

**GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE  
Y DERIVAS SEGÚN TÍTULO A4-A6 NSR-10**



**YARELY DEL ROCIO ARAQUE CRISTANCHO**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA - FAEDIS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.**

**2015**

**GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE  
Y DERIVAS SEGÚN TÍTULO A4-A6 NSR-10**

**YARELY DEL ROCIO ARAQUE CRISTANCHO**

**Trabajo de grado para optar por el**

**Título de Ingeniero Civil**

**Director del Proyecto**

**Ing. JUAN CARLOS HERRERA MARTÍNEZ**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA - FAEDIS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BOGOTÁ**

**2015**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

Presidente Del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá, enero 21 de 2015

Dedico este trabajo a Dios por tantas bendiciones que me ha regalado, a mis padres por la vida y ejemplo. A mi hija por iluminar mi existencia.

*Yarely Araque Cristancho*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitir culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco al ingeniero Juan Carlos Herrera director de este proyecto, por su tiempo, y su gran aporte de conocimientos.

A mi compañero y amigo por su apoyo y colaboración durante este proceso.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>Introducción</b>	<b>16</b>
<b>1. Planteamiento del problema</b>	<b>18</b>
1.1 Justificación	20
1.2 Objetivos	22
1.2.1 Objetivo general	22
1.2.2 Objetivos específicos	22
1.3 Antecedentes	24
1.4 Alcance	25
1.5 Metodología	26
<b>2. Marco teórico</b>	<b>27</b>
2.1 Tipos de espectros	29
2.2 Movimientos sísmicos de diseño	31
2.3 Microzonificación sísmica en Colombia	32
2.4 Microzonificación sísmica Bogotá	34
2.4.1 Coeficientes y espectros de diseño	37
<b>3. Criterios de aplicación de fuerza equivalente</b>	<b>38</b>
3.1 Descripción del proyecto	40
3.1.1 Datos Generales Proyecto	41
3.1.2 Materiales	41
3.1.3 Columnas	41
3.1.4 Vigas	42
3.2 Análisis Fuerza Horizontal equivalente	45
3.2.1 Pórtico Tridimensional o espacial	45
3.2.2 Matriz de rigidez lateral de un pórtico de varios pisos	45
3.3 Parámetros de diseño sísmico método estático equivalente	48

3.3.1	Paso 1. Periodo fundamental	48
3.4	Espectros de diseño	50
3.4.1	Espectro de Aceleraciones	51
3.5	Evaluación de cargas de entrepiso	55
3.5.1	Peso del edificio	56
3.5.2	Peso de cada piso	57
3.5.3	Obtención Centros de gravedad	58
3.6	El cortante sísmico de la base	60
3.7	Distribución fuerzas sísmicas	61
3.7.1	Paso 5 Distribución fuerza sísmica horizontal y por piso	61
3.7.2	Fuerzas de piso	63
3.7.3	Distribución aproximada de las fuerzas sísmicas	66
3.8	Deriva	69
3.8.1	Desplazamientos Horizontales Totales	69
3.8.2	Desplazamientos horizontales causados por efectos P-delta	70
3.8.3	Coefficiente de inestabilidad	70
3.8.4	Chequeo de derivas	71
3.8.5	Deriva máxima	71
3.8.6	Chequeo de derivas	72
3.8.7	Comprobación de la deriva	75
3.9	Edificio 12 pisos	77
3.10	Distribución fuerzas sísmicas	79
3.10.1	Distribución aproximada de las fuerzas sísmicas	80
3.10.2	Comprobación de la deriva	84
3.11	Edificio 15 pisos	85
3.12	El cortante sísmico de la base	87
3.13	Distribución fuerzas sísmicas	87
3.13.1	Distribución aproximada de las fuerzas sísmicas	89
3.13.2	Comprobación de la deriva	93

<b>4. Conclusiones.</b>	<b>95</b>
<b>5. Referencias</b>	<b>97</b>



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Espectro de respuesta de desplazamiento	29
Figura 2. Mapa de valores Aa (NSR-10)	31
Figura 3. Mapa de valores Av. (NSR-10).	32
Figura 4. Zonas de amenaza sísmica en función de Aa y Av (NSR-10).	34
Figura 6. Mapa de zonificación de respuesta sísmica de Bogotá.	37
Figura 7. Diagrama de flujo del diseño sismoresistente de un edificio por el método FHE según NSR-10.	39
Figura 8. Planta estructural base para edificio 10-12 y 15 niveles	43
Figura 9. Planta columnas para edificio 10-12 y 15 niveles	44
Figura 10. Pórtico Tridimensional o espacial	45
Figura 11. Pórtico de varios pisos para análisis de matriz de rigidez	46
Figura 12. Modelo de cortante y desplazamiento para edificios a) representa desplazamientos, b) cortantes de entrepiso	46
Figura 13. Metodología Fuerza Horizontal equivalente Edificio 10 niveles.	47
Figura 14. Espectros de respuesta elásticos, a nivel de la superficie del terreno, para el cinco por ciento (5%) de amortiguamiento estructural respecto al crítico.	51
Figura 15. Posición centro de gravedad de edificio	58
Figura 16. Equilibrio de fuerzas horizontales Fx, y cortante de base Vs	60
Figura 17. Distribución de fuerza sísmica.	62
Figura 18. Fuerzas horizontales y fuerzas cortantes de piso del edificio de 10 pisos.	65
Figura 19. Grafica de los cortantes acumulados por piso. Tomado de Etabs.	66

