

**PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS
ESTRUCTURALES APORTICADOS EMPLEANDO PANTALLAS DE
RIGIDEZ**

JOHN FERNANDO QUINTERO ROA



**ESPECIALIZACION EN ESTRUCTURAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
OCTUBRE DE 2004**

**PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS
ESTRUCTURALES APORTICADOS EMPLEANDO PANTALLAS DE
RIGIDEZ**

JOHN FERNANDO QUINTERO ROA

Trabajo de post-grado presentado como requisito parcial para optar el título
como especialista en estructuras.

Director

Ricardo Alfredo Cruz Hernández
Ingeniero Civil, Ph. D.



**ESPECIALIZACION EN ESTRUCTURAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
OCTUBRE DE 2004**

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION	12
2	MARCO TEÓRICO	14
3	OBJETIVOS	18
3.1	OBJETIVO GENERAL	18
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4	CREACION DE LOS MODELOS.....	19
4.1	GENERALIDADES.....	19
4.2	PARÁMETROS SÍSMICOS UTILIZADOS	20
4.3	PREDIMENSIONAMIENTO ELEMENTOS ESTRUCTURALES	22
4.3.1	Vigas.....	23
4.3.2	Columnas	24
4.3.3	Placa.....	24
4.3.4	Muros.....	24
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	25
5.1	MODELO BASE PÓRTICO SIMPLE	26
5.2	MODELO COMBINADO1	29
5.3	MODELO COMBINADO2	31
5.4	MODELO COMBINADO3	33
5.5	MODELO COMBINADO4	35
5.6	MODELO COMBINADO5	37
5.7	MODELO COMBINADO6	39
5.8	MODELO IRRREGULAR1	41

5.9	MODELO IRREGULAR2	43
5.10	MODELO IRREGULAR3	45
5.11	MODELO IRREGULAR4	47
6	CONCLUSIONES	49
7	BIBLIOGRAFIA	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Modos de deformación.	16
Figura 2 Esquema de las fuerzas de interacción.	17
Figura 3 Espectro de diseño para zona de amenaza sísmica alta.	21
Figura 4 Modelo base pórtico simple.....	26
Figura 5 Modelo base pórtico simple en alzado.....	27
Figura 6 Modelo combinado1.	29
Figura 7 Modelo combinado2.	31
Figura 8 Modelo combinado3.	33
Figura 9 Modelo combinado4.	35
Figura 10 Modelo combinado5.	37
Figura 11 Modelo combinado6.	39
Figura 12 Modelo irregular1.....	41
Figura 13 Modelo irregular2.....	43
Figura 14 Modelo irregular3.....	45
Figura 15 Modelo irregular4.....	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Derivas máximas permitidas por la NSR-98.	15
Tabla 2 Parámetros sísmicos. Fuente: NSR-98.	20
Tabla 3 Secciones de vigas y riostras.	24
Tabla 4 Análisis de las derivas máximas modelo pórtico	28
Tabla 5 Análisis de las derivas máximas modelo pórtico combinado1	30
Tabla 6 Cuadro comparativo de las derivas máximas entre modelos	30
Tabla 7 Análisis de las derivas máximas modelo pórtico combinado2	32
Tabla 8 Cuadro comparativo de las derivas máximas entre modelos	32
Tabla 9 Análisis de las derivas máximas modelo pórtico combinado3	34
Tabla 10 Cuadro comparativo de las derivas máximas entre modelos	34
Tabla 11 Análisis de las derivas máximas modelo pórtico combinado4	36
Tabla 12 Cuadro comparativo de las derivas máximas entre modelos	36
Tabla 13 Análisis de las derivas máximas modelo pórtico combinado5	38
Tabla 14 Cuadro comparativo de las derivas máximas entre modelos	38
Tabla 15 Análisis de las derivas máximas modelo pórtico combinado6	40
Tabla 16 Cuadro comparativo de las derivas máximas entre modelos	40
Tabla 17 Análisis de las derivas máximas modelo pórtico irregular1	42
Tabla 18 Análisis de las derivas máximas modelo pórtico irregular2	44
Tabla 19 Cuadro comparativo de las derivas máximas entre modelos	44
Tabla 20 Análisis de las derivas máximas modelo pórtico irregular3	46
Tabla 21 Cuadro comparativo de las derivas máximas entre modelos	46
Tabla 22 Análisis de las derivas máximas modelo pórtico irregular3	48
Tabla 23 Cuadro comparativo de las derivas máximas entre modelos	48

RESUMEN

TÍTULO

Propuesta para la optimización de sistemas estructurales aporticados empleando pantallas de rigidez*.

AUTOR

John Fernando Quintero Roa**

PALABRAS CLAVES

Estructura, muro, rigidez.

DESCRIPCIÓN

La rigidez de una estructura ante el efecto de las fuerzas horizontales como las que producen primordialmente los sismos, se controla por medio del análisis de la deriva. La deriva cuantifica el grado de flexibilidad de las edificaciones, en la actualidad y debido a la Norma Sismorresistente de 1998 (NSR-98) puede decirse que la mayoría de los diseños estructurales de edificaciones que se están llevando a cabo hoy por hoy en el país el parámetro que regula el dimensionamiento de los elementos del sistema de resistencia sísmica de la edificación está determinado por el control de la deriva.

Los sistemas estructurales puntuales aporticados han sido substituidos, a nivel mundial, por sistemas más rígidos lateralmente, construidos con base en muros estructurales. En nuestra región no hay consistencia acerca de la excesiva flexibilidad de los sistemas actualmente utilizados. Existe la necesidad de estudiar nuevas alternativas estructurales en el territorio que tiendan a resolver el problema.

Lo anterior indica que la estrategia a seguir consiste en atacar dos frentes simultáneamente: un cambio en la práctica de construcción de elementos tales como muros divisorios y fachadas y una *reducción en la flexibilidad de las estructuras* ante efectos horizontales, dándole mayor rigidez a la estructura. Por lo anterior y debido a los altos rangos de seguridad en los que se basa la NSR-98 en nuestro medio es cada vez más común la utilización de muros de cortante interactuando con pórticos.

* Monografía.

** Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Programa de Especialización en Estructuras. Director Ricardo Alfredo Cruz Hernández.

Este estudio evaluó y determinó la eficiencia e importancia de los muros estructurales en el control de derivas al compararlo con un sistema tradicional aporticado, a la vez de lograr determinar la cantidad mínima de muros y su posición ideal. Como condición adicional se valoraron diversas irregularidades en altura del mismo sistema estructural con el fin de obtener una solución lo suficientemente rígida para cumplir con las exigencias de la NSR-98 y al mismo tiempo generar espacios arquitectónicos funcionales, agradables y llamativos.

ABSTRAC

HEADER

Propuesta para la optimización de sistemas estructurales aporticados empleando pantallas de rigidez*.

AUTHORS

John Fernando Quintero Roa**

KEY WORDS

Structure, walls, straight.

DESCRIPTION

The strict of and structure during the effect of horizontal forces ass the ones that are produce on the first place for earthquakes, its control using the analysis of the structure system. The structural systems tell us how flexible are the buildings at the present time, and by using the "Norma Sismorresistente" of 1998 (NSR-98), it can be said, that many of the structure designs of building are currently using the parameters that rule the vision of the elements of the earthquakes resisting system of the building, witch its determine by the displacement control.

The punctual structure system has been replaced all over the world for systems that are more lateral rigid, build base on structural walls. In our country, there is no consistency about the excessive flexibility of the systems, that are usually use. That's way it becomes obvious the need of study new structure alternatives, that have a tendency to fix the problem.

All this mean that the way to resolve the problem is divide in two fronts that we may attack lake this: a change on construction that implicates elements lake division walls, fronts, and a reduction on the flexibility of the structure that counts with the horizontal effects giving more strength that the NSR-98, handle in our media, it turns even more commune the use of concrete walls that interact with porticos.

This study evaluates and determines the efficiency and importance of the structural walls on the displacement. Went we compare it to a traditional

* Monografía.

** Facultad de Ingenierías físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Programa de Especialización en Estructuras. Director Ricardo Alfredo Cruz Hernández.

structure system, and it determine the best need of wall and also its ideal position. As an additional condition many irregularities have been evaluate of the same structural system, in searching for a solution that's strong enough to fit the need of the NSR-98 and at the same time, generate architectonic functional spaces that are pleasant an attractive

1 INTRODUCCION

La rigidez de una estructura ante el efecto de las fuerzas horizontales como las que producen primordialmente los sismos, se controla por medio del análisis de la deriva. La deriva cuantifica el grado de flexibilidad de las edificaciones. Es indudable que uno de los aspectos que más se buscó subsanar con la expedición del Decreto 1400 de 1984 fue la excesiva flexibilidad ante fuerzas horizontales de las estructuras colombianas. La evidencia de los daños materiales producidos por los sismos ocurridos a finales de 1979 y la catástrofe acontecida en la Ciudad de Popayán en el año 1983, dieron los primeros indicios de que uno de los aspectos más apremiantes que se debía regular y considerar dentro del Decreto, era precisamente este. Indudablemente el Decreto produjo un cambio radical en la mentalidad de los ingenieros estructurales colombianos acerca de la importancia de producir estructuras rígidas que limitaran sus deformaciones horizontales al ser sometidas a los efectos de un sismo, y podría afirmarse que la conciencia respecto al problema de la deriva está en la mente de todos los ingenieros estructurales nacionales. Con excepción de las zonas de amenaza sísmica baja consideradas en el Decreto 1400/84, puede decirse que la mayoría de los diseños estructurales de edificaciones que se están llevando a cabo actualmente en el país, el parámetro que regula el dimensionamiento de los elementos del sistema de resistencia sísmica de la edificación está determinado por el control de la deriva.

Los sistemas estructurales puntuales aporticados han sido substituidos, a nivel mundial, por sistemas más rígidos lateralmente, construidos con base en muros estructurales. En el país no hay consistencia acerca de la excesiva flexibilidad de los sistemas actualmente utilizados. Hay necesidad de estudiar nuevas alternativas estructurales en el país, que tiendan a resolver el problema.

Lo anterior indica que la estrategia a seguir consiste en atacar dos frentes simultáneamente: un cambio en la práctica de construcción de elementos tales como muros divisorios y fachadas y una *reducción en la flexibilidad de las estructuras* ante efectos horizontales, dándole mayor rigidez a la estructura. Por lo anterior y debido a los altos rangos de seguridad en los que se basa la NSR-98 en nuestro medio es cada vez más común la utilización de muros de cortante interactuando con pórticos.

Este estudio pretende evaluar la importancia de los muros estructurales en nuestros diseños, a la vez de lograr determinar la cantidad mínima de muros interactuando al considerar una irregularidad en altura del sistema estructural y obtener una solución lo suficientemente rígida para cumplir con las

exigencias de la NSR-98 y al mismo tiempo generar espacios arquitectónicos funcionales, agradables y llamativos.

2 MARCO TEÓRICO

Una de las maneras más eficientes de lograr un control de deriva adecuado es el uso de muros estructurales. Al respecto la práctica mundial de diseño de edificios en zonas sísmicamente activas ha gravitado hacia esta solución. Puede decirse que con contadas excepciones los edificios de concreto reforzado que se diseñan hoy en día en las zonas más sísmicas del mundo tienen muros estructurales como parte del sistema de resistencia sísmica.

Esta alternativa se ha empleado en Colombia, aunque no de manera intensiva. Solo a raíz de la introducción de la mampostería estructural durante la década de 1970 se empezaron a considerar los muros estructurales como una solución viable. *Uno de los aspectos que más ha limitado su implantación ha sido la existencia de parqueaderos en los pisos inferiores y otros aspectos de índole arquitectónica.* La solución a estos problemas radica en una mayor interacción entre el equipo formado por el arquitecto y el ingeniero estructural. Este mismo tipo de problemas ocurrió con la aparición de la mampostería estructural a mediados de la década de 1970. En ese entonces se tardó algún tiempo en desarrollar soluciones arquitectónicas viables pero se logró llegar a ellas, con soluciones que atendían los aspectos funcionales, estéticos y económicos.

