404 405 5 82 1
element nonlinearBeamColumn 901 501 502 5 83 1
element nonlinearBeamColumn 902 502 503 5 84 1
element nonlinearBeamColumn 903 503 504 5 85 1
element nonlinearBeamColumn 904 504 505 5 86 1
element nonlinearBeamColumn 1001 601 602 5 87 1
element nonlinearBeamColumn 1002 602 603 5 88 1
element nonlinearBeamColumn 1003 603 604 5 89 1
element nonlinearBeamColumn 1004 604 605 5 90 1

#-----
# RECORDERS
recorder Node -file DispSis_5_PISOS_0.4g_DBF_I1.out -time -node 205
305 405 505 605 -dof 1 disp
recorder Drift -file DriftSis_5_PISOS_0.4g_DBF_I1.out -time -iNode
101 201 301 401 501 -jNode 201 301 401 501 601 -dof 1 -
perpDirn 2

#-----
# DEFINE GRAVITY LOADS
pattern Plain 1 Linear {
```



```
load 201 0 -196.002 0
load 202 0 -366.642 0
load 203 0 -372.402 0
load 204 0 -366.642 0
load 205 0 -193.122 0
load 301 0 -196.002 0
load 302 0 -366.642 0
load 303 0 -372.402 0
load 304 0 -19.602 0
load 305 0 -19.602 0
load 401 0 -196.002 0
load 402 0 -366.642 0
load 403 0 -372.402 0
load 404 0 -19.602 0
load 405 0 -19.602 0
load 501 0 -196.002 0
load 502 0 -366.642 0
load 503 0 -372.402 0
load 504 0 -19.602 0
load 505 0 -19.602 0
load 601 0 -186.201 0
load 602 0 -362.601 0
load 603 0 -356.841 0
load 604 0 -9.801 0
load 605 0 -9.801 0
}

#-----
-----

system UmfPack
constraints Plain
test NormDispIncr 1.0e-5 10 0
algorithm Newton
numberer RCM
integrator LoadControl 0.1 1 0.1 0.1
analysis Static
initialize

# RUN GRAVITY ANALYSIS

analyze 10
loadConst -time 0.0
puts "Model Build"
#-----
wipeAnalysis

# LLAMA A LAS OPCIONES DEL ANALISIS INELASTICO DE HISTORIA EN EL
TIEMPO

# opciones del analisis inelastico de historia en el tiempo
set dirEq C:/SISMOS/
set Eq SISMO2
set earthquake "Series -dt 0.005 -filePath $dirEq$Eq.txt -factor 9.81"
pattern UniformExcitation 2 1 -accel $equake
set DtAnalysis 0.001
set TmaxAnalysis 29.995

constraints Transformation
# revisar es ITH no pushover cambiar a a Plain
```




```
numberer RCM
system SparseGeneral - piv
set TestType EnergyIncr
set Tol 1.e-8
set maxNumIter 10
set printFlag 0
test $TestType $Tol $maxNumIter $printFlag
set algorithmType ModifiedNewton
algorithm $algorithmType
set NewmarkGamma 0.5
set NewmarkBeta 0.25
integrator Newmark $NewmarkGamma $NewmarkBeta
analysis Transient

# -----
# LLAMA A LOS PARAMETROS PARA La CONVERGENCIA DE INTHA

set Nsteps [expr int($TmaxAnalysis/$DtAnalysis)]
set ok [analyze $Nsteps $DtAnalysis]

# -----if convergence
failure-----
if {$ok != 0} {
  # ANALISIS DEL CONTROL DEL TIEMPO
  set ok 0
  set controlTime [getTime]
  while {$controlTime < $TmaxAnalysis && $ok == 0} {
    set ok [analyze 1 $DtAnalysis]
    set controlTime [getTime]
    set ok [analyze 1 $DtAnalysis]
    if {$ok != 0} {
      puts "Trying Newton with Initial Tangent .."
      test NormDispIncr $Tol 1000 0
      algorithm Newton
      set ok [analyze 1 $DtAnalysis]
      test $TestType $Tol $maxNumIter 0
      algorithm $algorithmType
    }
    if {$ok != 0} {
      puts "Trying Broyden .."
      algorithm Broyden 8
      set ok [analyze 1 $DtAnalysis]
      algorithm $algorithmType
    }
    if {$ok != 0} {
      puts "Trying NewtonWithLineSearch .."
      algorithm NewtonLineSearch .8
      set ok [analyze 1 $DtAnalysis]
      algorithm $algorithmType
    }
  }
}

puts "-----"
puts "Ground Motion Done. End Time: [getTime]"
puts "-----"