- Figura 20. Planta estructural con muros incorporados en los marcos. 68
- Figura 21. Procedimiento verificación de derivas (NSR-10). 69
- Figura 22. Grafica desplazamientos máximos de cada piso en edificio de 10 niveles. 74

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Nivel de amenaza sísmica según valores de $A_a$ y $A_v$	33
Tabla 2. Descripción de las zonas geotécnicas, microzonificación Bogotá.	35
Tabla 3. Coeficientes de diseño microzonificación Bogotá	37
Tabla 4. Parámetros de diseño según NSR-10 basados en el Método de Fuerza Horizontal equivalente	40
Tabla 5. Nomenclatura de columnas proyecto	42
Tabla 6. Nomenclatura de vigas proyecto	42
Tabla 7. Valor de parámetros $C_T$ y $\alpha$ para los sistemas estructurales según reglamento NSR-10	49
Tabla 8. Periodo inicial $T_a$ edificio 10 pisos	50
Tabla 9. Microzonificación Bogotá Lacustre-200	53
Tabla 10. Espectro elástico de aceleraciones edificio 10 pisos	54
Tabla 11. Planta de primer piso y cubierta	57
Tabla 12. Peso total del edificio	58
Tabla 13. Obtención del Centro de gravedad planta de entrepiso	59
Tabla 14. Obtención del cortante en la base para edificio de 10 niveles	61
Tabla 15. Resultado de las fuerzas horizontales distribuidas en altura F.H.E.	63
Tabla 16. Obtención de resultados de distribución de fuerzas, desplazamientos, derivas para edificio de 10, 12	64
Tabla 17. Aplicación de las fuerzas sísmicas F.H.E calculadas al modelo Etabs	65

Tabla 18. Distribución aproximada de las fuerzas sísmicas F.H.E en sentido x y sentido y	67
Tabla 19. Sismo actuando en el eje x y sus desplazamientos del centro de masa de cada piso con muros incorporados	68
Tabla 20. Derivas máximas como porcentaje de $h_{pi}$	72
Tabla 21. Sismo actuando en el eje x y sus desplazamientos del centro de masa de cada piso	72
Tabla 22. Derivas obtenidas para piso	72
Tabla 23. Calculo del nuevo periodo T para sismo en X	74
Tabla 24. Calculo del nuevo periodo T para sismo en y	75
Tabla 25. Verificación de deriva Dmax	76
Tabla 26. Resultados del cortante basal	76
Tabla 27. Periodo inicial $T_a$ edificio 12 pisos	77
Tabla 28. Espectro elástico de aceleraciones edificio 12 pisos	78
Tabla 29. Obtención del cortante en la base edificio 12 niveles	79
Tabla 30. Resultado de las fuerzas horizontales distribuidas en altura F.H.E	79
Tabla 31. Aplicación de las fuerzas sísmicas F.H.E calculadas al modelo Etabs	80
Tabla 32. Distribución aproximada de las fuerzas sísmicas F.H.E en sentido x y sentido y	80
Tabla 33. Sismo actuando en el eje x y sus desplazamientos del centro de masa de cada piso	81
Tabla 34. Derivas obtenidas para piso	81
Tabla 35. Calculo del nuevo periodo T para sismo en x	83

Tabla 36. Calculo del nuevo periodo T para sismo en y	83
Tabla 37. Verificación de deriva Dmax	84
Tabla 38. Resultados del cortante basal	84
Tabla 39. Periodo inicial Ta edificio15 pisos	85
Tabla 40. Espectro elástico de aceleraciones edificio15 pisos	86
Tabla 41. Obtencion del cortante en la base	87
Tabla 42. Resultado de las fuerzas horizontales distribuidas en altura F.H.E	87
Tabla 43. Aplicación de las fuerzas sísmicas F.H.E calculadas para edificio 15 niveles al modelo Etabs	88
Tabla 44. Distribución aproximada de las fuerzas sísmicas F.H.E en sentido x y sentido y	89
Tabla 45. Sismo actuando en el eje x y sus desplazamientos del centro de masa de cada piso	89
Tabla 46. Derivas obtenidas para piso edificio 15 niveles	90
Tabla 47. Calculo del nuevo periodo T para sismo en x	91
Tabla 48. Calculo del nuevo periodo T para sismo en y	92
Tabla 49. Verificación de deriva Dmax	93
Tabla 50. Resultados del cortante basal	93

## Resumen

El impacto de un sismo sobre una estructura, está dado por los diferentes parámetros a analizar, caracterización del suelo, sismicidad de la zona, intensidad, duración y tipo de propagación del evento sísmico, la geometría, tamaño y peso del edificio. El modelo que se analiza en esta guía, es el método fuerza horizontal equivalente (FHE) o también conocido como estático lineal, avalado por la NSR-10. El procedimiento de este método se aplica y describe paso a paso, para el estudio de un edificio con geometría regular aporcionado, de diez, doce y quince (10, 12 y 15) pisos, en cada uno de ellos se reemplazara la acción sísmica por fuerzas estáticas laterales equivalentes se calcula el periodo fundamental, el espectro de diseño y el cortante basal. Asimismo se muestra la verificación y cumplimiento de las derivas para cada piso.

Palabras Claves: sismo, intensidad, peso del edificio, NSR-10, estático lineal, periodo fundamental, cortante basal, deriva.