Según el numeral A.6.1.2 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 1998 – NSR-98, la deriva se define como el desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos colocados en la misma línea vertical, en dos pisos o niveles consecutivos de la edificación. Entre menor sean las derivas de una edificación mayor será su rigidez.

Según la NSR-98 las derivas evaluadas en cualquier punto de la edificación no deben ser mayores al 1% de la altura de piso en estructuras de pórticos de concreto reforzado. Es necesario hacer un chequeo de deriva a la edificación con el fin de garantizar el cumplimiento de la norma.

La NSR-98, en el numeral A.6.3, enumera las siguientes necesidades de controlar las derivas.

- Deformación inelástica de los elementos estructurales y no estructurales.
- Estabilidad global de la estructura.

- Daño de los elementos estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica y a los elementos no estructurales tales como muros divisorios, particiones, enchapes, acabados, instalaciones eléctricas, mecánicas etc.
- Alarma y pánico entre las personas que están ocupando la edificación.

En el numeral A.6.4 de la NSR-98 se establecen los límites de la deriva. Según este numeral la deriva máxima evaluada en cualquier punto no puede exceder los límites establecidos en la siguiente tabla en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso h .

Estructura	Deriva máxima permitida
Concreto reforzado, metálicas y de madera	% (0.010 h_i)
Mampostería	0.5 % (0.005 h_i)

Tabla 1 Derivas máximas permitidas por la NSR-98.

Según la NSR-98 los sistemas estructurales que suministran resistencia a fuerzas horizontales por la contribución de pórticos y muros estructurales, son el dual y el combinado. Existen dos marcadas diferencias entre estos dos sistemas en la forma en que deben ser resistidas las cargas verticales y horizontales.

En el sistema dual las cargas verticales deben ser soportadas únicamente por los pórticos. Mientras que en el sistema combinado estas cargas pueden ser resistidas por los pórticos o por muros y pórticos. En el sistema combinado las cargas horizontales pueden ser resistidas por los muros o por muros y pórticos en combinación. En el sistema dual las cargas horizontales deben ser soportadas por el conjunto de muros y pórticos.

En este estudio se utiliza el sistema estructural combinado. Definido por la NSR-98 en el numeral A.3.2.1.2 como:

Sistema en el cual, a) las cargas verticales son resistidas por un pórtico no resistente a momentos, esencialmente completo, y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales, o b) las cargas verticales y horizontales son resistidas por un pórtico resistente a momentos, esencialmente completo, combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales, y que no cumple los requisitos de un sistema dual. (Tomado literalmente del numeral A.3.2.1.2 de la NSR-98)

El problema de interacción entre pórticos y muros de corte se reduce, básicamente, a la determinación de las cargas que deben actuar entre ellos. Bajo la acción de fuerzas laterales un pórtico se deforma primariamente en

modo de cortante. Para el modo de cortante las deformaciones máximas se presentan en los pisos medios.

Mientras que un muro estructural se deforma en modo de flexión, para el cual las deformaciones máximas se presentan en la parte alta de la estructura. Esto se puede apreciar en la siguiente figura.

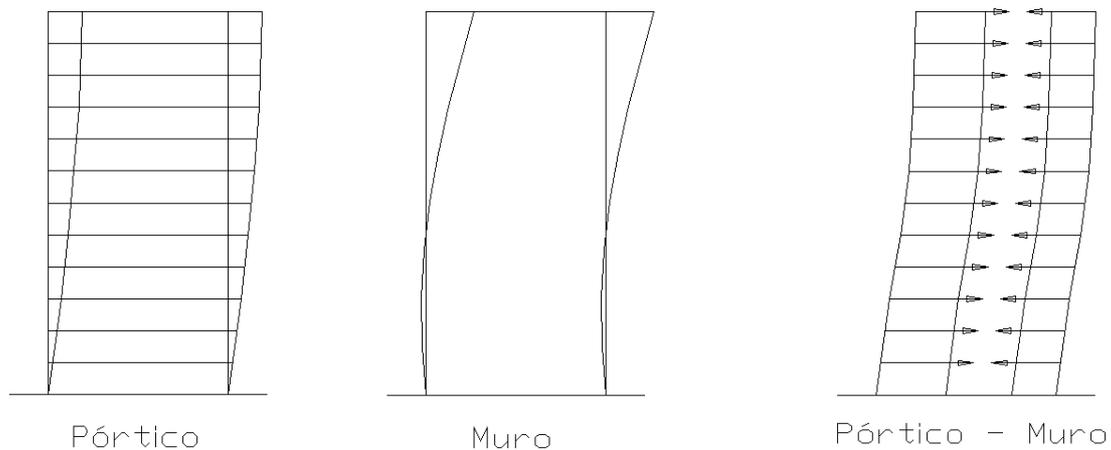
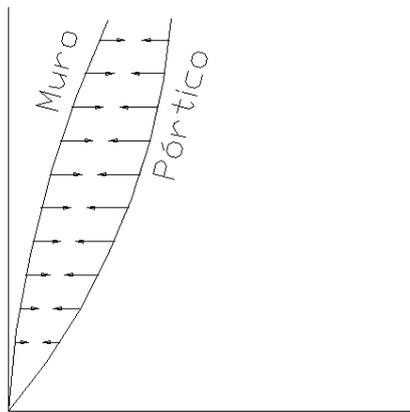


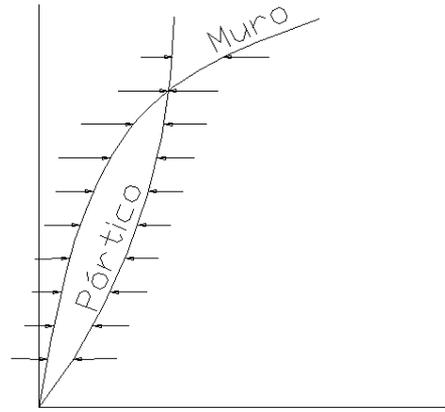
Figura 1 Modos de deformación.

En una estructura combinada se tienen dos sistemas estructurales completamente diferentes. La interacción de pórticos y muros de corte genera cargas internas que modifican los comportamientos de ambos sistemas. Los valores y direcciones de estas cargas, dependen de las rigideces relativas de los dos sistemas y del estado de cargas que actúan en el conjunto.

Cuando el muro es mucho más rígido que los pórticos estos tienden a desplazarse más que el muro. En este caso las cargas se concentran en los muros y estos restringen los desplazamientos de los pórticos. Si por el contrario el muro es menos flexible que el pórtico, entonces el muro trata de acomodarse a las deformaciones de los pórticos. En este último caso los muros son solicitados por cargas mayores a las aplicadas al edificio. Lo anterior se ilustra en la siguiente figura.



Muros Rígidos



Muros Flexibles

Figura 2 Esquema de las fuerzas de interacción.

Las fuerzas de interacción entre pórticos y muros se enfatizan en los pisos más altos y en los más bajos, pero en realidad ocurren en toda la altura de la edificación. Si las fuerzas mayores están aplicadas en los pisos más altos, las cargas negativas del muro son menores e inclusive puede ser que no se produzcan. Si las fuerzas mayores están aplicadas en los pisos intermedios o bajos, las cargas negativas de los muros son mayores, adquiriendo a veces valores muy significativos que sobrecargan a los pórticos. Cuando el muro forma parte de un pórtico, estos efectos prácticamente desaparecen por la acción de las vigas que lo unen a las columnas.

Los desplazamientos de los muros y pórticos son iguales en una edificación con sistema combinado debido a que la placa estructural es de rigidez infinita en el plano horizontal. La placa distribuye las fuerzas a unos y otros proporcionalmente a la rigidez, liga los dos sistemas en uno solo haciendo que todos los puntos del mismo entrepiso se desplacen la misma distancia.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la incidencia de muros cortantes en control de derivas a un sistema aporticado.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la influencia de un muro estructural en el control de derivas al implementarlo dentro de un sistema aporticado.

- Determinar la posición y la cantidad mínima de muros interactuando en un sistema combinado y obtener una solución lo suficientemente rígida que cumpla con las exigencias de la NSR-98 en lo que respecta al control de derivas.

- Determinar la posición y la cantidad mínima de muros interactuando en un sistema combinado al considerar irregularidad en altura y obtener una solución lo suficientemente rígida que cumpla con las exigencias de la NSR-98 en lo que respecta a control de derivas.

- Comprobar la importancia del software especializado como herramienta para el ingeniero en el modelamiento y análisis dinámico y estructural.

4 CREACION DE LOS MODELOS

4.1 GENERALIDADES

Para la construcción de los modelos se utilizó el software SAP2000 como herramienta computacional de apoyo para el análisis estructural. Dentro del modelo se consideró el muro sísmico como elemento SHELL, y las vigas y columnas como elementos FRAME. En la modelación de las estructuras se utilizó un MASTER JOINT por cada placa, el cual indica el comportamiento de la misma, siendo en este punto donde se aplican las masas de acabados y muros divisorios. Para la creación de cada uno de los modelos se procedió con el siguiente algoritmo.

- Idealización del modelo.
- Definición del software estructural a trabajar.
- Definición de las propiedades de los materiales.
- Predimensionamiento del modelo.
- Definición de masas traslacionales y momentos rotacionales del modelo.
- Definición de los casos de respuesta sísmica.
- Análisis de resultados.

El sistema pórtico descrito en este capítulo es el modelo base del estudio, no se consideraron variaciones en las propiedades estructurales de los elementos de ninguna índole. El modelo está compuesto por cinco pórticos iguales conectados entre sí por vigas ortogonales en cada piso. La longitud de la luz libre entre columnas es de 8 m en el sentido ortogonal y 5 m en el sentido longitudinal. El espesor de los muros es invariable, igual a 0.1 (m).

Las secciones de las columnas y vigas son constantes, la ubicación de los muros estructurales varió de acuerdo a la rigidez de la estructura generando así los diferentes modelos.

Se trabajó una placa maciza de 0.1 (m), no se consideró ningún vacío en su plano. La altura del entrepiso es de 3.2 (m) para todos los pisos debido a las vigas descolgadas que se presentaron.

En la medida en que el modelo variaba se le adicionaron muros estructurales de espesor 0.1 m., con el fin de corregir la deriva máxima inicial y de esta manera determinar la posición ideal de las pantallas y el grado de importancia de éstas en la corrección de derivas en una estructura débil y esbelta como la planteada.

Para la creación de cada uno de los modelos se siguió el algoritmo de diseño planteado anteriormente, se observaron y analizaron los resultados obtenidos con el objetivo de determinar el lugar más indicado para ubicar las pantallas en cada uno de los modelos con el propósito de corregir paulatinamente la deriva y de esta manera advertir substancialmente los posibles cambios.

Una vez determinado el modelo del sistema combinado que cumplía con los requerimientos de deriva exigidos por la Norma, se procedió aplicar a este modelo irregularidades en altura generando nuevos modelos que de la misma forma cumplieran con las exigencias de la NSR-98.

4.2 PARÁMETROS SÍSMICOS UTILIZADOS

Los valores de las constantes sísmicas empleadas para dentro de este proyecto corresponden a una edificación localizada en la Zona 6 (Zona de amenaza sísmica alta) según la NSR-98 Capítulo A.2.y son los siguientes:

Localización geográfica	ZONA 6
Nivel de amenaza sísmica	ALTA
Coeficiente de aceleración (Aa)	0,25
Tipo de perfil del suelo	S2
Coeficiente de sitio (S)	1,2
Grupo de usos	I
Coeficiente de importancia (I)	1,0
Coeficiente de capacidad de disipación de energía básico (Ro)	7,0
Irregularidad de la planta ($\emptyset p$)	1,0
Irregularidad en alzado ($\emptyset a$)	1,0 ó 0,80

Tabla 2 Parámetros sísmicos. Fuente: NSR-98.