exit
```



ANEXO 4

PLANILLA DE HIERROS PARA CALCULO DE INCREMENTO DE MATERIAL PARA UN PÓRTICO DE CINCO PISOS CON DISEÑO SISMORESISTENTE.

PLANILLA DE HIERROS PÓRTICO 5 PISOS (0,4g)										
MARCA	Ø	TIPO	CANT	DIMENSIONES					LONG. PARCIAL	LONGITUD TOTAL
				a	b	c	d	g		
VIGA 5										
Mc 510	22	L	2	7.85	0.15				8.00	16.00
Mc 511	22	I	2	11.70					11.70	23.40
Mc 512	22	L	2	7.85	0.15				8.00	16.00
Mc 513	24	L	1	7.85	0.15				8.00	8.00
Mc 514	24	I	1	11.70					11.70	11.70
Mc 515	24	L	1	7.85	0.15				8.00	8.00
Mc 516	22	L	3	11.85	0.15				12.00	36.00
Mc 517	22	I	3	4.70					4.70	14.10
Mc 518	22	L	3	11.85	0.15				12.00	36.00
VIGA 4										
Mc 410	22	L	2	7.85	0.15				8.00	16.00
Mc 411	22	I	2	11.70					11.70	23.40
Mc 412	22	L	2	7.85	0.15				8.00	16.00
Mc 413	24	L	2	7.85	0.15				12.00	24.00
Mc 414	24	I	2	11.70					4.70	9.40
Mc 415	24	L	2	7.85	0.15				12.00	24.00
Mc 416	22	L	2	11.85	0.15				0.15	0.30
Mc 417	22	I	2	4.70					7.85	15.70
Mc 418	22	L	2	11.85	0.15				11.85	23.70
VIGA 3										
Mc 310	22	L	2	7.85	0.15				8.00	16.00
Mc 311	22	I	2	11.70					11.70	23.40
Mc 312	22	L	2	7.85	0.15				8.00	16.00
Mc 313	24	L	2	7.85	0.15				12.00	24.00
Mc 314	24	I	2	11.70					4.70	9.40
Mc 315	24	L	2	7.85	0.15				12.00	24.00
Mc 316	22	L	2	11.85	0.15				0.15	0.30
Mc 317	22	I	2	4.70					7.85	15.70
Mc 318	22	L	2	11.85	0.15				11.85	23.70
VIGA 2										
Mc 210	22	L	2	7.85	0.15				12.00	24.00
Mc 211	22	I	2	11.70					11.70	23.40
Mc 212	22	L	2	7.85	0.15				8.00	16.00
Mc 213	24	L	3	7.85	0.15				12.00	36.00
Mc 214	24	I	3	11.70					4.70	14.10
Mc 215	24	L	3	7.85	0.15				12.00	36.00
Mc 216	22	L	2	11.85	0.15				0.15	0.30
Mc 217	22	I	2	4.70					7.85	15.70
Mc 218	22	L	2	11.85	0.15				11.85	23.70
VIGA 1										
Mc 210	22	L	2	7.85	0.15				8.00	16.00
Mc 211	22	I	2	11.70					11.70	23.40
Mc 212	22	L	2	7.85	0.15				8.00	16.00
Mc 213	24	L	3	7.85	0.15				8.00	24.00
Mc 214	24	I	3	11.70					11.70	35.10
Mc 215	24	L	3	7.85	0.15				8.00	24.00
Mc 216	22	L	3	11.85	0.15				12.00	36.00
Mc 217	22	I	3	4.70					4.70	14.10
Mc 218	22	L	3	11.85	0.15				12.00	36.00
										888.00



“COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE”

ESTRIBOS										
MARCA	Ø	TIPO	CANT	DIMENSIONES					LONG. PARCIAL	LONGITUD TOTAL
				a	b	c	d	g		
VIGAS										
Mc 10	10	O	780	0.5	0.5			0.1	2.2	1716
Mc 11	10	O	300	0.35	0.5			0.1	1.9	570
									2286	

PLANILLA DE HIERROS COLUMNAS										
MARCA	Ø	TIPO	CANT	DIMENSIONES					LONG. PARCIAL	LONGITUD TOTAL
				a	b	c	d	g		
COLUMNAS										
Mc 10	25	C1	12	13.50	0.25	0.15			13.90	166.80
Mc20	25	C2	10	13.50	0.25	0.15			14.30	143.00
Mc30	25	C3	10	13.50	0.25	0.15			13.90	139.00
Mc40	25	C4	8	13.50	0.25	0.15			13.90	111.20
Mc50	25	C5	6	13.50	0.25	0.15			13.90	83.40
									643.40	

RESUMEN DE HIERROS VIGAS N + 0.00			
Ø (mm)	LONG (m)	# VAR+3%	PESO (Kg)
8	0.00	0	0.00
10	2286.00	197	1458.59
12	0.00	0	0.00
14	0.00	0	0.00
16	0.00	0	0.00
18	0.00	0	0.00
20	0.00	0	0.00
22	490.20	43	1539.74
24	311.70	27	1150.52
25	643.40	56	2589.22
28	0.00	0	0.00
32	0.00	0	0.00
Total			6738.07

3731.30

RESUMEN DE HIERROS COLUMNAS			
Ø (mm)	LONG (m)	# VAR+3%	PESO (Kg)
8	0.00	0	0.00
12	0.00	0	0.00
12	0.00	0	0.00
14	0.00	0	0.00
14	0.00	0	0.00
16	0.00	0	0.00
16	0.00	0	0.00
18	0.00	0	0.00
18	0.00	0	0.00
20	0.00	0	0.00
20	0.00	0	0.00
22	0.00	0	0.00
22	0.00	0	0.00
25	166.80	15	693.54
25	166.80	15	693.54
28	0.00	0	0.00
28	0.00	0	0.00
32	0.00	0	0.00
32	0.00	0	0.00
Total			693.54

166.80

CONCRETO DE 210 Kg/m2		
PRECIO (M3)=	93	\$
SECCIÓN COL.:	55X55	
b=	0.55	cm
h=	0.55	cm
SECCIÓN VIG.:	40X50	
b=	0.4	cm
d=	0.5	cm
h. TOTAL COL=	13.5	m
n. COLUMNAS=	5	
l. TOTAL VIGAS=	24	m
n. VIGAS=	4	
	3684.54375	\$
Vol H°=	39.62	m3
Cant. De acero	7431.61	Kg



ANEXO 5

PROPIEDADES DADAS DE LOS MATERIALES, PARÁMETROS PARA CONCRETO NO CONFINADO, CONFINADO Y ACERO DE REFUERZO PÓRTICO 5 PISOS SIN DISEÑO SISMORESISTENTE.

PROPIEDADES DADAS DE LOS MATERIALES

DATOS

$f_c =$ MPA
 $f_y =$ MPA
 $E_c =$ $4700 \cdot (f_c)^{1/2}$
 $E_c =$ MPA

Resistencia esperada en el concreto

$f_{ce} =$ $1.3 \cdot f_c$ MPA
 $f_{ce} =$ MPA
 $f_{ce} =$ KPA

Resistencia esperada en el acero de refuerzo longitudinal f_{ye}

$f_{ye} =$ $f_y \cdot 1.1$ MPA
 $f_{ye} =$ MPA

Conservadoramente no se considera un posible incremento de la resistencia del acero transversal

$f_{yh} =$ f_y MPA
 $f_{yh} =$ MPA

Deformacion de rotura del acero de refuerzo

$es_u =$ norma

PARÁMETROS PARA MODELO DE CONCRETO NO CONFINADO

Maxima resistencia a la compresion

$f_{co} =$ f_{ce} MPA
 $f_{co} =$ MPA

Deformacion unitaria a f_{co} :

$eco =$ norma

Deformacion unitaria ultima:

$eco =$ norma

PARÁMETROS PARA EL MODELO DE CONCRETO CONFINADO

Diametro de la columna (D_{col})

$D_{col} =$ m

Area gruesa (A_g)

$A_g =$ $D_{col}^2 \cdot (\pi/4)$ m²
 $A_g =$ m²

Diametro de varillas transversal ($db_{estr.}$)

$db_{estr.} =$ m

Area de varillas transversal ($A_{estr.}$)

$A_{estr.} =$ $db_{estr.}^2 \cdot (\pi/4)$ m²
 $A_{estr.} =$ m²

Espaciamiento del refuerzo en espiral (s)

$s =$ m

Espesor del recubrimiento de concreto ($recubr.$)

$recubr. =$ m

Diametro del nucleo confinado (D_c)

$D_c =$ $D_{col} - 2 \cdot recubr. - db_h$ m
 $D_c =$ m

Cuantia volumetrica de refuerzo transversal (ρ_v)

$\rho_v =$ $\frac{2\pi \cdot D_c \cdot A_{estr.} \cdot (4 / (2\pi \cdot D_c^2 \cdot s))}{A_g}$
 $\rho_v =$

Confinamiento por esfuerzo transversal



PARÁMETROS PARA EL MODELO DEL ACERO DE REFUERZO

$f_y = \frac{f_{ye}}{Es}$ Mpa
 $f_y =$ Mpa
 $Es =$ Mpa
 $n = \frac{Es}{Ec}$
 $n =$
 $\epsilon_y = \frac{f_y}{Es}$
 $\epsilon_y =$
 $f_{us} = 1.35 \cdot f_y$ Mpa
 $f_{us} =$ Mpa
 $es_u =$ norma

Parámetro de endurecimiento

$E_{sp} = \frac{f_{us} - f_{ye}}{es_u - (f_{ys}/Es)}$
 $E_{sp} =$
 $\mu = \frac{E_{sp}}{Es}$
 $\mu =$

CÁLCULO PARA LA VIGA

DATOS PARA LA VIGA (Elastico)

$b =$ m
 $h =$ m
 $Ec =$ Mpa
 $Area = b \cdot h$
 $Area =$ m²
 $Inercia = \frac{b \cdot h^3}{12}$
 $Inercia =$ m⁴
 $EA = Ec \cdot A$
 $EA =$ MN
 $EA =$ KN
 $EI = Ec \cdot I$
 $EI =$ MN*m²
 $EI =$ KN*m²
 $G = \frac{Ec}{2 \cdot (1 + \nu)}$ Mod. De Rigidez
 $\nu =$ Coef. De Poisson (0.15-0.2)
 $G =$ Kpa
 $J = \frac{\beta \cdot b \cdot t^3}{12}$ Ctte. Torsion
 $\beta = \frac{1}{3} - \left\{ \left[0.21 \cdot \left(\frac{t}{b} \right) \right]^2 \left[1 - \left(\frac{1}{12} \cdot \left(\frac{t}{b} \right)^4 \right) \right] \right\}$ $b \geq t$
 $\beta =$
 $J =$ m⁴
 $GJ =$ KN*m²
 $Masa/L = 2400 \text{Kg/m}^3 \cdot Area \text{ viga}$
 $Masa/L =$ Tonne/m



ANEXO 6

ARCHIVO tcl PARA REALIZAR EL ITHA MEDIANTE EL PROGRAMA OPENSEES DEL PÓRTICO DE CINCO PISOS SIN DISEÑO SISMORESISTENTE PARA UN ACELEROGRAMA ESCALADO PARA UN SISMO DE (0.4g).

```
# PORTICO DE cinco PISOS SIN DISEÑO SISMORESISTENTE PARA 0.4 G suelo  
S2
```

```
# -----
```

```
wipe
```

```
model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 3
```

```
# NODAL COORDINATES
```

```
node 101 0 0
```

```
node 102 6 0
```

```
node 103 12 0
```

```
node 104 18 0
```

```
node 105 24 0
```

```
node 201 0 2.7
```

```
node 202 6 2.7
```

```
node 203 12 2.7
```

```
node 204 18 2.7
```

```
node 205 24 2.7
```

```
node 301 0 5.4
```

```
node 302 6 5.4
```

```
node 303 12 5.4
```

```
node 304 18 5.4
```

```
node 305 24 5.4
```

```
node 401 0 8.1
```

```
node 402 6 8.1
```

```
node 403 12 8.1
```

```
node 404 18 8.1
```

```
node 405 24 8.1
```

```
node 501 0 10.8
```

```
node 502 6 10.8
```

```
node 503 12 10.8
```

```
node 504 18 10.8
```

```
node 505 24 10.8
```

```
node 601 0 13.5
```

```
node 602 6 13.5
```

```
node 603 12 13.5
```

```
node 604 18 13.5
```

```
node 605 24 13.5
```

```
# -----
```

```
# BONDARY CONDITIONS
```

```
fix 101 1 1 1
```

```
fix 102 1 1 1
```

```
fix 103 1 1 1
```

```
fix 104 1 1 1
```



fix 105 1 1 1

```
# -----
# NODAL MASSES
mass 201 18.8917431192661 0 0
mass 202 36.4330275229358 0 0
mass 203 36.7266055045872 0 0
mass 204 36.4330275229358 0 0
mass 205 18.7449541284404 0 0
mass 301 18.8917431192661 0 0
mass 302 36.4330275229358 0 0
mass 303 36.7266055045872 0 0
mass 304 1.05688073394495 0 0
mass 305 1.05688073394495 0 0
mass 401 18.8917431192661 0 0
mass 402 36.4330275229358 0 0
mass 403 36.7266055045872 0 0
mass 404 1.05688073394495 0 0
mass 405 1.05688073394495 0 0
mass 501 18.8917431192661 0 0
mass 502 36.4330275229358 0 0
mass 503 36.7266055045872 0 0
mass 504 1.05688073394495 0 0
mass 505 1.05688073394495 0 0
mass 601 18.3633027522936 0 0
mass 602 36.1981651376147 0 0
mass 603 35.9045871559633 0 0
mass 604 0.528440366972477 0 0
mass 605 0.528440366972477 0 0# -----
# MATERIALS
uniaxialMaterial Concrete01 1 -32865.2945975269 -7.65014028453661E-03
-26292.2356780215 -2.18912134274387E-02
uniaxialMaterial Concrete01 2 -21000 -0.002 0 -0.004

uniaxialMaterial Steel01 3 420000 200000000 0.05 0.00 1.00
0.00 1.00

uniaxialMaterial Elastic 4 100000000 0

# REINFORCEMENT RECTANGULAR SECTIONS
#-----
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA

# REINFORCEMENT RECTANGULAR SECTIONS

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 1 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 5 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 5 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 6 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 6 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 2 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 3 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 4 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
```




```
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 5 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 6 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 7 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
```



```
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 8 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 9 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 10 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
```



```
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 11 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 12 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 13 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
```



```
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 14 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 15 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 16 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 17 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 18 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 19 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 20 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 21 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 22 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
```



```
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 23 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 24 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 25 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

  # define las capas de reforzamiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 26 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 27 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 28 {
```




```
# Define la capa de confinamiento
0.185 patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.185 patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
0.185 patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

# define las capas de reforzamiento
0.185 layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185 layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 29 {
# Define la capa de confinamiento
0.185 patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.185 patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
0.185 patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

# define las capas de reforzamiento
0.185 layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185 layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 30 {
# Define la capa de confinamiento
0.185 patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.185 patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
0.185 patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 }
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 31 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 32 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 33 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 34 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 35 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 36 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 37 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 38 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 39 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}
```



```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 40 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 41 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 42 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