### **Abstract**

The impact of an earthquake on a structure, is given by the different parameters analyzed, soil characterization, seismicity of the area, intensity, duration and type of propagation of the seismic event, the geometry, size and weight of the building. The model discussed in this guide is horizontal force equivalent method (FHE) or also known as linear static, supported by the NSR -10. The procedure of this method is applied and described step by step for the study of a building with regular geometry I aporticado , of ten twelve y fifteen (10,12 and 15) stories in each of the seismic action by static lateral forces equivalent fundamental period is calculated is replaced , the design spectrum and base shear. Verification and compliance drift for each floor are also shown.

Keywords: earthquake, intensity, weight of the building, NSR -10, linear static, fundamental period, base shear, drift.

## Introducción

La presente propuesta desarrolla una guía práctica para estimar las fuerzas sísmicas que actúan en una edificación y las derivas generadas por la misma; las cuales son un porcentaje de su masa y se calculan a través de un análisis sísmico por medio de alguna de las cuatro metodologías propuestas y avaladas por la actual Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Para la elaboración de esta guía, se hizo necesario la consulta de diferentes fuentes bibliográficas, buscando delimitar el conocimiento y materializar de manera sencilla los procedimientos consignados en el capítulo A-4 y A-5 Método de la fuerza Horizontal equivalente y de Derivas, pues en la norma se emplea un lenguaje técnico y por ende complejo, lo que dificulta la comprensión de la misma por parte de los estudiantes de ingeniería civil, cuando en las asignaturas de análisis de estructuras desarrollan la metodología expuesta en la normativa mencionada.

La investigación se apoya en la importancia de dicho análisis cuyo propósito es hallar las fuerzas y momentos torsionales internos que se generan por las cargas sísmicas, en todos los elementos del sistema estructural. Para esta guía en particular el sistema estructural a analizar es el sistema de pórticos en concreto y/o sistema combinado, el cual es el más ampliamente usado a lo largo y ancho del país debido a su versatilidad en los espacios y su funcionalidad.



El manual abarcará una serie de temas que se consideran elementales para la comprensión y aplicación de los métodos, por lo que se reseñará, qué son los sismos, cómo influye la ubicación geográfica de la edificación, los parámetros del suelo, la importancia o grupo de uso de la estructura y el número de pisos, en el cálculo de las fuerzas sísmicas de piso, periodos fundamentales de vibración. Por lo anterior, se hace necesario desarrollar ejemplos de aplicación con diferentes niveles a medida que se van desarrollando los temas de la guía.

En general, en esta guía se reúnen los procesos necesarios para interpretar y desarrollar el cálculo de fuerzas sísmicas mediante el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

## 1. Planteamiento del problema

En la actualidad existe la facilidad de utilizar diferentes herramientas informáticas versátiles creadas por compañías como Computer and Structures Inc CSI, desarrolladas para la optimizar el modelado diseño y cálculo de edificaciones, mediante un software especializado permiten el análisis estático y dinámico de estructuras basados en la teoría de los elementos finitos, algunos de estos programas aptos para el cálculo estructural son EDIF-GTRESS, ETABS, STAAD PRO, ARQUIMET 2.0, CYPECAD, SAP 2000, entre sus características se destacan que proporcionan más posibilidades y agilidad en la preparación de datos y en la obtención e interpretación de resultados.

Sin embargo, se hace necesario fomentar en el aprendizaje de los estudiantes los conceptos básicos y criterios claros a cerca del análisis de estructuras pues existen varias metodologías, cada una de ellas con sus ventajas y desventajas, de ahí que éste debe estar en capacidad de poder interpretar los resultados y poder establecer la validez de los mismos.

Entre los análisis de las estructuras uno de los más importantes es el análisis de las fuerzas inducidas en las mismas por un movimiento sísmico; la actual normativa colombiana valida cuatro posibles métodos para estimar estas fuerzas, una de esas opciones es el análisis de fuerza horizontal equivalente el cual está relacionado en el capítulo A-4 del código NSR-10. En este capítulo se mencionan los pasos de la metodología para cada método, sin embargo el lenguaje que utiliza el código no es explicativo ni didáctico, y más

bien técnico; no presenta comentarios ni notas aclaratorias produciendo una barrera entre los estudiantes y la comprensión de los conceptos y métodos consignados en el mismo.

El manejo de dichos conceptos estructurales hace posible que los estudiantes pueden consolidar un aprendizaje básico, necesario en el desempeño de la profesión que le permita calcular e interpretar la correlación entre fuerzas internas y cargas externas, así como los niveles de daños esperados durante la vida útil de una estructura.

Bajo esa perspectiva, se tiene que la aplicación de los requerimientos mínimos de sismo resistencia fijan pautas para el diseño de edificaciones, aplicar estos requerimientos mínimos mediante un trabajo o tarea de curso se tornan en un aprieto para la mayoría de los estudiantes de análisis de estructuras, pues debido al lenguaje técnico que maneja la NSR-10 impide en el mayoría de los casos la correcta interpretación del reglamento.

El objetivo principal de un ingeniero especialista en estructuras es evaluar experimental o analíticamente el riesgo sísmico y el desempeño de una edificación de manera segura y confiable, es decir lograr diseñar la configuración más apropiada de una estructura para que sea capaz de resistir las fuerzas de los sismos y reducir los efectos y consecuencias producidos por estos.

Es por esto que se plantea el siguiente problema:

*¿Cuál es la forma más conveniente para presentar a los estudiantes de ingeniería civil la metodología para calcular la fuerza horizontal equivalente y el cálculo de derivas según el título A4 y A6?*

Por lo anterior y pretendiendo explicar de manera clara y en un lenguaje básico los contenidos presentados en la Norma Colombiana de Sismo Resistencia NSR-10 en lo referente al cálculo de estructuras de concreto.