El espectro de diseño utilizado es el recomendado por la NSR-98 especificado en el Capítulo A.2.6, cuya gráfica se ilustra en la siguiente figura.

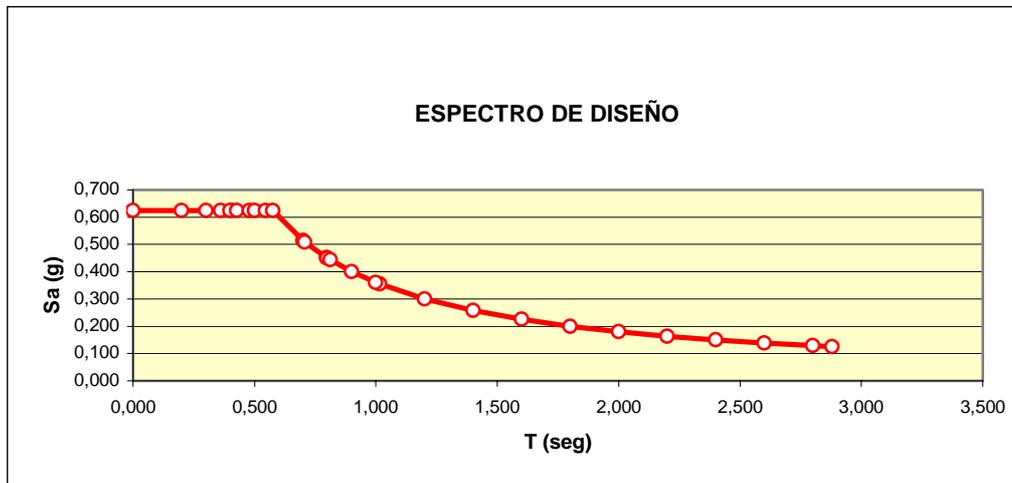


Figura 3 Espectro de diseño para zona de amenaza sísmica alta. Fuente: NSR-98.

La herramienta computacional utilizada requiere, para la correcta modelación, el cálculo independiente de las masas debidas a acabados, muros divisorios etc., las cuales generan efectos torsionales y traslacionales en la estructura.

Las masas rotacionales y traslacionales son masas debidas a los pesos de sobrecarga, es decir mampostería y acabados que no son calculados automáticamente por el programa SAP2000. Estas masas se aplican a los master joint de cada placa en los tres grados de libertad. Para los sentidos X y Y se usa la masa traslacional y para la rotación en el plano Z se usa la masa rotacional. Es necesario aplicar estas masas con el fin de tener en cuenta el efecto de la sobrecarga, sumada al peso propio de la estructura en el análisis sísmico.

La masa traslacional se calculó así:

$$M_T = (W_s/g) * A$$

Donde:

M_T = Masa traslacional (Kg.).

W_s = Sobre peso de la estructura, correspondiente al peso de muros divisorios y acabados, los cuales no son calculados por el SAP2000 (Kgf/m²).

g = Aceleración de la gravedad. (m/s²).

A = Área de piso (m²)

La masa rotacional se calcula de la siguiente forma:

$$M_R = ((I_{CX} + I_{CY})/A) * M_T$$

Donde:

M_R = Masa rotacional (Kg * m²).

I_{CX} = Inercia de la placa con respecto al centroide en el eje X (m⁴).

I_{CY} = Inercia de la placa con respecto al centroide en el eje Y (m⁴).

A = Área de piso (m²)

M_T = Masa traslacional (Kg).

La inercia se calcula como la inercia de un rectángulo ya que todas las placas son rectangulares.

$$I_{Cj} = (b_j * h_k^3) / 12$$

Donde:

I_{Cj} = inercia de la placa con respecto al centroide en el eje j. (m⁴).

B_j = Base en el sentido del eje j(m).

H_k = Altura en el sentido del eje k (m).

4.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Para el cálculo de las dimensiones tentativas de los elementos estructurales se utilizaron los siguientes valores para las propiedades de los materiales:

δ = densidad del concreto = 2.4 (t/m³)

f'_c = Resistencia de la compresión del concreto de placas y vigas 210 (kgf/cm²) = 0.21 (t/cm²).

f'_c = Resistencia de la compresión del concreto de muros y columnas 210 (kgf/cm²) = 0.21 (t/cm²).

F_y = Resistencia del acero a tensión. Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo a tensión 4200 (kgf/cm²) = 4.2 (t/cm²)

E_c = Modulo de elasticidad del concreto. Según el capítulo C.8.5.4 de la NSR-98.

$$E_c = 12500 \cdot (f'c)^{0.5}$$

$E_c = 181142$ (Kgf/cm²). Para muros columnas placas y vigas

4.3.1 Vigas

El predimensionamiento de las vigas se hizo cumpliendo los requisitos de la tabla C.9-1 (b) de la NSR-98 que establece la altura de las vigas y losas con el fin de no realizar el cálculo de las deflexiones. Para simplificar se seleccionó la indicación para losas nervadas armadas en una dirección y vigas con un apoyo continuo.

$$h_v = L/18$$

Si el valor de h_v da menor de 0.30 (m) se escogerá 0.30 (m).

La base de la viga se determinó como la mitad de la altura pero no menor de 0.30 (m).

$$B_v = h_v/2$$

Donde:

L = Luz de la viga.

h_v = Altura de la viga.

B_v = Base de la viga.

Por ejemplo para la viga ortogonal tenemos:

$$L = 8 \text{ (m)}.$$

$$h_v = 0.45 \text{ (m)} \text{ aproximamos a } 0.50 \text{ m}.$$

$$B_v = 0.225 \text{ (m)} = 0.30 \text{ (m)}$$

$$\text{Sección de viga} = 0.50 \cdot 0.30 \text{ (m)}.$$

En la siguiente tabla se presentan los valores de las secciones para las vigas y riostras longitudinales y ortogonales consideradas.

Luz	h _v (m)	B _v (m)
Viga L= 8.0 m.	0.50	0.30
Viga L= 5.0 m.	0.50	0.30
Riostra	0.30	0.30

Tabla 3 Secciones de vigas y riostras.

4.3.2 Columnas

La sección transversal de columnas se predimensionó de acuerdo a los requisitos geométricos mínimos del Capítulo C.21.4.1 de la NSR-98 DISIPACION DE ENERGIA ESPECIAL (DES), la cual corresponde a 0.30 (m) * 0.30 (m).

Esta sección se utilizó para las columnas de los pórticos en los cinco pisos en todos lo modelos.

4.3.3 Placa

Se consideró una placa maciza en concreto reforzado de espeso 0.1 m, armada en una sola dirección apoyada en las vigas cargueras con dimensiones 0.30*0.50 m y riostras de 0.30*0.30 metros. Teniendo en cuenta que la máxima luz entre apoyos de la placa es de L= 2.0m., y según la tabla C.9.1.a de la NSR-98, se asumió un espesor de placa h = 0.1 m. para que no fuese necesario chequear las deflexiones.

4.3.4 Muros

El espesor para todos los muros es de 0.1 m y se distribuyeron para cada modelo, de acuerdo al espesor mínimo recomendado por la NSR-98 C.14.5.3

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez evaluado el pórtico idealizado con el predimensionamiento descrito anteriormente se analizaron los resultados de las derivas obtenidas, concluyendo que no cumple con los requerimientos de la Norma, por tratarse de una estructura débil (5 pisos y dos ejes ortogonales) con las dimensiones mínimas establecidas para columnas según la NSR-98.

Una vez tabulado el índice de derivas se procedió rigidizar la estructura con un muro pantalla de espesor 0.1 m y nuevamente analizar los resultados.

Puesto que el objetivo es establecer la cantidad de muros estructurales y su posición ideal, se continuó rigidizando la estructura según fuera desplazándose. A medida que se rigidizaba ésta, se elaboraba un cuadro comparativo de índice de derivas estableciendo un porcentaje de variación de deriva entre el sistema combinado y el pórtico inicial con el fin de evaluar el comportamiento de la estructura con los diferentes modelos.

El sistema combinado 4 presentó una rigidez y un porcentaje de disminución del índice de derivas en los pisos medios bastante representativo (ver cuadro comparativo) el cual garantizó el cumplimiento con la Norma.

Una vez determinado el sistema que ofrecía la seguridad exigida según la NSR-98 (para el caso el modelo combinado 4) se procedió a aplicar una irregularidad en altura para los diversos pisos de la estructura base con el objetivo de observar el comportamiento de la deriva según el piso y el eje débil, para de esta manera determinar la importancia y el grado de modificación en altura posible cumpliendo los parámetros de la Norma.

Al aplicar la irregularidad en altura, se evaluaron varias alternativas encontrando que la óptima obedece al modelo irregular 4, en el cual se interrumpe la continuidad en la pantalla de una manera importante generando un traslape que garantizó la continuidad de las fuerzas cumpliendo con los parámetros de diseño en el control de derivas de la NSR-98.

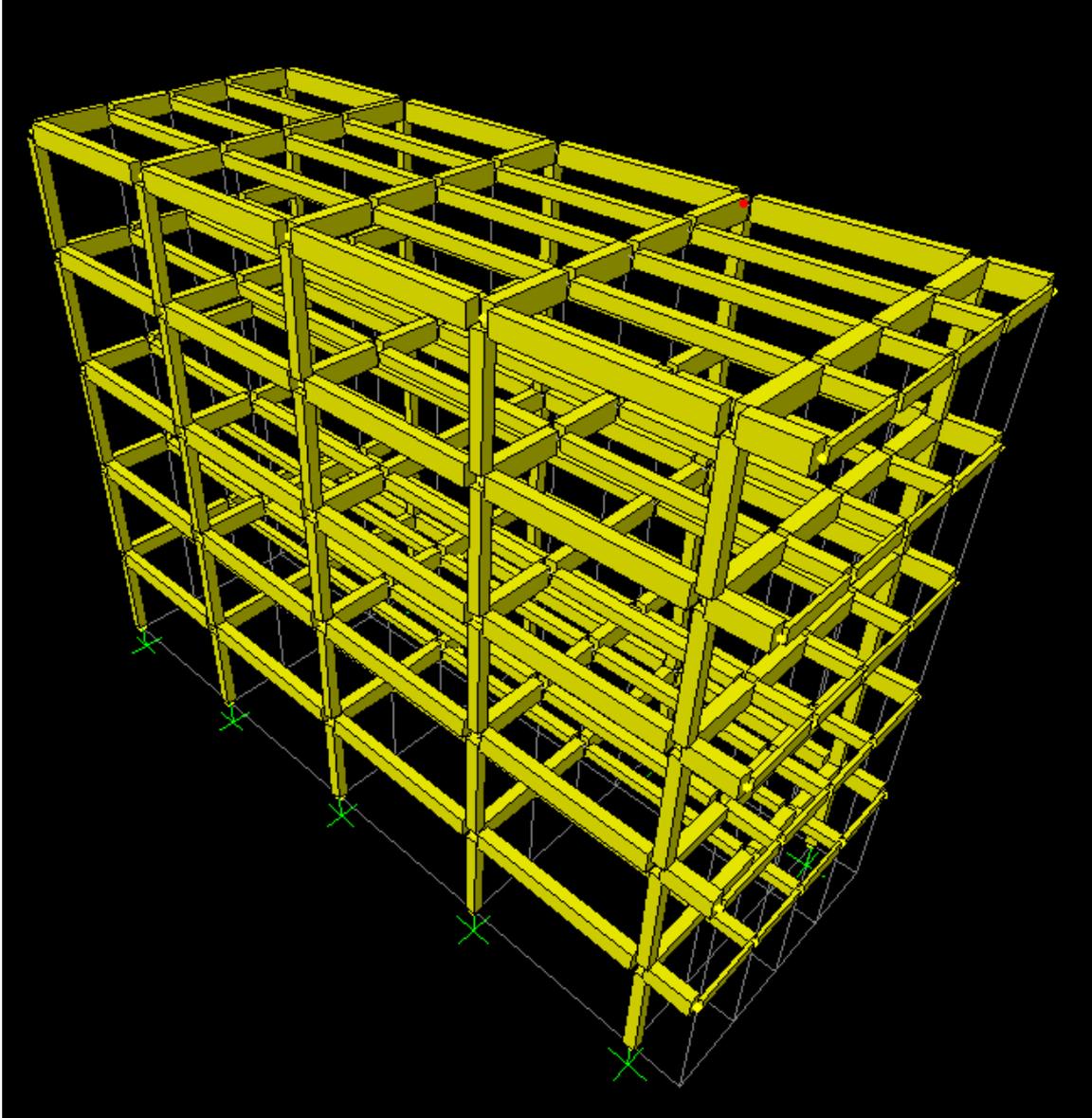


Figura 5 Modelo base pórtico simple en alzado.