# define las capas de reforzamiento
0.185 layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185 layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 10 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 43 {
  # Define la capa de confinamiento
0.185 patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
0.185 patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
0.185 patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
0.185 layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185 layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 10 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 44 {
  # Define la capa de confinamiento
0.185 patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
0.185 patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
0.185 patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
0.185 layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185 layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
0.185 layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 10 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
}
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 45 {
  # Define la capa de confinamiento
0.185 patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
0.185 patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
0.185 patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
0.185 layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185 layer straight 3 0 2.54469004940774E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 4 2.54469004940774E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 10 2.54469004940774E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185 }

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 1
section Aggregator 46 4 Vy -section 1
section Aggregator 47 4 Vy -section 2
section Aggregator 48 4 Vy -section 3
section Aggregator 49 4 Vy -section 4
section Aggregator 50 4 Vy -section 5

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 2
section Aggregator 51 4 Vy -section 6
section Aggregator 52 4 Vy -section 7
section Aggregator 53 4 Vy -section 8
section Aggregator 54 4 Vy -section 9
section Aggregator 55 4 Vy -section 10

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 3
section Aggregator 56 4 Vy -section 11
section Aggregator 57 4 Vy -section 12
section Aggregator 58 4 Vy -section 13
section Aggregator 59 4 Vy -section 14
section Aggregator 60 4 Vy -section 15

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 4
section Aggregator 61 4 Vy -section 16
section Aggregator 62 4 Vy -section 17
section Aggregator 63 4 Vy -section 18
section Aggregator 64 4 Vy -section 19
section Aggregator 65 4 Vy -section 20

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 5
```




```
section Aggregator 66 4 Vy -section 21
section Aggregator 67 4 Vy -section 22
section Aggregator 68 4 Vy -section 23
section Aggregator 69 4 Vy -section 24
section Aggregator 70 4 Vy -section 25
```

```
# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 1
section Aggregator 71 4 Vy -section 26
section Aggregator 72 4 Vy -section 27
section Aggregator 73 4 Vy -section 28
section Aggregator 74 4 Vy -section 29
```

```
# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 2
section Aggregator 75 4 Vy -section 30
section Aggregator 76 4 Vy -section 31
section Aggregator 77 4 Vy -section 32
section Aggregator 78 4 Vy -section 33
```

```
# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 3
section Aggregator 79 4 Vy -section 34
section Aggregator 80 4 Vy -section 35
section Aggregator 81 4 Vy -section 36
section Aggregator 82 4 Vy -section 37
```

```
# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 4
section Aggregator 83 4 Vy -section 38
section Aggregator 84 4 Vy -section 39
section Aggregator 85 4 Vy -section 40
section Aggregator 86 4 Vy -section 41
```

```
# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 5
section Aggregator 87 4 Vy -section 42
section Aggregator 88 4 Vy -section 43
section Aggregator 89 4 Vy -section 44
section Aggregator 90 4 Vy -section 45
```

```
#-----
```

```
# TRANSFORMATION
geomTransf Linear 1
```

```
# CONECTIVITY
# Define Beam-Column Elements
# COLUMNS
element nonlinearBeamColumn 101 101 201 5 46 1
element nonlinearBeamColumn 102 102 202 5 47 1
element nonlinearBeamColumn 103 103 203 5 48 1
element nonlinearBeamColumn 104 104 204 5 49 1
element nonlinearBeamColumn 105 105 205 5 50 1
element nonlinearBeamColumn 201 201 301 5 51 1
element nonlinearBeamColumn 202 202 302 5 52 1
element nonlinearBeamColumn 203 203 303 5 53 1
element nonlinearBeamColumn 204 204 304 5 54 1
element nonlinearBeamColumn 205 205 305 5 55 1
element nonlinearBeamColumn 301 301 401 5 56 1
element nonlinearBeamColumn 302 302 402 5 57 1
element nonlinearBeamColumn 303 303 403 5 58 1
element nonlinearBeamColumn 304 304 404 5 59 1
element nonlinearBeamColumn 305 305 405 5 60 1
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
element nonlinearBeamColumn 401 401 501 5 61 1
element nonlinearBeamColumn 402 402 502 5 62 1
element nonlinearBeamColumn 403 403 503 5 63 1
element nonlinearBeamColumn 404 404 504 5 64 1
element nonlinearBeamColumn 405 405 505 5 65 1
element nonlinearBeamColumn 501 501 601 5 66 1
element nonlinearBeamColumn 502 502 602 5 67 1
element nonlinearBeamColumn 503 503 603 5 68 1
element nonlinearBeamColumn 504 504 604 5 69 1
element nonlinearBeamColumn 505 505 605 5 70 1
# VIGAS
element nonlinearBeamColumn 601 201 202 5 71 1
element nonlinearBeamColumn 602 202 203 5 72 1
element nonlinearBeamColumn 603 203 204 5 73 1
element nonlinearBeamColumn 604 204 205 5 74 1
element nonlinearBeamColumn 701 301 302 5 75 1
element nonlinearBeamColumn 702 302 303 5 76 1
element nonlinearBeamColumn 703 303 304 5 77 1
element nonlinearBeamColumn 704 304 305 5 78 1
element nonlinearBeamColumn 801 401 402 5 79 1
element nonlinearBeamColumn 802 402 403 5 80 1
element nonlinearBeamColumn 803 403 404 5 81 1
element nonlinearBeamColumn 804 404 405 5 82 1
element nonlinearBeamColumn 901 501 502 5 83 1
element nonlinearBeamColumn 902 502 503 5 84 1
element nonlinearBeamColumn 903 503 504 5 85 1
element nonlinearBeamColumn 904 504 505 5 86 1
element nonlinearBeamColumn 1001 601 602 5 87 1
element nonlinearBeamColumn 1002 602 603 5 88 1
element nonlinearBeamColumn 1003 603 604 5 89 1
element nonlinearBeamColumn 1004 604 605 5 90 1

#-----
# RECORDERS
recorder Node -file DispSis_5_PISOS_0.4g_DBF_I1.out -time -node 205
305 405 505 605 -dof 1 disp
recorder Drift -file DriftSis_5_PISOS_0.4g_DBF_I1.out -time -iNode
101 201 301 401 501 -jNode 201 301 401 501 601 -dof 1 -
perpDirn 2

#-----
# DEFINE GRAVITY LOADS
pattern Plain 1 Linear {
  load 201 0 -185.328 0
  load 202 0 -357.408 0
  load 203 0 -360.288 0
  load 204 0 -357.408 0
  load 205 0 -183.888 0
  load 301 0 -185.328 0
  load 302 0 -357.408 0
  load 303 0 -360.288 0
  load 304 0 -10.368 0
  load 305 0 -10.368 0
  load 401 0 -185.328 0
  load 402 0 -357.408 0
  load 403 0 -360.288 0
  load 404 0 -10.368 0
  load 405 0 -10.368 0
  load 501 0 -185.328 0
  load 502 0 -357.408 0
```



```
load 503 0 -360.288 0
load 504 0 -10.368 0
load 505 0 -10.368 0
load 601 0 -180.144 0
load 602 0 -355.104 0
load 603 0 -352.224 0
load 604 0 -5.184 0
load 605 0 -5.184 0
}

#-----
-----

system UmfPack
constraints Plain
test NormDispIncr 1.0e-5 10 0
algorithm Newton
numberer RCM
integrator LoadControl 0.1 1 0.1 0.1
analysis Static
initialize

# RUN GRAVITY ANALYSIS

analyze 10
loadConst -time 0.0
puts "Model Build"
#-----
wipeAnalysis

# LLAMA A LAS OPCIONES DEL ANALISIS INELASTICO DE HISTORIA EN EL
TIEMPO

# opciones del analisis inelastico de historia en el tiempo
set dirEq C:/SISMOS/
set Eq SISM01
set earthquake "Series -dt 0.02 -filePath $dirEq$Eq.txt -factor 9.81"
pattern UniformExcitation 2 1 -accel $equake
set DtAnalysis 0.004
set TmaxAnalysis 40

constraints Transformation
# revisar es ITH no pushover cambiar a a Plain

numberer RCM
system SparseGeneral - piv
set TestType EnergyIncr
set Tol 1.e-8
set maxNumIter 10
set printFlag 0
test $TestType $Tol $maxNumIter $printFlag
set algorithmType ModifiedNewton
algorithm $algorithmType
set NewmarkGamma 0.5
set NewmarkBeta 0.25
integrator Newmark $NewmarkGamma $NewmarkBeta
analysis Transient

# -----
# LLAMA A LOS PARAMETROS PARA La CONVERGENCIA DE INTHA
```



```
set Nsteps [expr int($TmaxAnalysis/$DtAnalysis)]
set ok [analyze $Nsteps $DtAnalysis]

# -----if convergence
failure-----
if {$ok != 0} {
  # ANALISIS DEL CONTROL DEL TIEMPO
  set ok 0
  set controlTime [getTime]
  while {$controlTime < $TmaxAnalysis && $ok == 0} {
    set ok [analyze 1 $DtAnalysis]
    set controlTime [getTime]
    set ok [analyze 1 $DtAnalysis]
    if {$ok != 0} {
      puts "Trying Newton with Initial Tangent .."
      test NormDispIncr $Tol 1000 0
      algorithm Newton
      set ok [analyze 1 $DtAnalysis]
      test $TestType $Tol $maxNumIter 0
      algorithm $algorithmType
    }
    if {$ok != 0} {
      puts "Trying Broyden .."
      algorithm Broyden 8
      set ok [analyze 1 $DtAnalysis]
      algorithm $algorithmType
    }
    if {$ok != 0} {
      puts "Trying NewtonWithLineSearch .."
      algorithm NewtonLineSearch .8
      set ok [analyze 1 $DtAnalysis]
      algorithm $algorithmType
    }
  }
}

puts "-----"
puts "Ground Motion Done. End Time: [getTime]"
puts "-----"