*“Se plantea realizar un guía práctica y explicativa que le permita al estudiante de manera general comprender, analizar y desarrollar el cálculo de las fuerzas sísmicas y de derivas”.*

### **1.1 Justificación**

Es evidente la dificultad que tienen los estudiantes de ingeniería civil en los cursos de análisis al consultar la NSR-10 como texto de estudio para el desarrollo de los temas que están asociados al cálculo de las fuerzas inerciales (cortante sísmico basal y distribución piso a piso) desarrolladas en un sismo. Se hace necesario comprender las bases teóricas en que se fundamenta el método de fuerzas sísmicas y derivas, sus principales características y conceptos, con el fin de facilitar el análisis y la estimación del comportamiento sísmico de una edificación, mediante el estudio de los capítulos A-4 y A-6 a causa de eventos sísmicos ocurridos a través de los años en Colombia.

El método de fuerza horizontal equivalente y derivas que estudiaremos en esta guía nos permitirá facilitar la comprensión del análisis para obtener o estimar las fuerzas sísmicas inerciales y los desplazamientos.

El contenido de esta guía se sujeta completamente a los requerimientos exigidos por el Reglamento Colombiano de Sismo Resistente NSR-10.

## ***1.2 Objetivos***

### ***1.2.1 Objetivo general***

Desarrollar a partir del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, una guía práctica que permita realizar la estimación de las fuerzas sísmicas a través del método de la fuerza horizontal equivalente y las derivas de piso

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

- Realizar una revisión teórica de diferentes textos a fin de comprender definiciones fundamentales necesarias para iniciar el desarrollo y análisis de la metodología del capítulo A4 Método de la fuerza horizontal equivalente y derivas de la NSR 10, y finalmente, elaborar una guía práctica que facilite su entendimiento.
- Definir la ubicación geográfica, configuración geométrica y estructural, número de pisos para la edificación tomada como ejemplo y así poder realizar el análisis de la fuerza horizontal equivalente y los desplazamientos impuestos por dichas fuerzas a la estructura de las solicitaciones a las que será sometida durante su vida útil.
- Desarrollar la metodología de la fuerza horizontal equivalente y de los desplazamientos para el cálculo de fuerzas sísmicas mediante un ejercicio práctico que faciliten su comprensión, asignando cargas a los elementos de la estructura.

- Evaluar cargas de la estructura y sus elementos, para realizar el análisis sísmico y de derivas en la edificación según NSR-10.
- Realizar el modelo computacional en Etabs, para poder comparar y complementar los resultados de los análisis obtenidos en los ejercicios explicativos.

### 1.3 Antecedentes

Durante los últimos 25 años, el concepto de solicitaciones sísmicas ha sido abordado desde diversas perspectivas teóricas, dando prioridad a la rigidez y la resistencia; de acuerdo con las especificaciones técnicas para el diseño de edificaciones la normativa sismoresistente NSR-10 en su numeral A.1.2.2.2 establece que una edificación diseñada siguiendo los requisitos de este reglamento, debe ser capaz de: (ASI, 2010)

- Resistir además de las fuerzas, que le impone su uso, temblores de poca intensidad sin daño.
- Resistir temblores moderados sin daño estructural, pero posiblemente con algún daño a los elementos estructurales.
- Resistir un temblor fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales pero sin colapso.

A lo largo de la historia sísmica del país, los movimientos sísmicos que han ocurrido destacan el hecho de que aun cuando se diseña de acuerdo al código vigente, existe la posibilidad de que ocurra un sismo de magnitud superior al espectro de diseño, establecido en la norma, el cual tiene un periodo de retorno de 475 años; inevitablemente al ocurrir esto el impacto del sismo ocasionara daños en la estructura.

Con la finalidad de mitigar los riesgos de vulnerabilidad sísmica de las estructuras en Colombia el reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, establece



requisitos mínimos, para el análisis y diseño sísmico, que están sujetos a nuevas actualizaciones producto del comportamiento observado durante sismos de características diferentes originados años atrás, y que permiten corregir y mejorar los problemas que se han presentado en el cálculo de las variables de diseño sísmico de edificaciones.

Para la estimación y análisis del efecto de un sismo sobre una estructura, y la determinación del nivel de daño esperado se toma las disposiciones del Reglamento Colombiano Sismo Resistente, donde se evaluará por medio de un modelo matemático adecuado al sistema estructural el efecto de estas fuerzas sísmicas.

En este método la magnitud y la distribución de cargas están basados en factores y expresiones empíricas y en la suposición de que el comportamiento estructural está controlado por el primer modo de vibrar, y de que la distribución de las fuerzas horizontales tiende a una distribución de forma triangular. (Rochel Awad, 2012, p35). El procedimiento de este método se especifica en la sección A.3.4.2.1 de la NSR-10.

#### ***1.4 Alcance***

Con la guía práctica propuesta se elabora el procedimiento de cálculo de las fuerzas sísmicas internas que se producen en una edificación como respuesta a un estímulo externo o movimiento de la base generado por un sismo a través del método de la fuerza horizontal equivalente consignado en el capítulo A-4 de la NSR-10; y partiendo de las fuerzas calculadas piso a piso hallar el desplazamiento total y la deriva de piso utilizando la metodología del capítulo A-6.