DERIVAS MÁXIMAS MODELO PÓRTICO SIMPLE

SISMO X Incluye 100% de sismo en X mas 30 % de sismo en Y

SISMO Y Incluye 100% de sismo en Y mas 30 % de sismo en X

Nodo	ΔX	ΔY	$\Delta Total$	Deriva (Cm)
204	7,8061	5,222	9,39	9,39
304	20,1038	12,2956	23,57	14,17
404	29,532	18,1205	34,65	11,08
504	35,3382	22,2895	41,78	7,13
604	38,3308	24,4262	45,45	3,67

Número de entrepisos	Altura de entrepiso (m)	Deriva admisible (cm)	Deriva máxima (cm)	Chequeo
Primer piso	3,2	0,032	9,39	No cumple
Segundo piso	3,2	0,032	14,17	No cumple
Tercer piso	3,2	0,032	11,08	No cumple
Cuarto piso	3,2	0,032	7,13	No cumple
Quinto piso	3,2	0,032	3,67	No cumple

Tabla 4. Análisis de las derivas máximas para el modelo de pórtico.

5.2 MODELO COMBINADO1

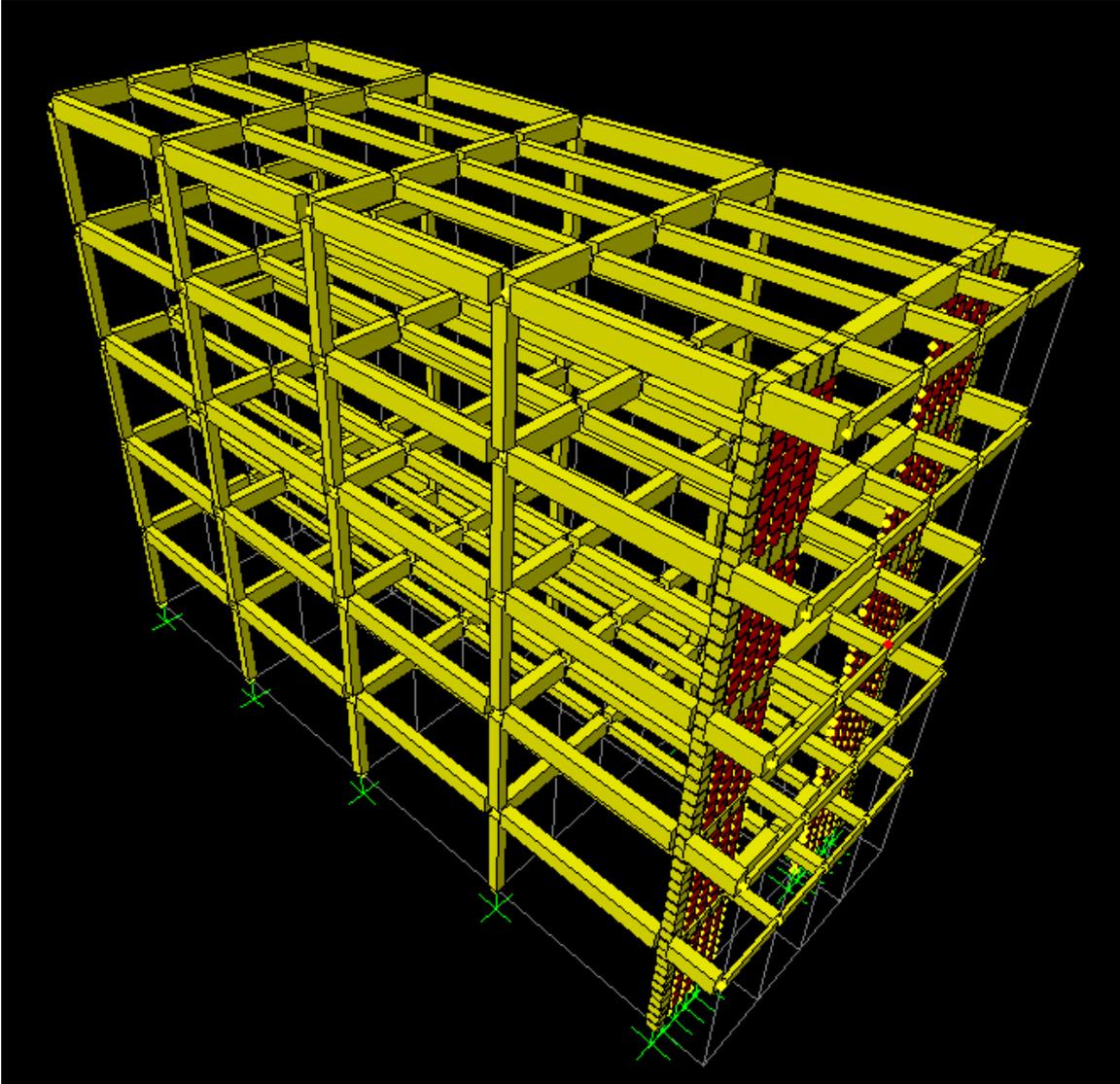


Figura 6 Modelo combinado1.

DERIVAS MÁXIMAS MODELO COMBINADO1

SISMO X Incluye 100% de sismo en X mas 30 % de simo en Y
 SISMO Y Incluye 100% de sismo en Y mas 30 % de simo en X

Nodo	ΔX	ΔY	Δ Total	Deriva (cm)
226	6,6702	4,9649	8,32	8,32
326	16,2962	11,6546	20,03	11,72
426	24,2971	17,2037	29,77	9,74
526	30,1491	20,1719	36,27	6,50
626	33,2568	23,2716	40,59	4,32

Número de entrepisos	Altura de entrepiso (m)	Deriva admisible (cm)	Deriva máxima (cm)	Chequeo
Primer piso	3,2	3,2	8,32	No cumple
Segundo piso	3,2	3,2	11,72	No cumple
Tercer piso	3,2	3,2	9,74	No cumple
Cuarto piso	3,2	3,2	6,50	No cumple
Quinto piso	3,2	3,2	4,32	No cumple

Tabla 5. Análisis de las derivas máximas para el Modelo pórtico combinado1.

Modelo pórtico simple (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico combinado1 (Δ cm nodo 26)
9,39	8,32
14,17	11,72
11,08	9,74
7,13	6,50
3,67	4,32

Tabla 6. Cuadro comparativo de las derivas máximas entre los modelos.

5.3 MODELO COMBINADO2

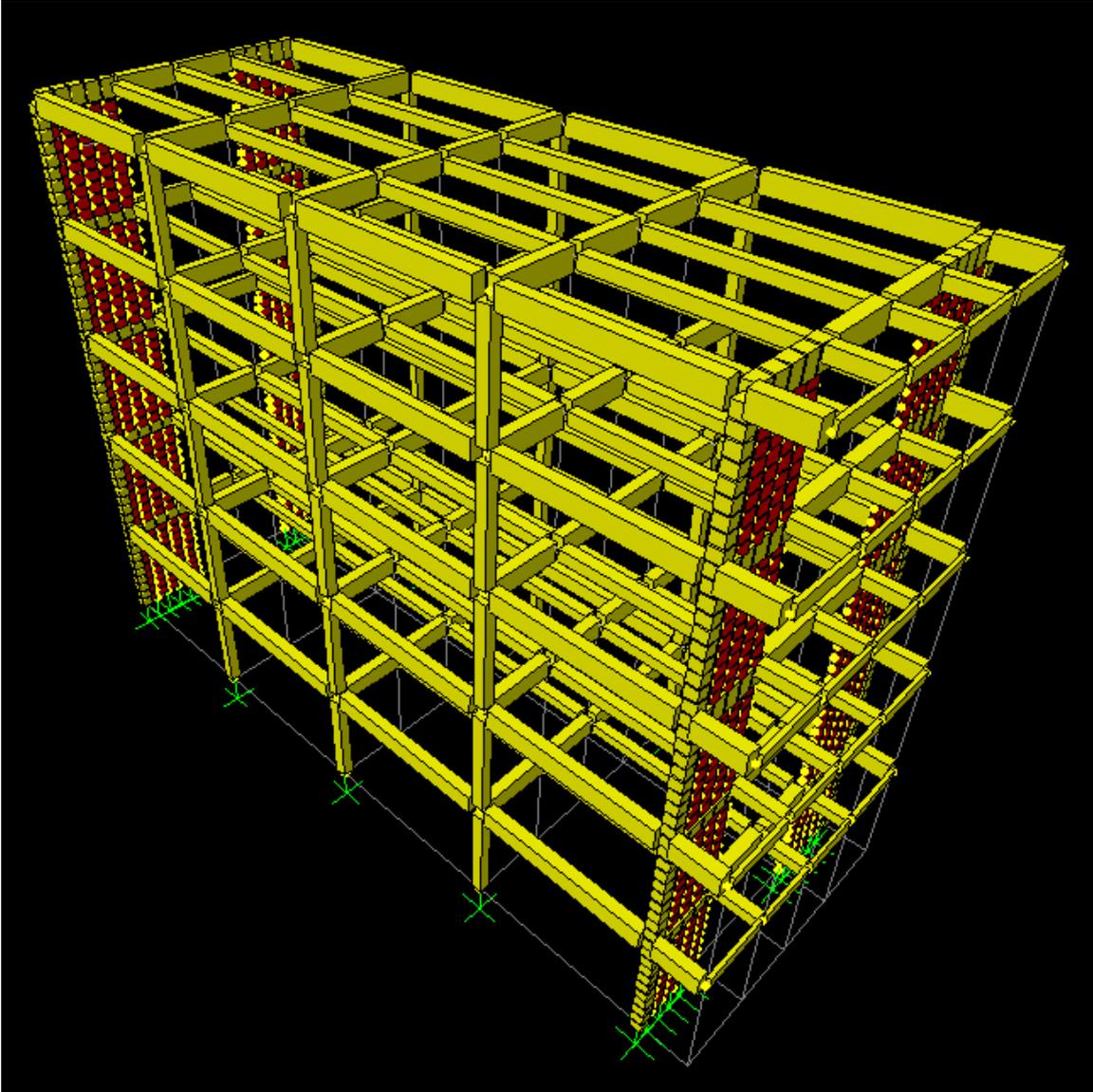


Figura 7 Modelo combinado2.

DERIVAS MÁXIMAS MODELO COMBINADO2

SISMO X Incluye 100% de sismo en X mas 30 % de simo en Y

SISMO Y Incluye 100% de sismo en Y mas 30 % de simo en X

Nodo	ΔX	ΔY	Δ Total	Deriva (cm)
204	1,2024	4,7212	4,87	4,87
304	3,9545	11,0904	11,77	6,90
404	7,2154	16,3545	17,88	6,10
504	10,3552	20,1858	22,69	4,81
604	13,0517	22,0763	25,65	2,96

Número de entrepiso	Altura de entrepiso (m)	Deriva admisible (cm)	Deriva máxima (cm)	Chequeo
Primer piso	3,2	3,2	4,87	No cumple
Segundo piso	3,2	3,2	6,90	No cumple
Tercer piso	3,2	3,2	6,10	No cumple
Cuarto piso	3,2	3,2	4,81	No cumple
Quinto piso	3,2	3,2	2,96	Cumple

Tabla 7. Análisis de las derivas máximas para el Modelo combinado2.