exit
```



ANEXO 7

PLANILLA DE HIERROS PARA CALCULO DE INCREMENTO DE MATERIAL PARA UN PÓRTICO DE CINCO PISOS SIN DISEÑO SISMORESISTENTE.

PLANILLA DE HIERROS PÓRTICO 5 PISOS SIN DISEÑO SISMORESISTENTE										
MARCA	Ø	TIPO	CANT	DIMENSIONES					LONG. PARCIAL	LONGITUD TOTAL
				a	b	c	d	g		
VIGA 5										
Mc 510	18	L	4	7.85	0.15				8.00	32.00
Mc 511	18	I	4	11.70					11.70	46.80
Mc 512	18	L	4	7.85	0.15				8.00	32.00
Mc 513	18	L	4	11.85	0.15				12.00	48.00
Mc 514	18	I	4	4.70					4.70	18.80
Mc 515	18	L	4	11.85	0.15				12.00	48.00
VIGA 4										
Mc 410	18	L	4	7.85	0.15				8.00	32.00
Mc 411	18	I	4	11.70					11.70	46.80
Mc 412	18	L	4	7.85	0.15				8.00	32.00
Mc 413	18	L	4	11.85	0.15				12.00	48.00
Mc 414	18	I	4	4.70					4.70	18.80
Mc 415	18	L	4	11.85	0.15				12.00	48.00
VIGA 3										
Mc 310	18	L	4	7.85	0.15				8.00	32.00
Mc 311	18	I	4	11.70					11.70	46.80
Mc 312	18	L	4	7.85	0.15				8.00	32.00
Mc 313	18	L	4	11.85	0.15				12.00	48.00
Mc 314	18	I	4	4.70					4.70	18.80
Mc 315	18	L	4	11.85	0.15				12.00	48.00
VIGA 2										
Mc 210	18	L	5	7.85	0.15				8.00	40.00
Mc 211	18	I	5	11.70					11.70	58.50
Mc 212	18	L	5	7.85	0.15				8.00	40.00
Mc 213	18	L	4	11.85	0.15				12.00	48.00
Mc 214	18	I	4	4.70					4.70	18.80
Mc 215	18	L	4	11.85	0.15				12.00	48.00
VIGA 1										
Mc 210	18	L	5	7.85	0.15				8.00	40.00
Mc 211	18	I	5	11.70					11.70	58.50
Mc 212	18	L	5	7.85	0.15				8.00	40.00
Mc 213	18	L	4	11.85	0.15				12.00	48.00
Mc 214	18	I	4	4.70					4.70	18.80
Mc 215	18	L	4	11.85	0.15				12.00	48.00
									1183.40	
ESTRIBOS										
MARCA	Ø	TIPO	CANT	DIMENSIONES					LONG. PARCIAL	LONGITUD TOTAL
				a	b	c	d	g		
VIGAS										
Mc 10	10	O	440	0.25	0.35			0.065	1.33	585.2
Mc 11	10	O	300	0.35	0.35			0.1	1.6	480
									1065.2	
PLANILLA DE HIERROS COLUMNAS										
MARCA	Ø	TIPO	CANT	DIMENSIONES					LONG. PARCIAL	LONGITUD TOTAL
				a	b	c	d	g		
COLUMNAS										
Mc 50	18	C1	30	2.70	0.25	0.15			3.10	93.00
Mc 40	18	C1	30	2.70	0.25	0.15			3.10	93.00
Mc 30	18	C1	30	2.70	0.25	0.15			3.10	93.00
Mc 20	18	C1	30	2.70	0.25	0.15			3.10	93.00
Mc 10	18	C1	30	2.70	0.25	0.15			3.10	93.00
									465.00	



RESUMEN DE HIERROS VIGAS N + 0.00

Ø (mm)	LONG (m)	# VAR+3%	PESO (Kg)
8	0.00	0	0.00
10	1530.20	132	977.33
12	0.00	0	0.00
14	0.00	0	0.00
16	0.00	0	0.00
18	1183.40	102	2445.55
20	0.00	0	0.00
22	0.00	0	0.00
25	0.00	0	0.00
28	0.00	0	0.00
32	0.00	0	0.00
Total			3422.88

2713.60

RESUMEN DE HIERROS COLUMNAS

Ø (mm)	LONG (m)	# VAR+3%	PESO (Kg)
8	0.00	0	0.00
12	0.00	0	0.00
12	0.00	0	0.00
14	0.00	0	0.00
16	0.00	0	0.00
18	465.00	40	959.04
20	0.00	0	0.00
22	0.00	0	0.00
25	0.00	0	0.00
28	0.00	0	0.00
32	0.00	0	0.00
Total			959.04

465.00

CONCRETO DE 210 Kg/m²

PRECIO (M3)=	93	\$
SECCIÓN COL.:	40X40	
b=	0.4	cm
h=	0.4	cm
SECCIÓN VIG.:	40X45	
b=	0.4	cm
d=	0.45	cm
h. TOTAL COL=	13.5	m
n. COLUMNAS=	5	
l. TOTAL VIGAS=	24	m
n. VIGAS=	4	
Vol H²=	28.08	m³
Cant. De acero	4381.92	Kg



ANEXO 8

ARCHIVO tcl PARA REALIZAR EL ANÁLISIS PUSHOVER MEDIANTE EL PROGRAMA OPENSEES DEL PÓRTICO DE CINCO PISOS CON DISEÑO SISMORESISTENTE.

```
# Create ModelBuilder
# -----
model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 3

# Define geometry
# -----
# NODAL COORDINATES
node 101 0 0
node 102 6 0
node 103 12 0
node 104 18 0
node 105 24 0
node 201 0 2.7
node 202 6 2.7
node 203 12 2.7
node 204 18 2.7
node 205 24 2.7
node 301 0 5.4
node 302 6 5.4
node 303 12 5.4
node 304 18 5.4
node 305 24 5.4
node 401 0 8.1
node 402 6 8.1
node 403 12 8.1
node 404 18 8.1
node 405 24 8.1
node 501 0 10.8
node 502 6 10.8
node 503 12 10.8
node 504 18 10.8
node 505 24 10.8
node 601 0 13.5
node 602 6 13.5
node 603 12 13.5
node 604 18 13.5
node 605 24 13.5
# Define Single Point Constraints
# -----
# BONDARY CONDITIONS
fix 101 1 1 1
fix 102 1 1 1
fix 103 1 1 1
fix 104 1 1 1
fix 105 1 1 1
# -----
# NODAL MASSES
mass 201 19.9798165137615 0 0
mass 202 37.3743119266055 0 0
mass 203 37.9614678899082 0 0
mass 204 37.3743119266055 0 0
mass 205 19.6862385321101 0 0
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
mass 301 19.9798165137615 0 0
mass 302 37.3743119266055 0 0
mass 303 37.9614678899082 0 0
mass 304 1.99816513761468 0 0
mass 305 1.99816513761468 0 0
mass 401 19.9798165137615 0 0
mass 402 37.3743119266055 0 0
mass 403 37.9614678899082 0 0
mass 404 1.99816513761468 0 0
mass 405 1.99816513761468 0 0
mass 501 19.9798165137615 0 0
mass 502 37.3743119266055 0 0
mass 503 37.9614678899082 0 0
mass 504 1.99816513761468 0 0
mass 505 1.99816513761468 0 0
mass 601 18.9807339449541 0 0
mass 602 36.9623853211009 0 0
mass 603 36.3752293577982 0 0
mass 604 0.999082568807339 0 0
mass 605 0.999082568807339 0 0
```

```
# Define material(s)
```

```
# -----
```

```
# MATERIALS
```

```
uniaxialMaterial Concrete01 1 -32865.2945975269 -7.65014028453661E-03
-26292.2356780215 -2.18912134274387E-02
```

```
uniaxialMaterial Concrete01 2 -21000 -0.002 0 -0.004
```

```
uniaxialMaterial Steel01 3 420000 200000000 0.05 0.00 1.00
0.00 1.00
```

```
uniaxialMaterial Elastic 4 100000000 0
```

```
# Define sections(s)
```

```
# -----
```

```
# REINFORCEMENT RECTANGULAR SECTIONS
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 1 {
```

```
    # Define la capa de confinamiento
```

```
    patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
```

```
0.235 0.235
```

```
    # Define las cuatro capas de recubrimiento
```

```
    patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
```

```
0.275
```

```
    patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
```

```
0.235 -0.235
```

```
    patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
```

```
0.235 0.235
```

```
    patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
```

```
0.275
```

```
    # define las capas de reforzamiento
```

```
    layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
```

```
0.235
```

```
    layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
```

```
0.235
```




"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 6 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
layer straight 3 6 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 2 {  
  # Define la capa de confinamiento  
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235  
0.235 0.235  
  
  # Define las cuatro capas de recubrimiento  
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275  
0.275  
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275  
0.235 -0.235  
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -  
0.235 0.235  
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275  
0.275  
  
  # define las capas de reforzamiento  
  layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235  
0.235  
  layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 6 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 6 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 3 {  
  # Define la capa de confinamiento  
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235  
0.235 0.235  
  
  # Define las cuatro capas de recubrimiento  
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275  
0.275  
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275  
0.235 -0.235  
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -  
0.235 0.235  
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275  
0.275  
  
  # define las capas de reforzamiento  
  layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235  
0.235  
  layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 6 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 6 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```



```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 4 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
  layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 6 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 6 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 5 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
  layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 6 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 6 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 6 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.275 patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.235 -0.235
0.235 patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
0.275 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275

# define las capas de reforzamiento
0.235 layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235 layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 7 {
  # Define la capa de confinamiento
  0.235 patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
  0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  0.275 patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
  0.235 -0.235
  0.235 patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
  0.235 0.235
  0.275 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275

  # define las capas de reforzamiento
  0.235 layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
  0.235 layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
  0.235 layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
  0.235 layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
  0.235 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 8 {
  # Define la capa de confinamiento
  0.235 patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
  0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  0.275 patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
  0.235 -0.235
  0.235 patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
  0.235 0.235
  0.275 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
0.235 0.235 patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.275 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275
# define las capas de reforzamiento
0.235 layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235 layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235 }
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 9 {
# Define la capa de confinamiento
0.235 0.235 patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.275 patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.235 -0.235 patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 0.235 patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275
# define las capas de reforzamiento
0.235 layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235 layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235 }
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 10 {
# Define la capa de confinamiento
0.235 0.235 patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.275 patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.235 -0.235 patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 0.235 patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275
# define las capas de reforzamiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}
```

DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA

```
section Fiber 11 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}
```

DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA

```
section Fiber 12 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
}
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 13 {  
  # Define la capa de confinamiento  
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235  
0.235 0.235  
  
  # Define las cuatro capas de recubrimiento  
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275  
0.275  
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275  
0.235 -0.235  
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -  
0.235 0.235  
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275  
0.275  
  
  # define las capas de reforzamiento  
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235  
0.235  
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 14 {  
  # Define la capa de confinamiento  
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235  
0.235 0.235  
  
  # Define las cuatro capas de recubrimiento  
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275  
0.275  
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275  
0.235 -0.235  
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -  
0.235 0.235  
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275  
0.275  
  
  # define las capas de reforzamiento  
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235  
0.235  
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 15 {
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 16 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 17 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

# Define las cuatro capas de recubrimiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 18 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235
  layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 19 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235
0.235 0.235

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.275
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235
```




"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
0.275 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275
# define las capas de reforzamiento
0.235 layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235 layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 20 {
# Define la capa de confinamiento
0.235 0.235 patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235

# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.275 patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.235 patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235 patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

# define las capas de reforzamiento
0.235 layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
0.235 layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -
0.235 layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -
0.235 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 21 {
# Define la capa de confinamiento
0.235 0.235 patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235

# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.275 patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275
0.235 patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275
0.235 -0.235 patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -
0.235 0.235 patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275
0.275

# define las capas de reforzamiento
0.235 layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```

DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA

```
section Fiber 22 {  
  # Define la capa de confinamiento  
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235  
0.235 0.235  
  
  # Define las cuatro capas de recubrimiento  
0.275  
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275  
0.235 -0.235  
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275  
0.235 0.235  
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -  
0.235 0.235  
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275  
0.275  
  
  # define las capas de reforzamiento  
0.235  
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235  
0.235  
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}
```

DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA

```
section Fiber 23 {  
  # Define la capa de confinamiento  
  patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235  
0.235 0.235  
  
  # Define las cuatro capas de recubrimiento  
0.275  
  patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275  
0.235 -0.235  
  patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275  
0.235 0.235  
  patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -  
0.235 0.235  
  patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275  
0.275  
  
  # define las capas de reforzamiento  
0.235  
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235  
0.235  
  layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
  layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235
```



```
}  
  
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA  
section Fiber 24 {  
    # Define la capa de confinamiento  
    patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235  
0.235 0.235  
  
    # Define las cuatro capas de recubrimiento  
    patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275  
0.275  
    patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275  
0.235 -0.235  
    patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -  
0.235 0.235  
    patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275  
0.275  
  
    # define las capas de reforzamiento  
    layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235  
0.235  
    layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
    layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
    layer straight 3 2 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}  
  
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA  
section Fiber 25 {  
    # Define la capa de confinamiento  
    patch quad 1 10 8 -0.235 0.235 -0.235 -0.235 0.235 -0.235  
0.235 0.235  
  
    # Define las cuatro capas de recubrimiento  
    patch quad 2 2 15 -0.275 0.275 -0.235 0.235 0.235 0.235 0.275  
0.275  
    patch quad 2 2 15 -0.235 -0.235 -0.275 -0.275 0.275 -0.275  
0.235 -0.235  
    patch quad 2 15 2 -0.275 0.275 -0.275 -0.275 -0.235 -0.235 -  
0.235 0.235  
    patch quad 2 15 2 0.235 0.235 0.235 -0.235 0.275 -0.275 0.275  
0.275  
  
    # define las capas de reforzamiento  
    layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 0.235  
0.235  
    layer straight 3 1 6.15752160103601E-04 -0.235 -0.235 0.235 -  
0.235  
    layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 0.235 0.235 0.235 -  
0.235  
    layer straight 3 3 6.15752160103601E-04 -0.235 0.235 -0.235 -  
0.235  
}  
  
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA  
section Fiber 26 {  
    # Define la capa de confinamiento  
    patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21
```



```
# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 27 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 28 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 29 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21
```



```
# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 30 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 31 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 32 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21
```



```
# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
0.21 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
0.21 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 33 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
0.21 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
0.21 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 34 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
0.21 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
0.21 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 35 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21
```



```
# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 36 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 37 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 38 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21
```



```
# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 39 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 40 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 41 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21
```




```
# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 42 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 43 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 44 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21
```



```
# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 45 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.21 -0.16 -0.21 0.16 -0.21 0.16 0.21

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.25 -0.16 0.21 0.16 0.21 0.2 0.25
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.21 -0.2 -0.25 0.2 -0.25 0.16 -0.21
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.25 -0.2 -0.25 -0.16 -0.21 -0.16 0.21
  patch quad 2 10 2 0.16 0.21 0.16 -0.21 0.2 -0.25 0.2 0.25

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 0.16 0.21
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.21 0.16 -
0.21
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.21 0.16 -0.21
  layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.16 0.21 -0.16 -
0.21
}

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 1
section Aggregator 46 4 Vy -section 1
section Aggregator 47 4 Vy -section 2
section Aggregator 48 4 Vy -section 3
section Aggregator 49 4 Vy -section 4
section Aggregator 50 4 Vy -section 5

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 2
section Aggregator 51 4 Vy -section 6
section Aggregator 52 4 Vy -section 7
section Aggregator 53 4 Vy -section 8
section Aggregator 54 4 Vy -section 9
section Aggregator 55 4 Vy -section 10

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 3
section Aggregator 56 4 Vy -section 11
section Aggregator 57 4 Vy -section 12
section Aggregator 58 4 Vy -section 13
section Aggregator 59 4 Vy -section 14
section Aggregator 60 4 Vy -section 15

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 4
section Aggregator 61 4 Vy -section 16
section Aggregator 62 4 Vy -section 17
```



```
section Aggregator 63 4 Vy -section 18
section Aggregator 64 4 Vy -section 19
section Aggregator 65 4 Vy -section 20

# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 5
section Aggregator 66 4 Vy -section 21
section Aggregator 67 4 Vy -section 22
section Aggregator 68 4 Vy -section 23
section Aggregator 69 4 Vy -section 24
section Aggregator 70 4 Vy -section 25

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 1
section Aggregator 71 4 Vy -section 26
section Aggregator 72 4 Vy -section 27
section Aggregator 73 4 Vy -section 28
section Aggregator 74 4 Vy -section 29

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 2
section Aggregator 75 4 Vy -section 30
section Aggregator 76 4 Vy -section 31
section Aggregator 77 4 Vy -section 32
section Aggregator 78 4 Vy -section 33

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 3
section Aggregator 79 4 Vy -section 34
section Aggregator 80 4 Vy -section 35
section Aggregator 81 4 Vy -section 36
section Aggregator 82 4 Vy -section 37

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 4
section Aggregator 83 4 Vy -section 38
section Aggregator 84 4 Vy -section 39
section Aggregator 85 4 Vy -section 40
section Aggregator 86 4 Vy -section 41

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 5
section Aggregator 87 4 Vy -section 42
section Aggregator 88 4 Vy -section 43
section Aggregator 89 4 Vy -section 44
section Aggregator 90 4 Vy -section 45

# -----
# TRANSFORMATION
geomTransf Linear 1

# CONECTIVITY
# Define Beam-Column Elements
# COLUMNAS
element nonlinearBeamColumn 101 101 201 5 46 1
element nonlinearBeamColumn 102 102 202 5 47 1
element nonlinearBeamColumn 103 103 203 5 48 1
element nonlinearBeamColumn 104 104 204 5 49 1
element nonlinearBeamColumn 105 105 205 5 50 1
element nonlinearBeamColumn 201 201 301 5 51 1
element nonlinearBeamColumn 202 202 302 5 52 1
element nonlinearBeamColumn 203 203 303 5 53 1
element nonlinearBeamColumn 204 204 304 5 54 1
element nonlinearBeamColumn 205 205 305 5 55 1
element nonlinearBeamColumn 301 301 401 5 56 1
```



```
element nonlinearBeamColumn 302 302 402 5 57 1
element nonlinearBeamColumn 303 303 403 5 58 1
element nonlinearBeamColumn 304 304 404 5 59 1
element nonlinearBeamColumn 305 305 405 5 60 1
element nonlinearBeamColumn 401 401 501 5 61 1
element nonlinearBeamColumn 402 402 502 5 62 1
element nonlinearBeamColumn 403 403 503 5 63 1
element nonlinearBeamColumn 404 404 504 5 64 1
element nonlinearBeamColumn 405 405 505 5 65 1
element nonlinearBeamColumn 501 501 601 5 66 1
element nonlinearBeamColumn 502 502 602 5 67 1
element nonlinearBeamColumn 503 503 603 5 68 1
element nonlinearBeamColumn 504 504 604 5 69 1
element nonlinearBeamColumn 505 505 605 5 70 1
# VIGAS
element nonlinearBeamColumn 601 201 202 5 71 1
element nonlinearBeamColumn 602 202 203 5 72 1
element nonlinearBeamColumn 603 203 204 5 73 1
element nonlinearBeamColumn 604 204 205 5 74 1
element nonlinearBeamColumn 701 301 302 5 75 1
element nonlinearBeamColumn 702 302 303 5 76 1
element nonlinearBeamColumn 703 303 304 5 77 1
element nonlinearBeamColumn 704 304 305 5 78 1
element nonlinearBeamColumn 801 401 402 5 79 1
element nonlinearBeamColumn 802 402 403 5 80 1
element nonlinearBeamColumn 803 403 404 5 81 1
element nonlinearBeamColumn 804 404 405 5 82 1
element nonlinearBeamColumn 901 501 502 5 83 1
element nonlinearBeamColumn 902 502 503 5 84 1
element nonlinearBeamColumn 903 503 504 5 85 1
element nonlinearBeamColumn 904 504 505 5 86 1
element nonlinearBeamColumn 1001 601 602 5 87 1
element nonlinearBeamColumn 1002 602 603 5 88 1
element nonlinearBeamColumn 1003 603 604 5 89 1
element nonlinearBeamColumn 1004 604 605 5 90 1