### ***1.5 Metodología***

La guía está estructurada en 4 capítulos. En el primer capítulo se describe los criterios planteados y el enfoque de los elementos para la realización de la guía.

En el segundo capítulo luego de la recopilación de bibliografía y conceptos teóricos se realiza una introducción a generalidades del método fuerza horizontal equivalente tipos de espectros microzonificación sísmica en Colombia mapas de zonificación y microzonificación según NSR-10, movimientos sísmicos de diseño, coeficientes y espectros de diseño.

En el Tercer capítulo hace referencia a fundamentos de rigidez de piso, centro de masa, distribución de fuerzas de piso, fuerzas sísmicas de diseño. Se desarrollara los criterios de aplicación del método de la fuerza horizontal equivalente que comprende determinar rigideces al desplazamiento, espectro de diseño y estimación de la carga muerta permanente, periodo fundamental de una estructura, determinación del cortante base, distribución porcentual de altura del cortante base, deriva de piso. Se analiza y calcula la incidencia de variar la altura de pisos en el cálculo de las fuerzas sísmicas mediante la aplicación de un ejemplo en un edificio de concreto reforzado de 10, 12 y 15 pisos, paso a paso el cual se regirá con los criterios del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, donde se obtienen todos los parámetros sísmicos, fuerzas cortantes, derivas de piso y el índice de estabilidad de piso; posteriormente se comparan estos resultados con los del programa Etabs.

## 2. Marco teórico

A lo largo de la historia, se han hecho importantes adelantos de la ingeniería sísmica y estructural, lo que ha permitido aumentar el nivel y la verificación de protección sísmica a edificaciones mediante el modelado detallado de la estructura, junto con los métodos de análisis estructural para lograr una mejor comprensión del comportamiento sísmico de las estructuras.

Para conocer, modelar y obtener la respuesta de una estructura sometida a cargas sísmicas, en la influencia del tiempo en cuanto a su desplazamiento, velocidad y aceleración; esta guía manual de cálculo evaluará estos parámetros empleando el método de Fuerza Horizontal Equivalente.

La intensidad de la vibración de un sismo depende tanto de características del movimiento del terreno como de las propiedades físicas y mecánicas de la estructura. A medida que la intensidad aplicada al edificio aumenta, la estructura deja de ser lineal, la rigidez baja y el amortiguamiento tiende a aumentar. La magnitud de estas modificaciones es muy distinta para diferentes tipos de sistemas y de materiales.

“El acero, por ejemplo mantiene su comportamiento lineal hasta niveles muy altos de esfuerzos. El concreto tiene una reducción significativa en su rigidez cuando los esfuerzos de compresión exceden a 50 por ciento de la resistencia, pero sobre todo la rigidez de estructuras de este material se ve disminuida por el agrietamiento y fisuras que ocurren en su masa debido a los diferentes estados de esfuerzo. El diseño de las estructuras para resistir sismos difiere del que se realiza para el efecto de otras acciones, el problema sísmico se deriva de lo poco predecible de que

este fenómeno y de las intensidades que puede alcanzar sus efectos, asociado a la probabilidad de que se presenten dichas intensidades en la vida útil esperada de la estructura es muy pequeña”.(Bazan, 1998)

Uno de los aspectos que más influye a la hora de realizar un diseño sismoresistente, es la experiencia que se observa, en las edificaciones inmediatamente después de ocurrido un sismo, donde se puede apreciar las fallas y su origen que permitirán evitar cometer errores y garantizar la seguridad estructural que depende de un buen juicio y la aplicabilidad de criterios de desempeño más adecuada según la estructura lo requiera, logrando entender las características y principios básicos del comportamiento sísmico de edificaciones.

En este contexto es fundamental conocer el significado de variables que están correlacionadas con ingeniería sísmica y que intervienen en el cálculo de vulnerabilidad sísmica de un proyecto ingenieril.

El espectro de respuesta nos muestra la magnitud del desplazamiento en un determinado periodo. En la figura No.9 se observa que para un periodo de vibración igual a 1.0 s y 1.5 s, en una estructura que está bajo la misma vibración del terreno la que presenta mayor desplazamiento es la de periodo de 1.0 s.