Modelo pórtico simple (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico combinado1 (Δ cm nodo 26)	Modelo pórtico combinado2 (Δ cm nodo 04)	Variación de la deriva entre el pórtico y el modelo combinado2 (Δ cm nodo 04)	% de disminución de la deriva máxima entre el modelo pórtico y el modelo comniado2 (Δ cm nodo 04)
9,39	8,32	4,87	4,52	48,13%
14,17	11,72	6,90	7,27	51,30%
11,08	9,74	6,10	4,98	44,95%
7,13	6,50	4,81	2,32	32,54%
3,67	4,32	2,96	0,71	19,41%

Tabla 8. Cuadro comparativo de las derivas máximas entre los modelos.

5.4 MODELO COMBINADO3

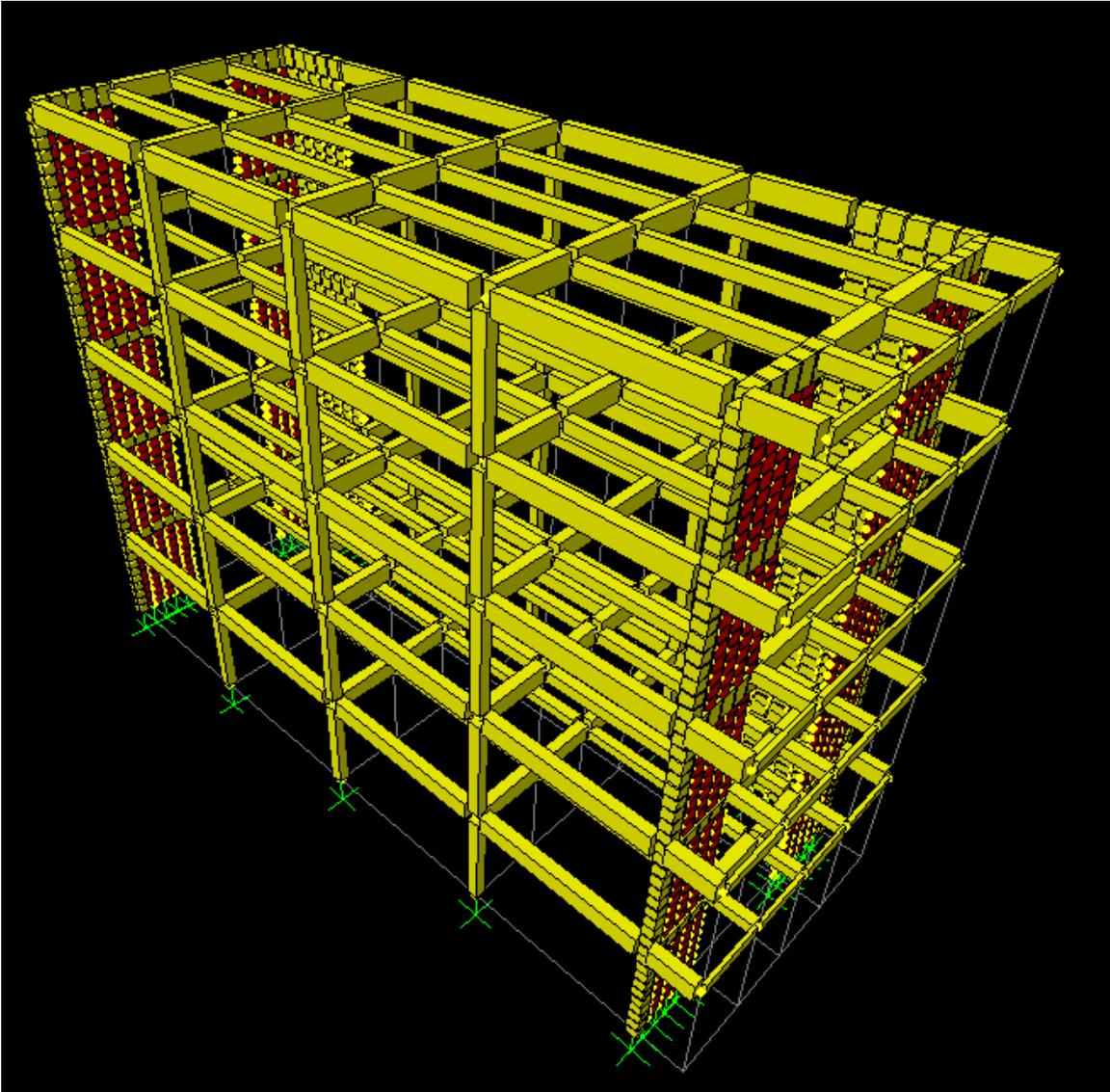


Figura 8 Modelo combinado3.

DERIVAS MÁXIMAS MODELO COMBINADO3

SISMO X Incluye 100% de sismo en X mas 30 % de simo en Y

SISMO Y Incluye 100% de sismo en Y mas 30 % de simo en X

Nodo	ΔX	ΔY	$\Delta Total$	Deriva (cm)
200	1,2477	1,3834	1,86	1,86
300	4,0438	4,0226	5,70	3,84
400	7,3186	7,8829	10,76	5,05
500	10,444	11,2675	15,36	4,61
600	13,1029	14,1639	19,30	3,93

Número de entrepiso	Altura de entrepiso (m)	Deriva admisible (cm)	Deriva máxima (cm)	Chequeo
Primero piso	3,2	3,2	1,86	Cumple
Segundo piso	3,2	3,2	3,84	No cumple
Tercer piso	3,2	3,2	5,05	No cumple
Cuarto piso	3,2	3,2	4,61	No cumple
Quinto piso	3,2	3,2	3,93	No cumple

Tabla 9. Análisis de las derivas máximas para el Modelo combinado3.

Modelo pórtico simple (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico combinado1 (Δ cm nodo 26)	Modelo pórtico combinado2 (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico combinado3 (Δ cm nodo 00)
9,39	8,32	4,87	1,86
14,17	11,72	6,90	3,84
11,08	9,74	6,10	5,05
7,13	6,50	4,81	4,61
3,67	4,32	2,96	3,93

Tabla 10. Cuadro comparativo de las derivas máximas entre los modelos.

5.5 MODELO COMBINADO4

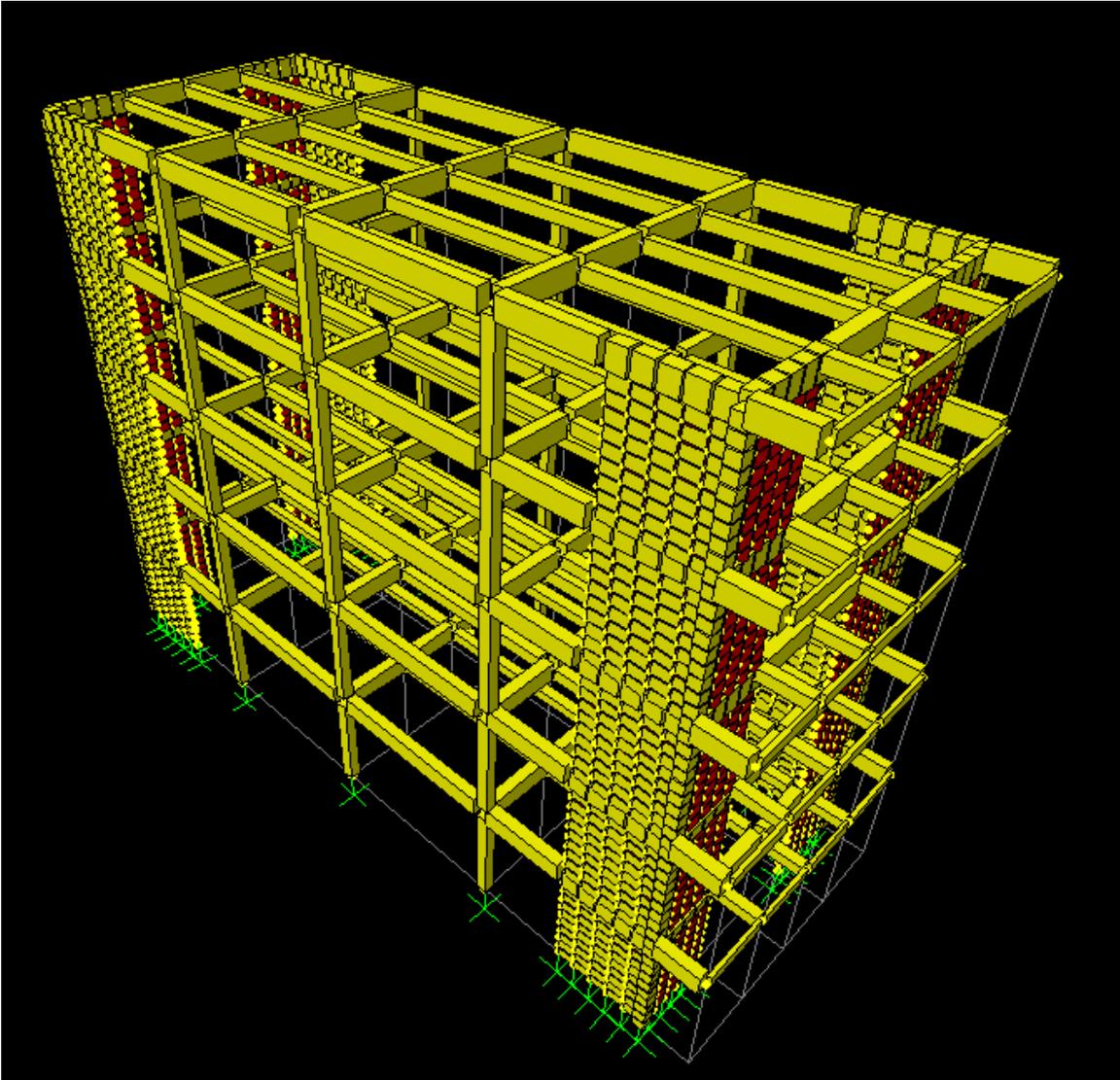


Figura 9 Modelo combinado4.

DERIVAS MÁXIMAS MODELO COMBINADO4

SISMO X Incluye 100% de sismo en X mas 30 % de simo en Y

SISMO Y Incluye 100% de sismo en Y mas 30 % de simo en X

Nodo	ΔX	ΔY	Δ Total	Deriva (cm)
204	0,9831	0,6718	1,19	1,19
304	3,1517	2,1657	3,82	2,63
404	5,7255	4,0055	6,99	3,16
504	8,2319	5,9733	10,17	3,18
604	10,3959	7,7553	12,97	2,80

Número de entrepiso	Altura de entrepiso (m)	Deriva admisible (cm)	Deriva máxima (cm)	Chequeo
Primer piso	3,2	3,2	1,19	Cumple
Segundo piso	3,2	3,2	2,63	Cumple
Tercer piso	3,2	3,2	3,16	Cumple
Cuarto piso	3,2	3,2	3,18	Cumple
Quinto piso	3,2	3,2	2,80	Cumple

Tabla 11. Análisis de las derivas máximas para el Modelo combinado4.