# -----
# RECORDERS
recorder Node -file DispPush_5_PISOS_0.4g_DBF_P.out -time -node 205
305 405 505 605 -dof 1 disp
# -----
# DEFINE GRAVITY LOADS
pattern Plain 1 Linear {
  load 201 0 -196.002 0
  load 202 0 -366.642 0
  load 203 0 -372.402 0
  load 204 0 -366.642 0
  load 205 0 -193.122 0
  load 301 0 -196.002 0
  load 302 0 -366.642 0
  load 303 0 -372.402 0
  load 304 0 -19.602 0
  load 305 0 -19.602 0
  load 401 0 -196.002 0
  load 402 0 -366.642 0
  load 403 0 -372.402 0
  load 404 0 -19.602 0
  load 405 0 -19.602 0
  load 501 0 -196.002 0
  load 502 0 -366.642 0
```



```
load 503 0 -372.402 0
load 504 0 -19.602 0
load 505 0 -19.602 0
load 601 0 -186.201 0
load 602 0 -362.601 0
load 603 0 -356.841 0
load 604 0 -9.801 0
load 605 0 -9.801 0
}
# -----
system UmfPack
constraints Plain
test NormDispIncr 1.0e-5 10 0
algorithm Newton
numberer RCM
integrator LoadControl 0.1 1 0.1 0.1
analysis Static
initialize

# RUN GRAVITY ANALYSIS
analyze 10
loadConst -time 0.0
puts "Model Build"
set LBuilding 13.5
set Tol 1e-8
set IDctrlNode 605
set IDctrlDOF 1
set LunitTXT "m"
set Dmax [expr 0.04*$LBuilding ];           # maximum displacement of
pushover. push to 4% drift.
set Dincr [expr 0.0001*$LBuilding ];       # displacement increment.
you want this to be small, but not too small to slow analysis
pattern Plain 200 Linear {
  load 201 1 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 202 1 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 203 1 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 204 1 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 205 1 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 301 2 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 302 2 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 303 2 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 304 2 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 305 2 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 401 3 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 402 3 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 403 3 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 404 3 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 405 3 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 501 4 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 502 4 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 503 4 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 504 4 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 505 4 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 601 5 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 602 5 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 603 5 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 604 5 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 605 5 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
}
constraints Plain
```



```
numberer RCM
system BandGeneral
variable TolStatic 1.e-8
variable maxNumIterStatic 6
variable printFlagStatic 0
variable testTypeStatic EnergyIncr
test $testTypeStatic $TolStatic $maxNumIterStatic $printFlagStatic
variable maxNumIterConvergeStatic 2000;
variable printFlagConvergeStatic 0;
variable algorithmTypeStatic Newton
algorithm $algorithmTypeStatic;
integrator DisplacementControl $IDctrlNode $IDctrlDOF $Dincr
set analysisTypeStatic Static
analysis $analysisTypeStatic

set Nsteps [expr int($Dmax/$Dincr)]
set ok [analyze $Nsteps]
set fmt1 "%s Pushover analysis: CtrlNode %.3i, dof %.1i, Disp=%.4f %s"

if {$ok != 0} {
  set Dstep 0.0
  set ok 0
  while {$Dstep <= 1.0 && $ok == 0} {
    set controlDisp [nodeDisp $IDctrlNode $IDctrlDOF ]
    set Dstep [expr $controlDisp/$Dmax]
    set ok [analyze 1 ]
    if {$ok != 0} {
      puts "Trying Newton with Initial Tangent .."
      test NormDispIncr $Tol 2000 0
      algorithm Newton - initial
      set ok [analyze 1]
      test $testTypeStatic $TolStatic $maxNumIterStatic
1
      algorithm $algorithmTypeStatic
    }
    if {$ok != 0} {
      puts "Trying Broyden .."
      algorithm Broyden 8
      set ok [analyze 1 ]
      algorithm $algorithmTypeStatic
    }
    if {$ok != 0} {
      puts "Trying NewtonWithLineSearch .."
      algorithm NewtonLineSearch 0.8
      set ok [analyze 1]
      algorithm $algorithmTypeStatic
    }
  }
}
# -----
-----

if {$ok != 0} {
  puts [format $fmt1 "PROBLEM" $IDctrlNode $IDctrlDOF [nodeDisp
$IDctrlNode $IDctrlDOF] $LunitTXT]
} else {
  puts [format $fmt1 "DONE" $IDctrlNode $IDctrlDOF [nodeDisp
$IDctrlNode $IDctrlDOF] $LunitTXT]
}
```



ANEXO 9

ARCHIVO tcl PARA REALIZAR EL ANÁLISIS PUSHOVER MEDIANTE EL PROGRAMA OPENSEES DEL PÓRTICO DE CINCO PISOS SIN DISEÑO SISMORESISTENTE.

```
# Create ModelBuilder
# -----
model BasicBuilder -ndm 2 -ndf 3

# Define geometry
# -----
# NODAL COORDINATES
node 101 0 0
node 102 6 0
node 103 12 0
node 104 18 0
node 105 24 0
node 201 0 2.7
node 202 6 2.7
node 203 12 2.7
node 204 18 2.7
node 205 24 2.7
node 301 0 5.4
node 302 6 5.4
node 303 12 5.4
node 304 18 5.4
node 305 24 5.4
node 401 0 8.1
node 402 6 8.1
node 403 12 8.1
node 404 18 8.1
node 405 24 8.1
node 501 0 10.8
node 502 6 10.8
node 503 12 10.8
node 504 18 10.8
node 505 24 10.8
node 601 0 13.5
node 602 6 13.5
node 603 12 13.5
node 604 18 13.5
node 605 24 13.5

# Define Single Point Constraints
# -----
# BONDARY CONDITIONS
fix 101 1 1 1
fix 102 1 1 1
fix 103 1 1 1
fix 104 1 1 1
fix 105 1 1 1
# -----
# NODAL MASSES
mass 201 18.8917431192661 0 0
mass 202 36.4330275229358 0 0
mass 203 36.7266055045872 0 0
mass 204 36.4330275229358 0 0
mass 205 18.7449541284404 0 0
```



```
mass 301 18.8917431192661 0 0
mass 302 36.4330275229358 0 0
mass 303 36.7266055045872 0 0
mass 304 1.05688073394495 0 0
mass 305 1.05688073394495 0 0
mass 401 18.8917431192661 0 0
mass 402 36.4330275229358 0 0
mass 403 36.7266055045872 0 0
mass 404 1.05688073394495 0 0
mass 405 1.05688073394495 0 0
mass 501 18.8917431192661 0 0
mass 502 36.4330275229358 0 0
mass 503 36.7266055045872 0 0
mass 504 1.05688073394495 0 0
mass 505 1.05688073394495 0 0
mass 601 18.3633027522936 0 0
mass 602 36.1981651376147 0 0
mass 603 35.9045871559633 0 0
mass 604 0.528440366972477 0 0
mass 605 0.528440366972477 0 0
```

```
# Define material(s)
```

```
# -----
```

```
# MATERIALS
```

```
uniaxialMaterial Concrete01 1 -32865.2945975269 -7.65014028453661E-03
-26292.2356780215 -2.18912134274387E-02
```

```
uniaxialMaterial Concrete01 2 -21000 -0.002 0 -0.004
```

```
uniaxialMaterial Steel01 3 420000 200000000 0.05 0.00 1.00
0.00 1.00
```

```
uniaxialMaterial Elastic 4 100000000 0
```

```
# Define sections(s)
```

```
# -----
```

```
# REINFORCEMENT RECTANGULAR SECTIONS
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 1 {
```

```
  # Define la capa de confinamiento
```

```
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16
```

```
  # Define las cuatro capas de recubrimiento
```

```
  patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
```

```
  patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
```

```
  patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
```

```
  patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2
```

```
  # define las capas de reforzamiento
```

```
  layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
```

```
  layer straight 3 4 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
```

```
0.16
```

```
  layer straight 3 5 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
```

```
  layer straight 3 5 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
```

```
0.16
```

```
}
```

```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
```

```
section Fiber 2 {
```




```
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 3 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 4 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 5 {
```



```
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 6 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 7 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 8 {
```



```
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 9 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 10 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 11 {
```



```
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 12 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 13 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 14 {
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 15 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 16 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 17 {
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 18 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 19 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 20 {
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 21 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 22 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 23 {
```



```
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 24 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA COLUMNA
section Fiber 25 {
# Define la capa de confinamiento
patch quad 1 10 8 -0.16 0.16 -0.16 -0.16 0.16 -0.16 0.16 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 15 -0.2 0.2 -0.16 0.16 0.16 0.16 0.2 0.2
patch quad 2 2 15 -0.16 -0.16 -0.2 -0.2 0.2 -0.2 0.16 -0.16
patch quad 2 15 2 -0.2 0.2 -0.2 -0.2 -0.16 -0.16 -0.16 0.16
patch quad 2 15 2 0.16 0.16 0.16 -0.16 0.2 -0.2 0.2 0.2

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 0.16 0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 -0.16 0.16 -
0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 0.16 0.16 0.16 -0.16
layer straight 3 0 6.15752160103601E-04 -0.16 0.16 -0.16 -
0.16
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 26 {
```




```
# Define la capa de confinamiento
0.185 patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.185 patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
0.185 patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

# define las capas de reforzamiento
0.185 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 27 {
# Define la capa de confinamiento
0.185 patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.185 patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
0.185 patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

# define las capas de reforzamiento
0.185 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 28 {
# Define la capa de confinamiento
0.185 patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16

# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.185 patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
0.185 patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 }
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 29 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 30 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
```



```
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 31 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 32 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 33 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
# Define las cuatro capas de recubrimiento
patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

# define las capas de reforzamiento
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 34 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 35 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 36 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 37 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}
```



```
# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 38 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 39 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 40 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

# define las capas de reforzamiento
0.185 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 41 {
  # Define la capa de confinamiento
0.185 patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
0.185 patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
0.185 patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
0.185 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185 }