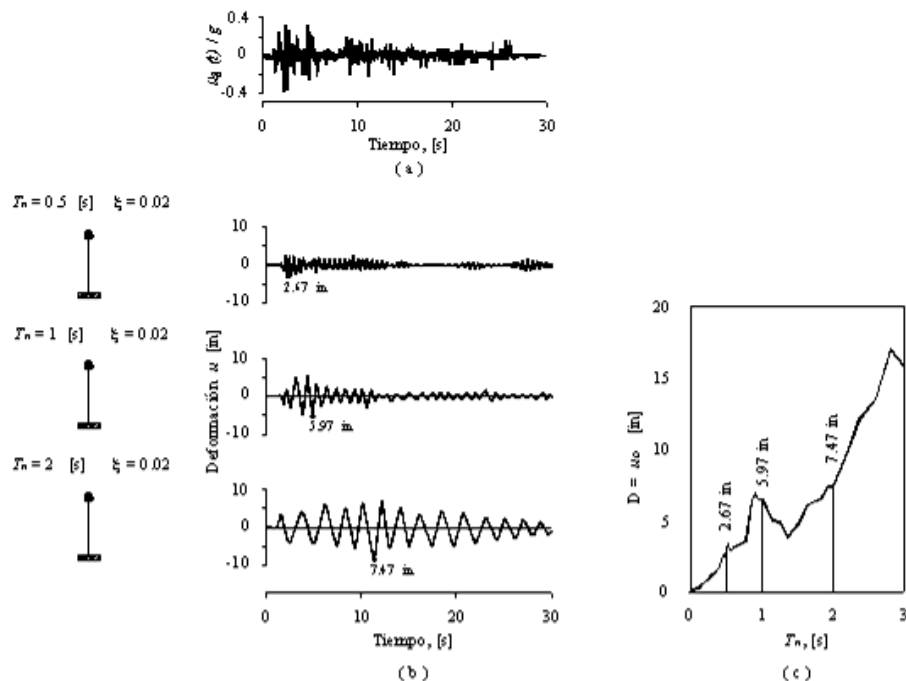


Figura 1. Espectro de respuesta de desplazamiento  
([http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/19/cap\\_VIII.htm](http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/19/cap_VIII.htm))

## 2.1 Tipos de espectros

**Espectros de respuesta elástica:** son los que se utilizan para conocer las características del sismo y su efecto sobre la estructura, como la aceleración máxima en terreno firme en un área determinada a partir de estudios de microzonificación. Según la NSR-2010 establece el siguiente espectro elástico de diseño.

**Espectros de respuesta inelástica:** Según los estudios de Nathan M. Newmark y Hall en las estructuras de periodo corto, una reducción de la fuerza elástica requerida, involucraba un requerimiento de ductilidad excesivo. Para estructuras de periodo intermedio, la energía obtenida por el sistema elástico su desplazamiento máximo es aproximadamente igual a la obtenida por un sistema elástico resultante al aplicar un factor de modificación en este caso

se supone que el oscilador de un grado de libertad exhibe comportamiento no lineal, es decir que la estructura puede experimentar deformaciones en rango plástico por acción del terremoto, por sus razones prácticas y económicas estos espectros son tenidos en cuenta en el diseño sismoresistente.

Los espectros describen la máxima respuesta expresada en términos de aceleración absoluta, desplazamiento relativo y velocidad relativa.

**Máximo desplazamiento relativo** multiplicado por la constante del resorte  $k$ , conduce a la máxima fuerza que ejerce sobre el resorte durante todo el momento velocidad relativa.

**Máxima velocidad relativa** esta es multiplicada por la constante del amortiguador define la fuerza en este.

**Máxima aceleración absoluta** multiplicada por la masa, da como resultado la máxima fuerza inercial.

En la NSR-10, el espectro de aceleraciones de diseño está en términos de  $A_a$  y  $A_v$  como valores representativos de los movimientos del terreno:

$A_a$  (g): corresponde a la aceleración pico efectivo

$$A_a = A_{pe}$$

$A_v$  (g): coeficiente que corresponde a la velocidad pico efectivo,  $V_{pe}$ , expresado en términos de aceleración

$$A_v (g) = (4/3) V_{pe} \quad (V_{pe} \text{ en m/s})$$

## 2.2 Movimientos sísmicos de diseño

Los movimientos sísmicos de diseño están definidos en función de la aceleración pico efectiva y la velocidad pico efectiva, representadas en  $A_a$  y  $A_v$ , el primero identifica los movimientos sísmicos ocasionados por temblores próximos en el rango de periodos de vibración de las edificaciones y el segundo determina los sismos fuertes que se presentan a distancias no tan cercanas, para una probabilidad del 10% de ser excedidos en un lapso de cincuenta años, estos coeficientes son determinados por el número de la región donde se va construir la edificación.