Modelo pórtico simple (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico combinado1 (Δ cm nodo 26)	Modelo pórtico combinado2 (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico combinado3 (Δ cm nodo 00)	Modelo pórtico combinado4 (Δ cm nodo 04)
9,39	8,32	,	1,86	1,19
14,17	11,72	6,90	3,84	2,63
11,08	9,74	6,10	5,05	3,16
7,13	6,50	4,81	4,61	3,18
3,67	4,32	2,96	3,93	2,80

Modelo pórtico simple (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico combinado1 (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico combinado4 (Δ cm nodo 04)	Variación de la deriva entre el pórtico y el modelo combinado4 (Δ cm nodo 04)	% de disminución de la deriva máxima entre el sistema pórtico y el modelo combinado4 (Δ cm nodo 04)
9,39	4,87	1,19	8,20	87,32%
14,17	6,90	2,63	11,54	81,42%
11,08	6,10	3,16	7,92	71,46%
7,13	4,81	3,18	3,95	55,37%
3,67	2,96	2,80	0,87	23,76%

Tabla 12. Cuadro comparativo de las derivas máximas entre los modelos.

5.6 MODELO COMBINADO5

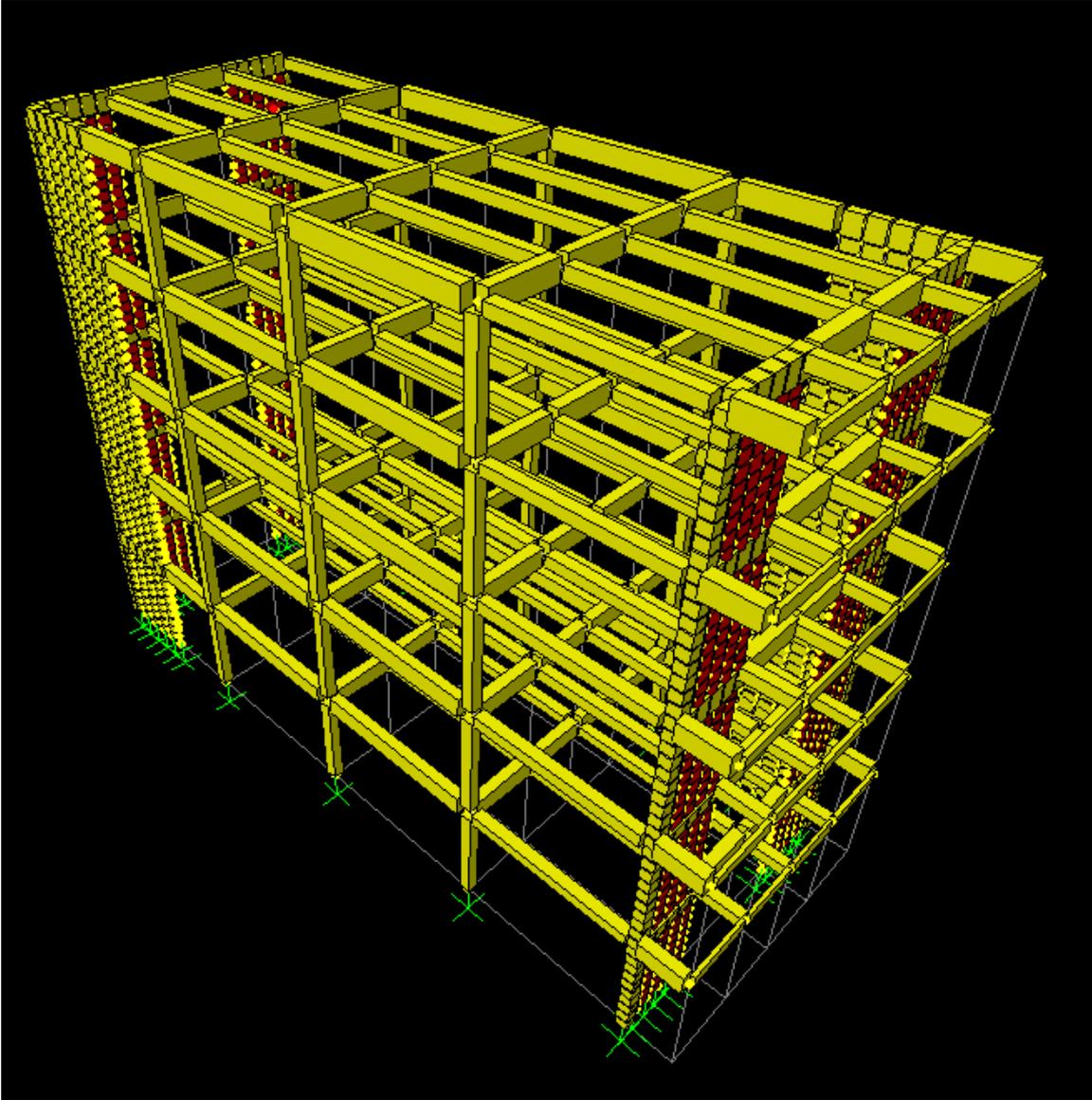


Figura 10 Modelo combinado5.

DERIVAS MÁXIMAS MODELO COMBINADO5

SISMO X Incluye 100% de sismo en X mas 30 % de sismo en Y

SISMO Y Incluye 100% de sismo en Y mas 30 % de sismo en X

Nodo	ΔX	ΔY	Δ Total	Deriva (cm)
204	1,0180	1,1180	1,51	1,51
304	3,5149	3,5502	5,00	3,48
404	6,4008	6,5109	9,13	4,13
504	9,1874	9,5053	13,22	4,09
604	11,5829	12,1796	16,81	3,59

Número de entresijos	Altura de entresijo (m)	Deriva admisible (cm)	Deriva máxima (cm)	Chequeo
Pimer piso	3,20	3,20	1,51	Cumple
Segundo piso	3,20	3,20	3,48	No cumple
Tercer piso	3,20	3,20	4,13	No cumple
Cuarto piso	3,20	3,20	4,09	No cumple
Quinto piso	3,20	3,20	3,59	No cumple

Tabla 13. Análisis de las derivas máximas para el Modelo combinado5.

Modelo pórtico simple (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico combinado1 (Δ cm nodo 26)	Modelo pórtico combinado2 (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico combinado3 (Δ cm nodo 00)	Modelo pórtico combinado4 (Δ cm nodo 04)
9,39	8,32	4,87	1,86	1,19
14,17	11,72	6,90	3,84	2,63
11,08	9,74	6,10	5,05	3,16
7,13	6,50	4,81	4,61	3,18
3,67	4,32	2,96	3,93	2,80

Modelo pórtico combinado5 (Δ cm nodo 04)	Variación de la deriva entre el pórtico y el modelo combinado5 (Δ cm nodo 04)	% de disminución de la deriva máxima entre el modelo pórtico y el modelo combinado5 (Δ cm nodo 04)
1,51	7,88	83,90%
3,48	10,69	75,42%
4,13	6,95	62,69%
4,09	3,04	42,66%
3,59	0,08	2,27%

Tabla 14. Cuadro comparativo de las derivas máximas entre los modelos.

5.7 MODELO COMBINADO6

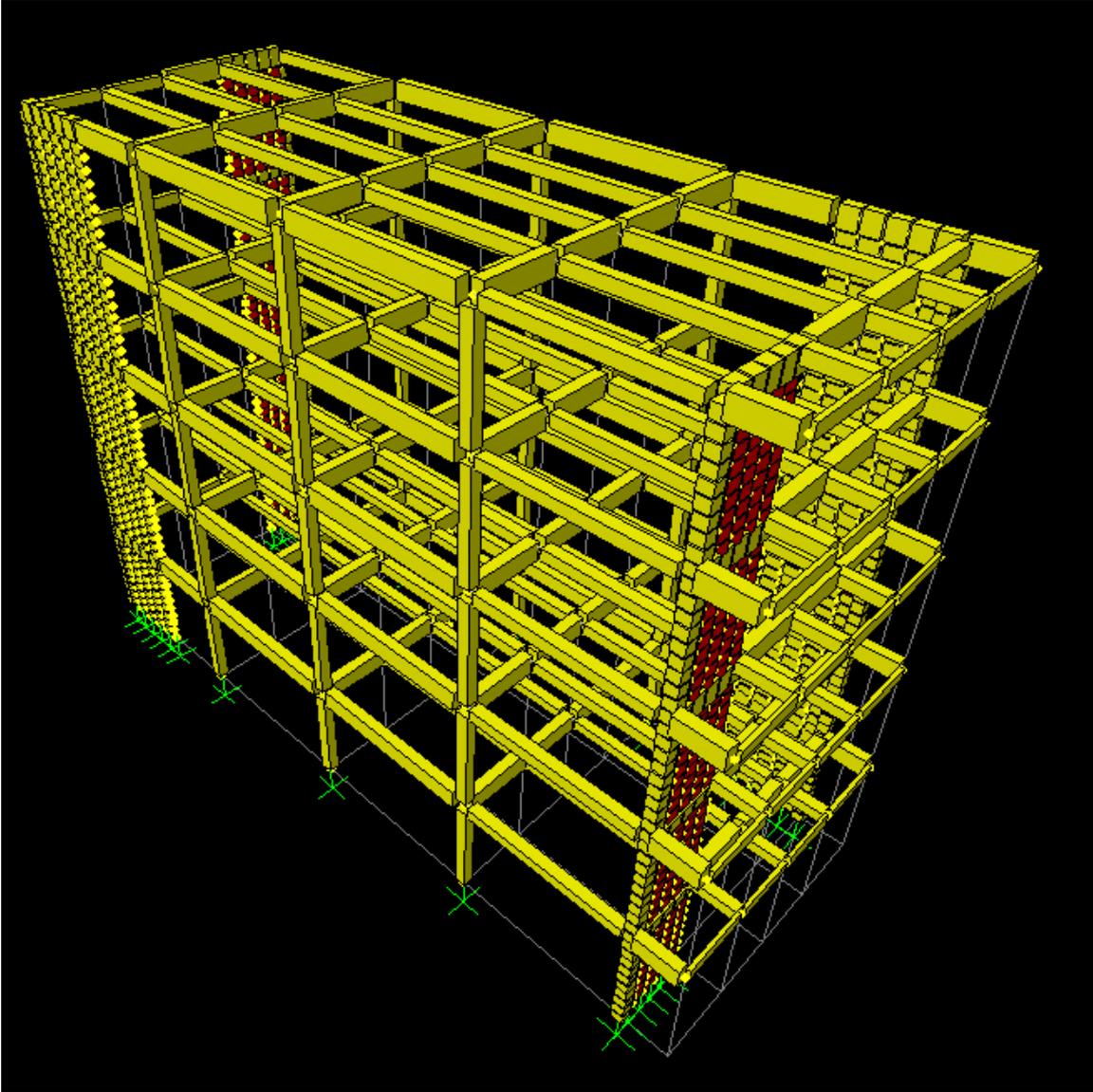


Figura 11 Modelo combinado6.

DERIVAS MÁXIMAS MODELO COMBINADO6

SISMO X Incluye 100% de sismo en X mas 30 % de sismo en Y

SISMO Y Incluye 100% de sismo en Y mas 30 % de sismo en X

Nodo	ΔX	ΔY	Δ Total	Deriva (cm)
204	1,5404	1,2150	1,96	1,96
304	5,1256	3,9226	6,45	4,49
404	9,5153	7,2245	11,95	5,49
504	13,9352	10,5559	17,48	5,53
604	17,8886	13,5332	22,43	4,95

Número de entrepiso	Altura de entrepiso (m)	Deriva admisible (cm)	Deriva máxima (cm)	Chequeo
Primer piso	3,20	3,20	1,96	Cumple
Segundo piso	3,20	3,20	4,49	No cumple
Tercer piso	3,20	3,20	5,49	No cumple
Cuarto piso	3,20	3,20	5,53	No cumple
Quinto piso	3,20	3,20	4,95	No cumple

Tabla 15. Análisis de las derivas máximas para el Modelo combinado5.