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 42 {
  # Define la capa de confinamiento
0.185 patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
0.185 patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
0.185 patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
0.185 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 43 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 44 {
  # Define la capa de confinamiento
  patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185

  # Define las cuatro capas de recubrimiento
  patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
  patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185
  patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185
  patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225

  # define las capas de reforzamiento
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185
  layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185
  layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185
}

# DEFINIMOS LA SECCION FIBRA VIGA
section Fiber 45 {
  # Define la capa de confinamiento
```




"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
0.185 patch quad 1 10 8 -0.16 0.185 -0.16 -0.185 0.16 -0.185 0.16
0.185
# Define las cuatro capas de recubrimiento
0.185 patch quad 2 2 10 -0.2 0.225 -0.16 0.185 0.16 0.185 0.2 0.225
0.185 patch quad 2 2 10 -0.16 -0.185 -0.2 -0.225 0.2 -0.225 0.16 -
0.185 patch quad 2 10 2 -0.2 0.225 -0.2 -0.225 -0.16 -0.185 -0.16
0.185 patch quad 2 10 2 0.16 0.185 0.16 -0.185 0.2 -0.225 0.2 0.225
# define las capas de reforzamiento
0.185 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 0.16
0.185 layer straight 3 0 4.90873852123406E-04 -0.16 -0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 2 4.90873852123406E-04 0.16 0.185 0.16 -
0.185 layer straight 3 5 4.90873852123406E-04 -0.16 0.185 -0.16 -
0.185 }
# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 1
section Aggregator 46 4 Vy -section 1
section Aggregator 47 4 Vy -section 2
section Aggregator 48 4 Vy -section 3
section Aggregator 49 4 Vy -section 4
section Aggregator 50 4 Vy -section 5
# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 2
section Aggregator 51 4 Vy -section 6
section Aggregator 52 4 Vy -section 7
section Aggregator 53 4 Vy -section 8
section Aggregator 54 4 Vy -section 9
section Aggregator 55 4 Vy -section 10
# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 3
section Aggregator 56 4 Vy -section 11
section Aggregator 57 4 Vy -section 12
section Aggregator 58 4 Vy -section 13
section Aggregator 59 4 Vy -section 14
section Aggregator 60 4 Vy -section 15
# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 4
section Aggregator 61 4 Vy -section 16
section Aggregator 62 4 Vy -section 17
section Aggregator 63 4 Vy -section 18
section Aggregator 64 4 Vy -section 19
section Aggregator 65 4 Vy -section 20
# SECCION AGGREGATOR PARA COLUMNAS Nivel: 5
section Aggregator 66 4 Vy -section 21
section Aggregator 67 4 Vy -section 22
section Aggregator 68 4 Vy -section 23
section Aggregator 69 4 Vy -section 24
section Aggregator 70 4 Vy -section 25
# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 1
section Aggregator 71 4 Vy -section 26
section Aggregator 72 4 Vy -section 27
```



```
section Aggregator 73 4 Vy -section 28
section Aggregator 74 4 Vy -section 29

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 2
section Aggregator 75 4 Vy -section 30
section Aggregator 76 4 Vy -section 31
section Aggregator 77 4 Vy -section 32
section Aggregator 78 4 Vy -section 33

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 3
section Aggregator 79 4 Vy -section 34
section Aggregator 80 4 Vy -section 35
section Aggregator 81 4 Vy -section 36
section Aggregator 82 4 Vy -section 37

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 4
section Aggregator 83 4 Vy -section 38
section Aggregator 84 4 Vy -section 39
section Aggregator 85 4 Vy -section 40
section Aggregator 86 4 Vy -section 41

# SECCION AGGREGATOR VIGAS NIVEL: 5
section Aggregator 87 4 Vy -section 42
section Aggregator 88 4 Vy -section 43
section Aggregator 89 4 Vy -section 44
section Aggregator 90 4 Vy -section 45

# -----

# TRANSFORMATION
geomTransf Linear 1

# CONECTIVITY
# Define Beam-Column Elements
# COLUMNAS
element nonlinearBeamColumn 101 101 201 5 46 1
element nonlinearBeamColumn 102 102 202 5 47 1
element nonlinearBeamColumn 103 103 203 5 48 1
element nonlinearBeamColumn 104 104 204 5 49 1
element nonlinearBeamColumn 105 105 205 5 50 1
element nonlinearBeamColumn 201 201 301 5 51 1
element nonlinearBeamColumn 202 202 302 5 52 1
element nonlinearBeamColumn 203 203 303 5 53 1
element nonlinearBeamColumn 204 204 304 5 54 1
element nonlinearBeamColumn 205 205 305 5 55 1
element nonlinearBeamColumn 301 301 401 5 56 1
element nonlinearBeamColumn 302 302 402 5 57 1
element nonlinearBeamColumn 303 303 403 5 58 1
element nonlinearBeamColumn 304 304 404 5 59 1
element nonlinearBeamColumn 305 305 405 5 60 1
element nonlinearBeamColumn 401 401 501 5 61 1
element nonlinearBeamColumn 402 402 502 5 62 1
element nonlinearBeamColumn 403 403 503 5 63 1
element nonlinearBeamColumn 404 404 504 5 64 1
element nonlinearBeamColumn 405 405 505 5 65 1
element nonlinearBeamColumn 501 501 601 5 66 1
element nonlinearBeamColumn 502 502 602 5 67 1
element nonlinearBeamColumn 503 503 603 5 68 1
```



"COMPARACIÓN DE ESTRUCTURAS CON Y SIN DISEÑO SISMORESISTENTE"

```
element nonlinearBeamColumn 504 504 604 5 69 1
element nonlinearBeamColumn 505 505 605 5 70 1
# VIGAS
element nonlinearBeamColumn 601 201 202 5 71 1
element nonlinearBeamColumn 602 202 203 5 72 1
element nonlinearBeamColumn 603 203 204 5 73 1
element nonlinearBeamColumn 604 204 205 5 74 1
element nonlinearBeamColumn 701 301 302 5 75 1
element nonlinearBeamColumn 702 302 303 5 76 1
element nonlinearBeamColumn 703 303 304 5 77 1
element nonlinearBeamColumn 704 304 305 5 78 1
element nonlinearBeamColumn 801 401 402 5 79 1
element nonlinearBeamColumn 802 402 403 5 80 1
element nonlinearBeamColumn 803 403 404 5 81 1
element nonlinearBeamColumn 804 404 405 5 82 1
element nonlinearBeamColumn 901 501 502 5 83 1
element nonlinearBeamColumn 902 502 503 5 84 1
element nonlinearBeamColumn 903 503 504 5 85 1
element nonlinearBeamColumn 904 504 505 5 86 1
element nonlinearBeamColumn 1001 601 602 5 87 1
element nonlinearBeamColumn 1002 602 603 5 88 1
element nonlinearBeamColumn 1003 603 604 5 89 1
element nonlinearBeamColumn 1004 604 605 5 90 1

# -----
# RECORDERS
recorder Node -file DispPush_5_PISOS_sin_sismo_DBF_P.out -time -node
205 305 405 505 605 -dof 1 disp

# -----

# DEFINE GRAVITY LOADS
pattern Plain 1 Linear {
  load 201 0 -185.328 0
  load 202 0 -357.408 0
  load 203 0 -360.288 0
  load 204 0 -357.408 0
  load 205 0 -183.888 0
  load 301 0 -185.328 0
  load 302 0 -357.408 0
  load 303 0 -360.288 0
  load 304 0 -10.368 0
  load 305 0 -10.368 0
  load 401 0 -185.328 0
  load 402 0 -357.408 0
  load 403 0 -360.288 0
  load 404 0 -10.368 0
  load 405 0 -10.368 0
  load 501 0 -185.328 0
  load 502 0 -357.408 0
  load 503 0 -360.288 0
  load 504 0 -10.368 0
  load 505 0 -10.368 0
  load 601 0 -180.144 0
  load 602 0 -355.104 0
  load 603 0 -352.224 0
  load 604 0 -5.184 0
  load 605 0 -5.184 0
}
```



```
# -----
system UmfPack
constraints Plain
test NormDispIncr 1.0e-5 10 0
algorithm Newton
numberer RCM
integrator LoadControl 0.1 1 0.1 0.1
analysis Static
initialize

# RUN GRAVITY ANALYSIS
analyze 10
loadConst -time 0.0
puts "Model Build"
set LBuilding 13.5
set Tol 1e-8
set IDctrlNode 605
set IDctrlDOF 1
set LunitTXT "m"
set Dmax [expr 0.04*$LBuilding ];          # maximum displacement of
pushover. push to 4% drift.
set Dincr [expr 0.0001*$LBuilding ];      # displacement increment.
you want this to be small, but not too small to slow analysis

pattern Plain 200 Linear {
  load 201 1 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 202 1 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 203 1 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 204 1 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 205 1 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 301 2 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 302 2 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 303 2 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 304 2 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 305 2 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 401 3 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 402 3 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 403 3 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 404 3 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 405 3 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 501 4 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 502 4 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 503 4 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 504 4 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 505 4 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 601 5 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 602 5 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 603 5 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 604 5 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
  load 605 5 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9 1e-9
}

constraints Plain
numberer RCM
system BandGeneral
variable TolStatic 1.e-8
variable maxNumIterStatic 6
variable printFlagStatic 0
variable testTypeStatic EnergyIncr
```



```
test $testTypeStatic $TolStatic $maxNumIterStatic $printFlagStatic
variable maxNumIterConvergeStatic 2000;
variable printFlagConvergeStatic 0;
variable algorithmTypeStatic Newton
algorithm $algorithmTypeStatic;
integrator DisplacementControl $IDctrlNode $IDctrlDOF $Dincr
set analysisTypeStatic Static
analysis $analysisTypeStatic

set Nsteps [expr int($Dmax/$Dincr)]
set ok [analyze $Nsteps]
set fmt1 "%s Pushover analysis: CtrlNode %.3i, dof %.1i, Disp=%.4f %s"

if {$ok != 0} {
  set Dstep 0.0
  set ok 0
  while {$Dstep <= 1.0 && $ok == 0} {
    set controlDisp [nodeDisp $IDctrlNode $IDctrlDOF ]
    set Dstep [expr $controlDisp/$Dmax]
    set ok [analyze 1 ]
    if {$ok != 0} {
      puts "Trying Newton with Initial Tangent .."
      test NormDispIncr $Tol 2000 0
      algorithm Newton - initial
      set ok [analyze 1]
      test $testTypeStatic $TolStatic $maxNumIterStatic
1
      algorithm $algorithmTypeStatic
    }
    if {$ok != 0} {
      puts "Trying Broyden .."
      algorithm Broyden 8
      set ok [analyze 1 ]
      algorithm $algorithmTypeStatic
    }
    if {$ok != 0} {
      puts "Trying NewtonWithLineSearch .."
      algorithm NewtonLineSearch 0.8
      set ok [analyze 1]
      algorithm $algorithmTypeStatic
    }
  }
}
# -----
-----

if {$ok != 0} {
  puts [format $fmt1 "PROBLEM" $IDctrlNode $IDctrlDOF [nodeDisp
$IDctrlNode $IDctrlDOF] $LunitTXT]
} else {
  puts [format $fmt1 "DONE" $IDctrlNode $IDctrlDOF [nodeDisp
$IDctrlNode $IDctrlDOF] $LunitTXT]
}
```