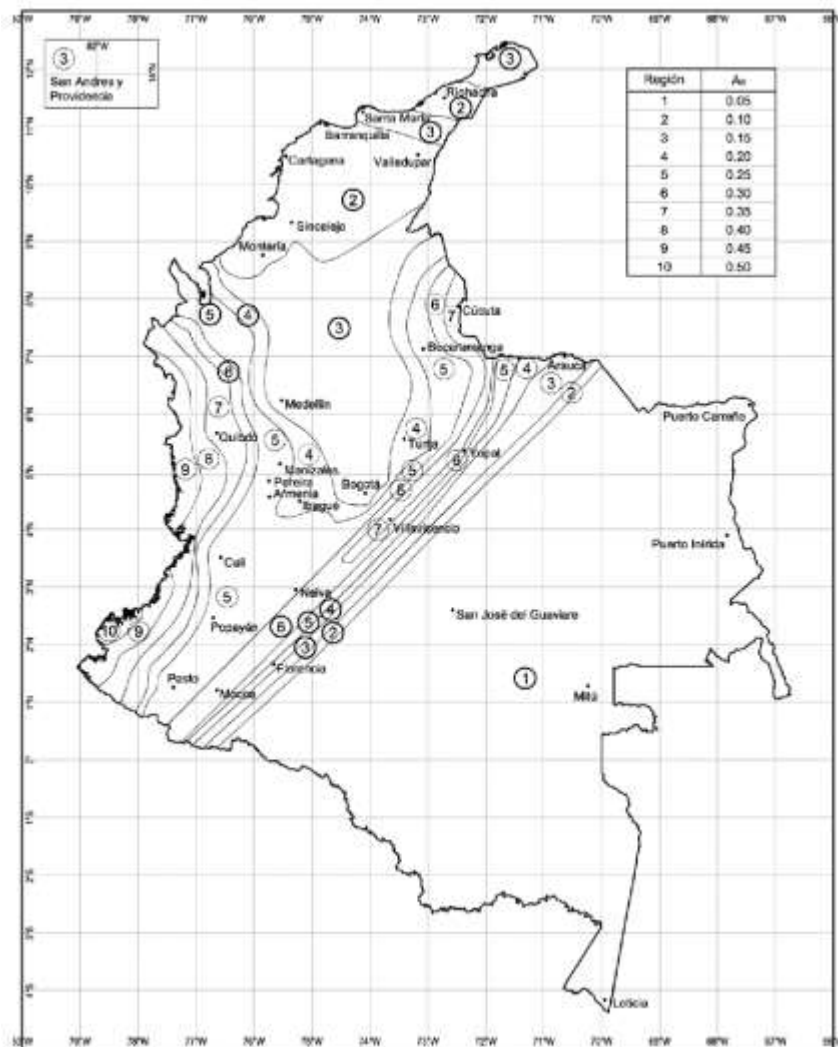


Figura 2. Mapa de valores  $A_a$  (NSR-10)

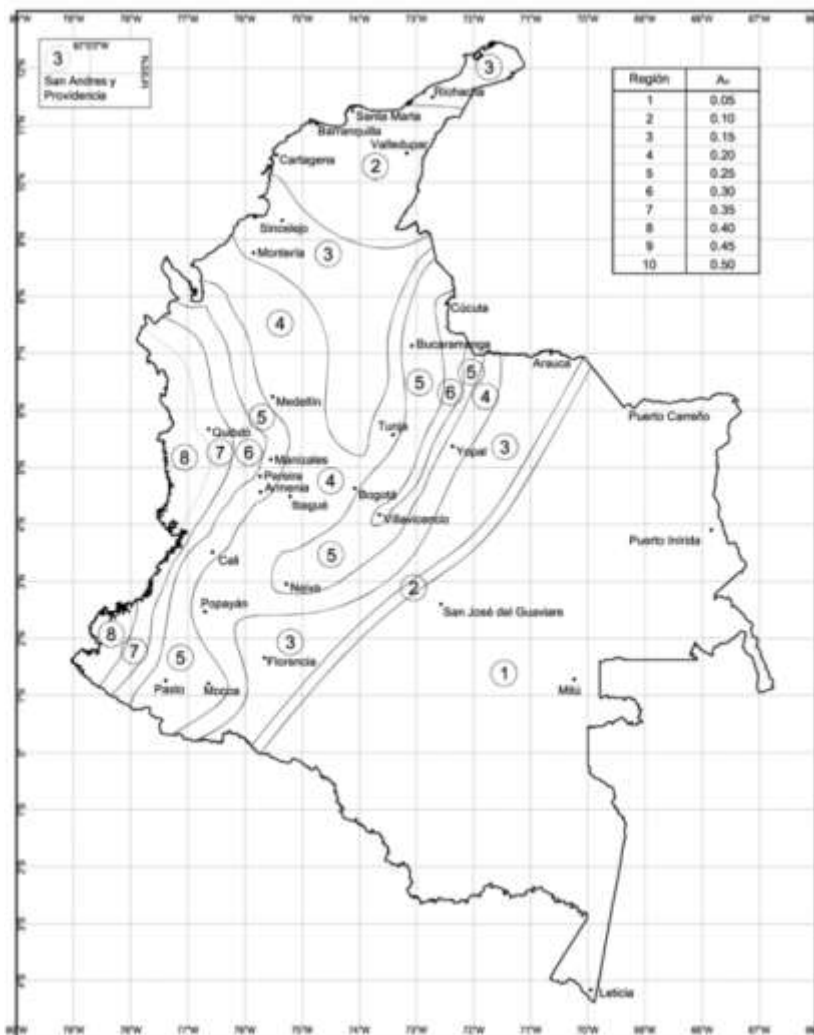


Figura 3. Mapa de valores Av. (NSR-10).

### 2.3 Microzonificación sísmica en Colombia

La microzonificación es un proceso que determina el nivel de amenaza sísmica local, para ello y según disposiciones del NSR-10 sec. A.2.3. El territorio colombiano se divide en:

**Zona de amenaza sísmica baja:** Definida para aquellos lugares cuyos sismos de diseño no excede una aceleración pico (Aa) de 0.10g. En el territorio colombiano aproximadamente el 55% está ubicado esta zona.



**Zona de amenaza sísmica intermedia:** Conjunto de lugares en donde Aa o Av es mayor a 0.10 y menor a 0.20.

**Zona de amenaza sísmica alta:** Conjunto de lugares en donde Aa o Av es mayor a 0.20.

Tabla 1.

*Nivel de amenaza sísmica según valores de Aa y Av.*

Mayor valor entre Aa o Av	Región No.	Efectos del Terremoto
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

Fuente: Reglamento colombiano de construcción sísmo resistente (NSR-10).

Sísmica de Colombia. En la figura 13 se presenta el mapa de las zonas de amenaza sísmica.