Modelo pórtico simple (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico combinado1 (Δ cm nodo 26)	Modelo pórtico combinado2 (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico combinado3 (Δ cm nodo 00)	Modelo pórtico combinado4 (Δ cm nodo 04)
9,39	8,32	4,87	1,86	1,19
14,17	11,72	6,90	3,84	2,63
11,08	9,74	6,10	5,05	3,16
7,13	6,50	4,81	4,61	3,18
3,67	4,32	2,96	3,93	2,80

Modelo pórtico combinado5 (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico combinado6 (Δ cm nodo 04)	Variación de la deriva entre el pórtico y e modelo combinado6 (Δ cm nodo 04)	% de disminución de la deriva máxima entre el modelo pórtico y el modelo combinado6 (Δ cm nodo 04)
1,51	1,96	7,43	79,11%
3,48	4,49	9,68	68,31%
4,13	5,49	5,59	50,44%
4,09	5,53	1,60	22,40%
3,59	4,95	-1,28	-34,80%

Tabla 16. Cuadro comparativo de las derivas máximas entre los modelos.

5.8 MODELO IRRREGULAR1

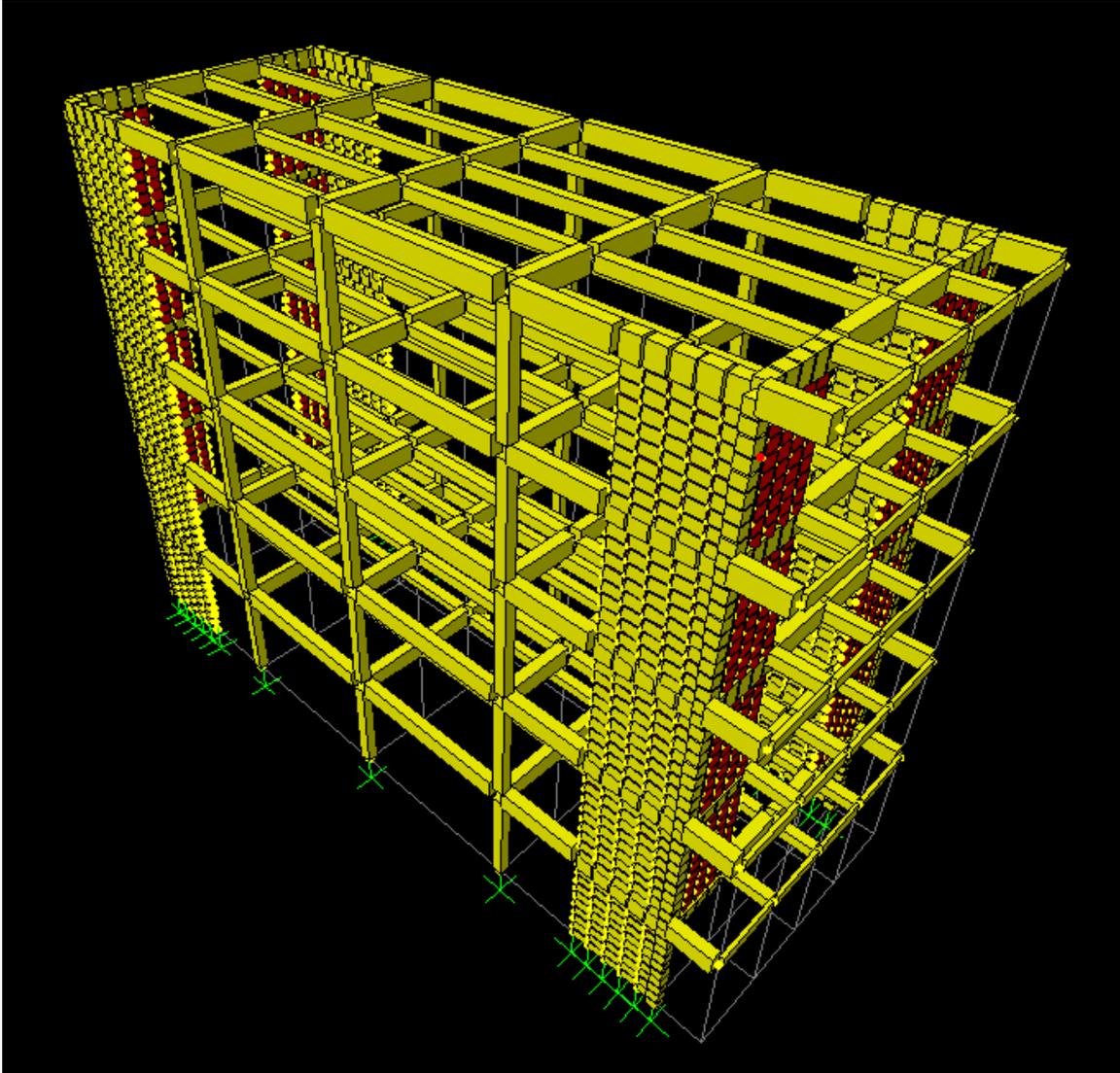


Figura 12 Modelo irregular1.

DERIVAS MÁXIMAS MODELO IRREGULAR1

SISMO X Incluye 100% de sismo en X mas 30 % de simo en Y

SISMO Y Incluye 100% de sismo en Y mas 30 % de simo en X

Nodo	ΔX	ΔY	Δ Total	Deriva (cm)
204	7,5609	0,8972	7,61	7,61
304	10,3936	2,8107	10,77	3,15
404	12,971	5,0683	13,93	3,16
504	15,1717	7,3488	16,86	2,93
604	16,9631	9,4305	19,41	2,55

Número de entrepiso	Altura de entrepiso (m)	Deriva admisible (cm)	Deriva máxima (cm)	Chequeo
Primero piso	3,2	0,032	7,61	No cumple
Segundo piso	3,2	0,032	3,15	Cumple
Tercer piso	3,2	0,032	3,16	Cumple
Cuarto piso	3,2	0,032	2,93	Cumple
Quinto piso	3,2	0,032	2,55	Cumple

Tabla 17. Análisis de las derivas máximas para el Modelo combinado5.

5.9 MODELO IRREGULAR2

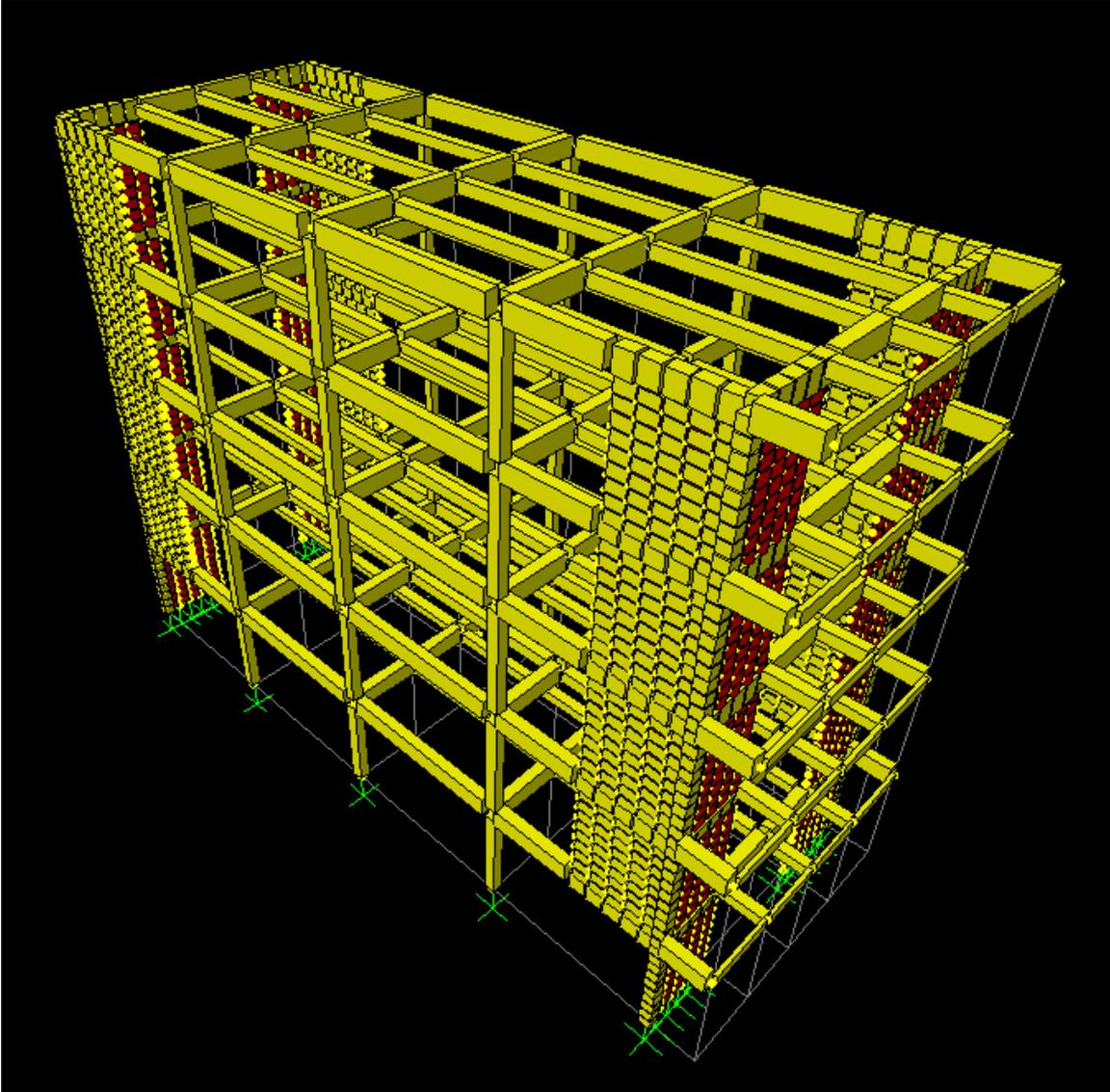


Figura 13 Modelo irregular2.

DERIVAS MÁXIMAS MODELO IRREGULAR2

SISMO X Incluye 100% de sismo en X mas 30 % de simo en Y

SISMO Y Incluye 100% de sismo en Y mas 30 % de simo en X

Nodo	ΔX	ΔY	Δ Total	Deriva (cm)
204	1,2483	7,1187	7,23	7,23
304	3,9793	9,1304	9,96	2,73
404	7,0385	11,1083	13,15	3,19
504	9,9404	12,9575	16,33	3,18
604	12,4444	14,589	19,18	2,84

Número de entepiso	Altura de entepiso (m)	Deriva admisible (cm)	Deriva máxima (cm)	Chequeo
Primero piso	3,2	3,2	7,23	No cumple
Segundo piso	3,2	3,2	2,73	Cumple
Tercer piso	3,2	3,2	3,19	Cumple
Cuarto piso	3,2	3,2	3,18	Cumple
Quinto piso	3,2	3,2	2,84	Cumple

Tabla 18. Análisis de las derivas máximas para el Modelo combinado5.

Modelo pórtico irregular1 (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico irregular2 (Δ cm nodo 04)
7,61	7,23
3,15	2,73
3,16	3,19
2,93	3,18
2,55	2,84

Tabla 19. Cuadro comparativo de las derivas máximas entre los modelos.