REFERENCIAS

REFERENCIAS

1. Open System for Earthquake Engineering Simulation (OpenSees). 2005 (accessed). User Manual. <http://opensees.berkeley.edu/>.
2. Esperanza Maldonado Rondón y Gustavo Chio Cho. Análisis Sísmico de Edificios. (2004) Editorial Universidad de Santander (Bucaramanga Colombia).
3. Bazán/Meli. Diseño Sísmico de Edificios (1998) Editorial Limusa (Noriega editores).
4. Luis M. Bozzo. Alex H. Barbat. Diseño sísmico de edificios (Técnicas Comerciales y Avanzadas) Editorial Reverte S.A.
5. ACI 318S-05. Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario.
6. Código Ecuatoriano de la Construcción CEC-2002, Peligro sísmico, espectros de diseño y requerimientos mínimos de cálculo para diseño sismoresistente.
7. José Morocho Cevallos (Tesis: "Estudio del desempeño sísmico de puentes mediante el análisis no lineal estático") 2007

LISTADO DE TABLAS

- Tabla 2.1 Registros sísmicos
- Tabla 3.1 Datos generales pórtico con diseño sismoresistente.
- Tabla 3.2 Datos para espectro de diseño
- Tabla 3. 3 Cortantes Vigas Carga Viva
- Tabla 3. 4 Momentos Vigas Carga Viva
- Tabla 3. 5 Cortantes Columnas Carga Viva
- Tabla 3. 6 Momentos Columnas Carga Viva
- Tabla 3. 7 Cortantes Vigas Carga Muerta
- Tabla 3. 8 Momentos Vigas Carga Muerta
- Tabla 3. 9 Cortantes Columnas Carga Muerta
- Tabla 3. 10 Momentos Columnas Vigas Carga Muerta
- Tabla 3. 11 Cortantes Vigas Sismo
- Tabla 3. 12 Momentos Vigas Sismo
- Tabla 3. 13 Cortantes Columnas Sismo
- Tabla 3. 14 Momentos Columnas Sismo
- Tabla 3. 15 Momentos Vigas Combo 1
- Tabla 3. 16 Momentos Columnas Combo 1
- Tabla 3. 17 Momentos Vigas Combo 2
- Tabla 3. 18 Momentos Columnas Combo 2
- Tabla 3. 19 Momentos Vigas Combo 3
- Tabla 3. 20 Momentos Columnas Combo 3
- Tabla 3. 21 Momentos Vigas Combo 4
- Tabla 3. 22 Momentos Columnas Combo 4
- Tabla 3. 23 Momentos Vigas Combo 5
- Tabla 3. 24 Momentos Columnas Combo 5
- Tabla 3. 25 Momentos Vigas Combo 6
- Tabla 3. 26 Momentos Columnas Combo 6
- Tabla 3. 27 Momentos Vigas Combo 7
- Tabla 3. 28 Momentos Columnas Combo 7

Tabla 3. 29 Envolvente Momentos Vigas
Tabla 3. 30 Envolvente Momentos Columnas.
Tabla 3. 31 Sección de Reforzamiento en Vigas (cm²)
Tabla 3. 32 Iteraciones de equilibrio.
Tabla 3. 33 Cuantía de Columnas (%).
Tabla 3. 34 Secciones de Refuerzo en Columnas (cm²)
Tabla 3.35 Datos generales pórtico sin diseño sismoresistente.
Tabla 3. 36 Cortantes Vigas Carga Viva.
Tabla 3. 37 Momentos Vigas Carga Viva
Tabla 3. 38 Cortantes Columnas Carga Viva
Tabla 3. 39 Momentos Columnas Carga Viva
Tabla 3. 40 Cortantes Vigas Carga Muerta
Tabla 3. 41 Momentos Vigas Carga Muerta
Tabla 3. 42 Cortantes Columnas Carga Muerta
Tabla 3. 43 Momentos Columnas Vigas Carga Muerta
Tabla 3. 44 Momentos Vigas Combo 1
Tabla 3. 45 Momentos Columnas Combo 1
Tabla 3. 46 Momentos Vigas Combo 2
Tabla 3. 47 Momentos Columnas Combo 2
Tabla 3. 48 Momentos Vigas Combo 3
Tabla 3. 49 Momentos Columnas Combo 3
Tabla 3. 50 Momentos Vigas Combo 4
Tabla 3. 51 Momentos Columnas Combo 4
Tabla 3. 52 Momentos Vigas Combo 5
Tabla 3. 53 Momentos Columnas Combo 5
Tabla 3. 54 Momentos Vigas Combo 6
Tabla 3. 55 Momentos Columnas Combo 6
Tabla 3. 56 Envolvente Momentos Vigas
Tabla 3. 57 Envolvente Momentos Columnas
Tabla 3. 58 Sección de Reforzamiento en Vigas (cm²)
Tabla 3. 59 Interacciones de equilibrio

Tabla 3. 60 Cuantía de Columnas (%)

Tabla 3. 61 Secciones de Refuerzo en Columnas (cm²)

LISTADO DE GRAFICAS

Gráfica 2.1. Pórticos regulares de 2, 5 y 8 pisos.

Gráfica 2.2. Espectro sísmico elástico.

Gráfica 2.3. Espectro de diseño para 0.25g, 0.30g y 0.40g

Gráfica 2.4. Deformación horizontal por piso.

Gráfica 2.5. Diagrama Esfuerzo-Deformación Concrete01.

Gráfica 2.6. Diagrama Esfuerzo-Deformación Steel01.

Gráfica 2.7. Sección tipo fibra rectangular.

Gráfica 2.8 Desplazamientos producidos por acciones sísmicas.

Gráfica 2.9 Puntos notables de la curva pushover

Gráfica 2.10 Pushover de estructura.

Gráfica 2.11 Derivas para pórtico de 2 pisos con y sin diseño sismoresistente.

Gráfica 2.12 Desplazamientos para pórtico de 2 pisos con y sin diseño sismoresistente

Gráfica 2.13. Derivas para pórtico de 5 pisos con y sin diseño sismoresistente.

Gráfica 2.14 Desplazamientos para pórtico de 5 pisos con y sin diseño sismoresistente.

Gráfica 2.15 Derivas para pórtico de 8 pisos con y sin diseño sismoresistente.

Gráfica 2.16 Desplazamientos para pórtico de 8 pisos con y sin diseño sismoresistente.

Gráfica 2.17. Gráfica que representan el incremento en la cantidad de acero y hormigón para cada diseño de un pórtico de 8 pisos.

Gráfica 2.18. Análisis pushover de un pórtico sin consideraciones sísmicas.

Gráfica 2.19. Elemento que presenta desprendimiento (col511)

Gráfica 2.20. Análisis momento-curvatura del elemento más crítico (col511) de un pórtico de 5 pisos sin diseño sismoresistente.

Gráfica 2.21. Análisis pushover de un pórtico con consideraciones sísmicas.

Gráfica 2.22. Elementos que presentan fluencia.

Grafico 2.23. Análisis momento-curvatura del elemento más crítico (col511) de un pórtico de 5 pisos con diseño sismoresistente.

Gráfica 3.1. Pórtico de 5 pisos con diseño sismoresistente.

Gráfica 3.2. Espectro de diseño.

Gráfica 3.3 Desplazamiento espectral vs. Periodo

Gráfica 3.4. Restricciones del pórtico.

Gráfica 3.5. Modelo de pórtico 5 pisos.

Grafica 3.6. Articulación empotrada de pórtico.

Gráfica 3.7 Desplazamientos por nivel.

Gráfica 3.8 Sección vigas pórtico con diseño sismoresistente.

Gráfica 3.9 Diseño momento curvatura.

Gráfica 3.10 Sección columnas pórtico con diseño sismoresistente.

Gráfica 3.11 Acelerograma en SeismoStruct.

Gráfica 3.12 Procesando datos SeismoStruct.

Gráfica 3.13 Resultados de desplazamientos en SeismoStruct.

Gráfica 3.14 Desplazamientos y Derivas SeismoStruct.

Gráfica 3.15 Desplazamientos y Derivas OPENSEES.

Gráfica 3.16 Pushover pórtico con diseño sismoresistente.

Gráfica 3.17 Fluencia de elementos estructurales.

Gráfica 3.18 Evaluación del desempeño pórtico con diseño sismoresistente.

Gráfica 3.19 Secciones vigas pórtico sin diseño sismoresistente.

Grafica 3.20 Diseño momento curvatura

Grafica 3.21 Sección columnas pórtico sin diseño sismoresistente

Grafico 3.22 Pushover pórtico sin diseño sismoresistente

Grafico 3.23 Fluencia de elementos estructurales.

Grafico 3.24 Evaluación del desempeño pórtico sin diseño sismoresistente.

Grafico 3.25 Graficas de derivas y desplazamientos.

Grafico 3.26 Porcentajes de hormigón y acero.