5.10 MODELO IRREGULAR3

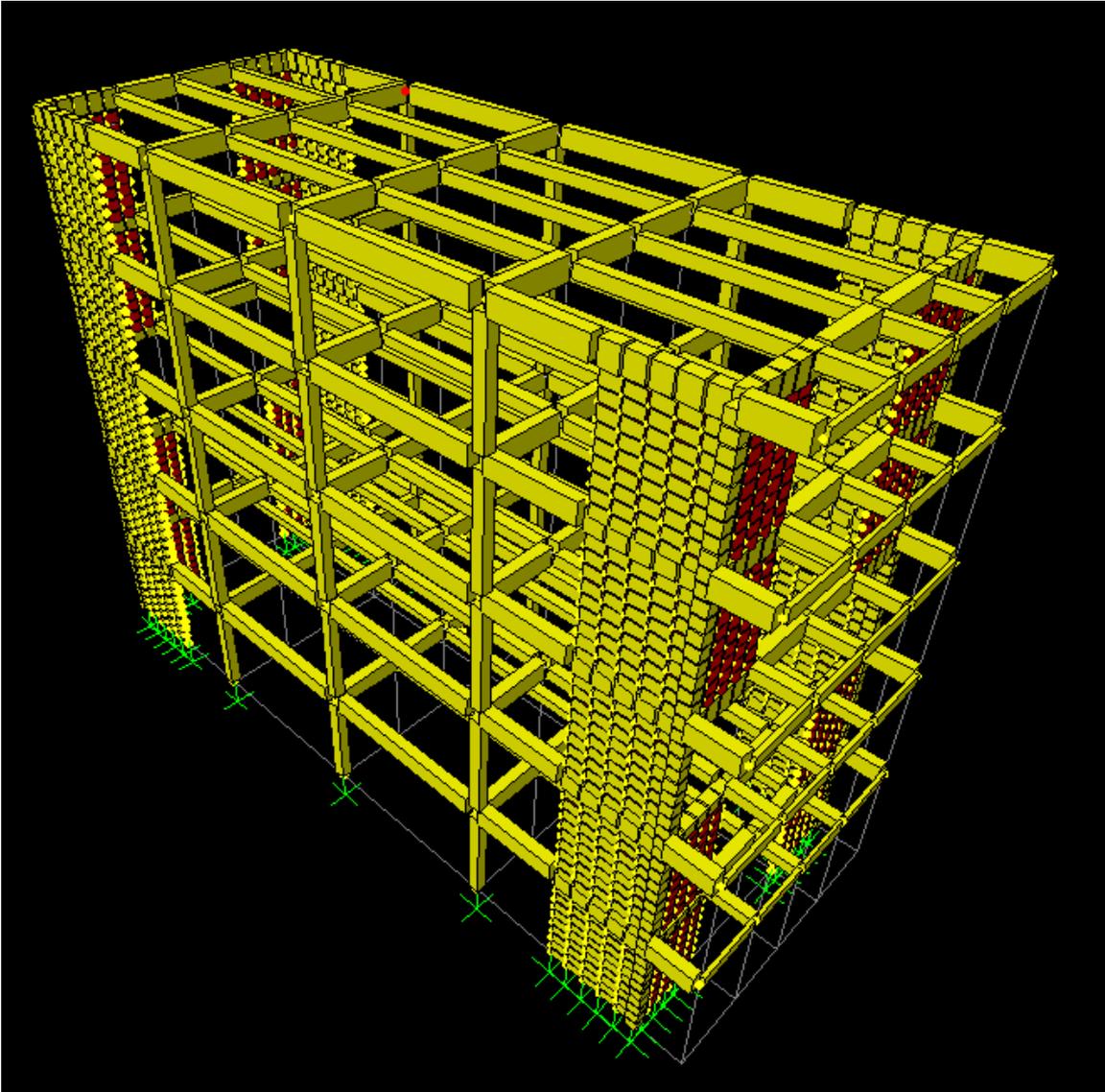


Figura 14 Modelo irregular3.

DERIVAS MÁXIMAS MODELO IRREGULAR3

SISMO X Incluye 100% de sismo en X mas 30 % de sismo en Y

SISMO Y Incluye 100% de sismo en Y mas 30 % de sismo en X

Nodo	ΔX	ΔY	Δ Total	Deriva (cm)
204	0,6492	0,6504	0,92	0,92
304	2,0704	2,1078	2,95	2,04
404	10,3728	4,0839	11,15	8,19
504	12,0562	6,172	13,54	2,40
604	13,4903	8,0977	15,73	2,19

Número de entepiso	Altura de entepiso (m)	Deriva admisible (cm)	Deriva máxima (cm)	Chequeo
Primero piso	3,2	3,2	0,92	Cumple
Segundo piso	3,2	3,2	2,04	Cumple
Tercer piso	3,2	3,2	8,19	No cumple
Cuarto piso	3,2	3,2	2,40	Cumple
Quinto piso	3,2	3,2	2,19	Cumple

Tabla 20. Análisis de las derivas máximas para el Modelo combinado5.

Modelo pórtico irregular1 (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico irregular2 (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico irregular3 (Δ cm nodo 04)
7,61	7,23	0,92
3,15	2,73	2,04
3,16	3,19	8,19
2,93	3,18	2,40
2,55	2,84	2,19

Tabla 21. Cuadro comparativo de las derivas máximas entre los modelos.

5.11 MODELO IRREGULAR4

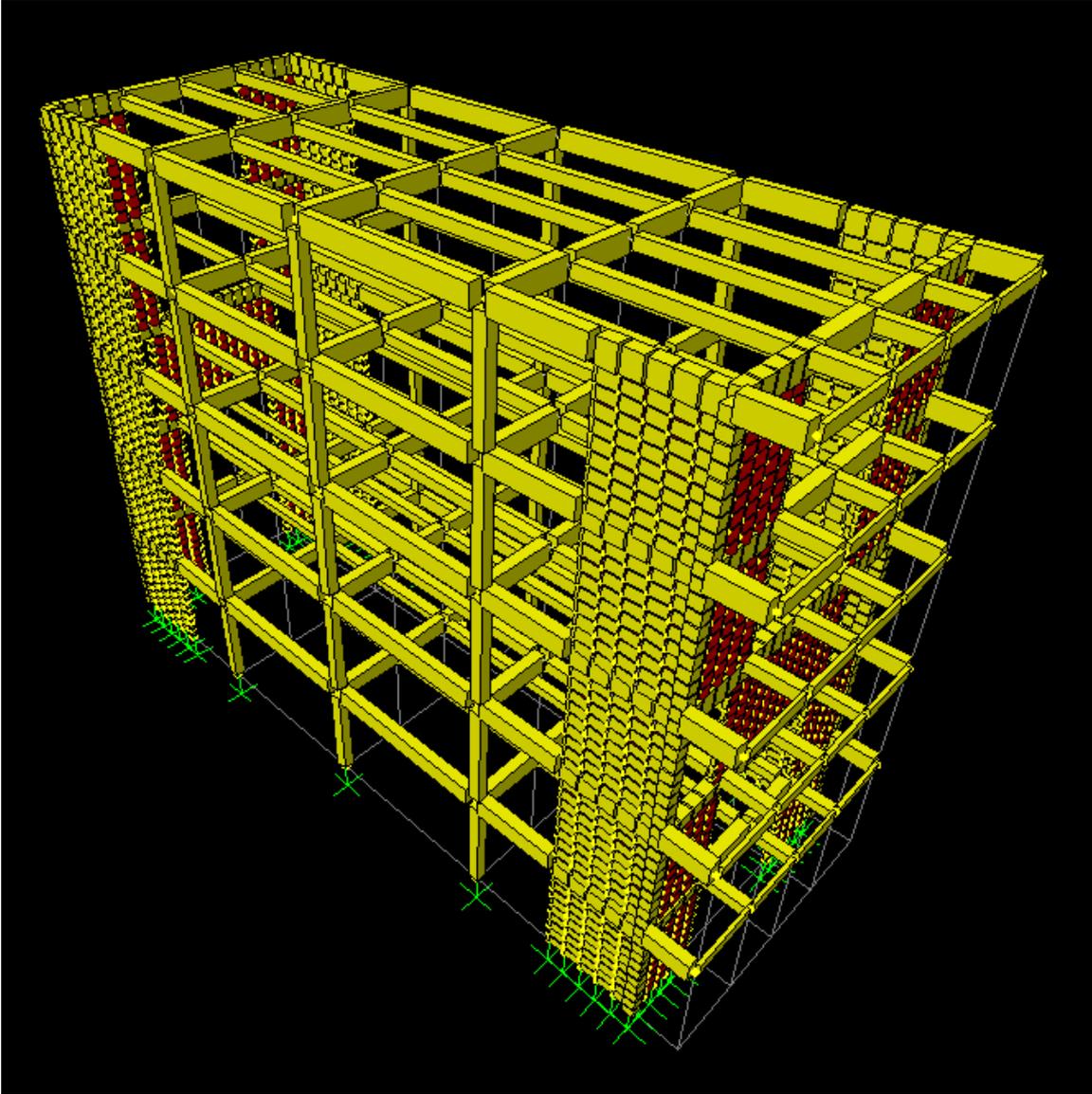


Figura 15 Modelo irregular4.

DERIVAS MÁXIMAS MODELO IRREGULAR4

SISMO X Incluye 100% de sismo en X mas 30 % de simo en Y

SISMO Y Incluye 100% de sismo en Y mas 30 % de simo en X

Nodo	ΔX	ΔY	Δ Total	Deriva (cm)
200	0,6937	0,6212	0,93	0,93
300	1,8359	2,0134	2,72	1,79
400	1,823	3,8035	4,22	1,49
500	3,002	5,6851	6,43	2,21
600	4,2011	7,4147	8,52	2,09

Número de entrepiso	Altura de entrepiso (m)	Deriva admisible (cm)	Deriva máxima (cm)	Chequeo
Primero piso	3,2	3,2	0,93	Cumple
Segundo piso	3,2	3,2	1,79	Cumple
Tercer piso	3,2	3,2	1,49	Cumple
Cuarto piso	3,2	3,2	2,21	Cumple
Quinto piso	3,2	3,2	2,09	Cumple

Tabla 22. Análisis de las derivas máximas para el Modelo combinado5.

Modelo pórtico irregular1 (Δ cm nodo 04)	Molode pórtico irregular2 (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico irregular3 (Δ cm nodo 04)	Modelo pórtico irregular4 (Δ cm nodo 04)
7,61	7,23	0,92	0,93
3,15	2,73	2,04	1,79
3,16	3,19	8,19	1,49
2,93	3,18	2,40	2,21
2,55	2,84	2,19	2,09

Tabla 23. Cuadro comparativo de las derivas máximas entre los modelos.

6 CONCLUSIONES

- Bajo la acción de fuerzas laterales un pórtico se deforma primariamente en modo cortante, presentando deformaciones máximas en los pisos medios, mientras que un muro estructural se deforma a flexión, para lo cual las deformaciones máximas se presentan en la parte alta de la estructura.
- La disminución del índice de derivas es considerable al implementar una pantalla de rigidez a un sistema aporticado.
- Es importante tratar de crear un núcleo de confinamiento al sistema aporticado en los ejes X y Y mediante pantallas estructurales en ambos sentidos con el objetivo de controlar los desplazamientos.
- Con una sección transversal mínima de columnas y de muros estructurales se pueden controlar derivas de forma satisfactoria, aún en sistemas débiles (de dos ejes) y esbeltos.
- Es posible considerar una irregularidad en altura para el sistema combinado obteniendo resultados bastante positivos en el control de derivas siempre y cuando, se garantice el amarre y continuidad de los elementos conectores para transmitir las fuerzas sísmicas inducidas por cada una de las partes.
- Para el modelamiento de cada uno de los modelos no se consideraron deformaciones en la cimentación ni en las condiciones de muro sobre viga.
- Una vez se garantice el amarre y continuidad de un muro pantalla sobre una viga se puede asumir que éste trabaja como una viga de gran altura, de inercia representativa que genera rigidez a la estructura y brinda un control de las derivas.
- El manejo de software especializado como herramienta para el modelamiento y análisis dinámico de estructuras, es una herramienta

imprescindible para el ingeniero de hoy, facilitando la evaluación de diversas alternativas de diseño de una manera eficiente y eficaz.

- Para un próximo estudio es importante, al considerar una irregularidad en altura, analizar y determinar el comportamiento que se genera alrededor de una columna libre en uno de sus ejes y colindante en oro por un muro estructural (condiciones muro – columna y columna sin muro). Además de analizar y diseñar las condiciones de frontera entre muro y viga.

7 BIBLIOGRAFIA

- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-98.
- Configuración y diseño sísmico de edificios. C. Arnold, R. Reithesman.
- Formulación para el predimensionamiento de elementos en sistemas duales y combinados, Tesis de grado, Guillermo Cortes.
- Interacción pórtico muro estructural, Tesis de grado, Igor Hernández S.