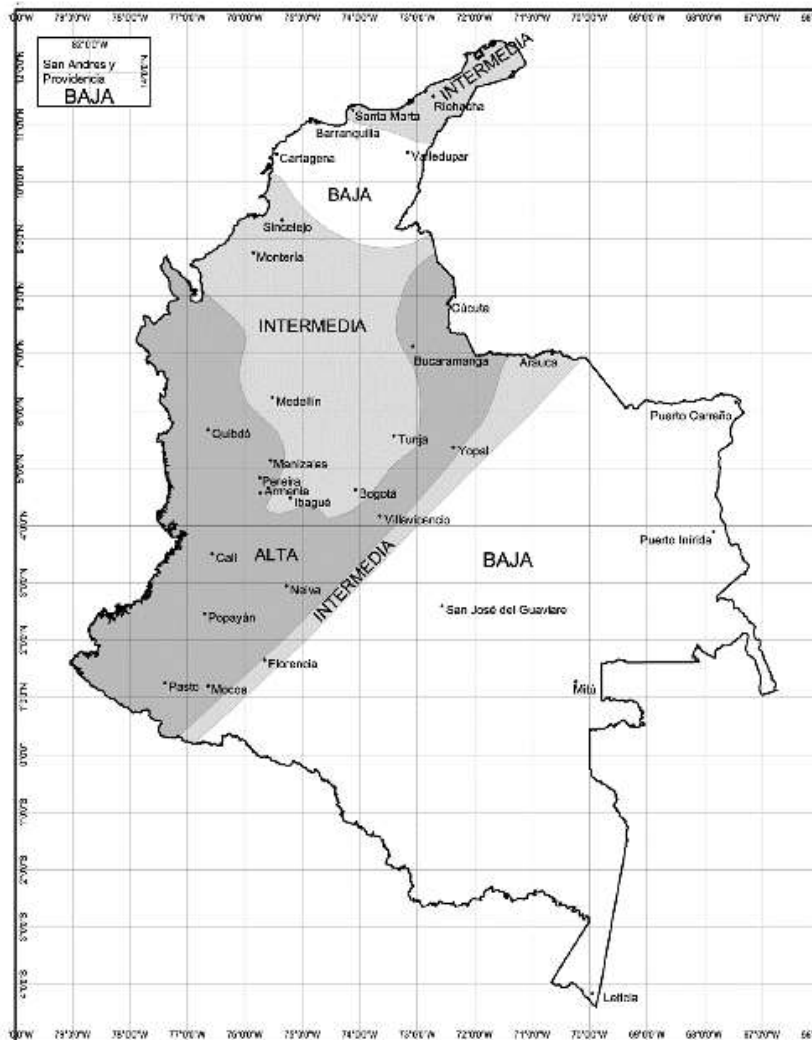


Figura 4. Zonas de amenaza sísmica en función de  $A_a$  y  $A_v$  (NSR-10).

#### 2.4 Microzonificación sísmica Bogotá

Según la norma NSR-10 en la sección A.2.1.2.1 estipula que cuando existan estudios de microzonificación sísmica aprobados por las autoridades municipales, que contengan recomendaciones para el lugar donde se adelantará la edificación, ya sea por medio de unos efectos o sitios de formas espectrales, se deben utilizar los resultados de estos estudios así como los valores del coeficiente de sitio. Y son substitutivos los numerales A.2.4 y A.2.6 de la norma.

Se hace referencia a la microzonificación de Bogotá y sus parámetros debido a que el ejemplo a desarrollar en esta guía está localizado en esta ciudad.

Tabla 2.  
*Descripción de las zonas geotécnicas, microzonificación Bogotá.*

<b>GEOTECNIA</b>	<b>GEOLOGÍA</b>	<b>GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>COMPOSICIÓN PRINCIPAL</b>	<b>COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO GENERAL</b>
Cerros A	Rocas de arenisca	Formaciones areniscas	de Cerros de alta pendiente	Areniscas duras
Cerros B	Roca de arcillolita	Formaciones arcillolitas	de Cerros de moderada a alta pendiente	Arcillolitas blandas
Piedemonte A	Suelo coluvial y aluvial norte	Coluviones y Complejo de Conos Aluviales	Piedemonte	Gravas arcillo arenosas compactas
Piedemonte B	Suelo coluvial y aluvial centro			Gravas areno arcillosas compactas
Piedemonte C	Suelo coluvial y aluvial sur	Terraza Alta lacustre	Planicie	Gravas areno arcillosas compactas
Lacustre A	Suelo lacustre muy blando			Arcillas limosas muy blandas
Lacustre B	Suelo lacustre blando			Arcillas limosas blandas
Lacustre C	Suelo lacustre aluvial			Arcillas arenosas firmes
Aluvial	Suelo aluvial grueso a medio	Terraza baja aluvial y complejo de conos aluviales	Planicie	Arenas arcillosas sueltas a compactas
Llanura A	Suelo de llanura lacustre	Llanura de inundación	Llanura	Arenas sueltas y arcillas limosas blandas
Llanura B	Suelo de llanura aluvial			
Cauce	Cauce activo o antiguo	Cauces activos	Piedemonte y planicie	Gravas arenosas sueltas a compactas
Depósitos	Suelo de ladera	Depósito de ladera	Cerros	Gravas areno arcillosas compactas
Residual	Suelo residual	Suelo residual	Cerros	Arcillas gravo arenosas firmes
Basura	Relleno de basura	Relleno de basura	Piedemonte y planicie	Rellenos heterogéneos
Relleno	Relleno de excavación	Relleno de excavación	Piedemonte y planicie	
Excavación	Excavación especial	Excavaciones especiales	Piedemonte	Gravas arenosas sueltas a compactas

Para la construcción, ampliación o adecuación de edificaciones en Bogotá con intervención estructural que sean objeto de reforzamiento estructural o rehabilitación

sísmica, se deben regir según el mapa de zonas de respuestas sísmicas y mapa de zonas geotécnicas según lo dispuesto en el artículo 4 del decreto 523 de 2010.

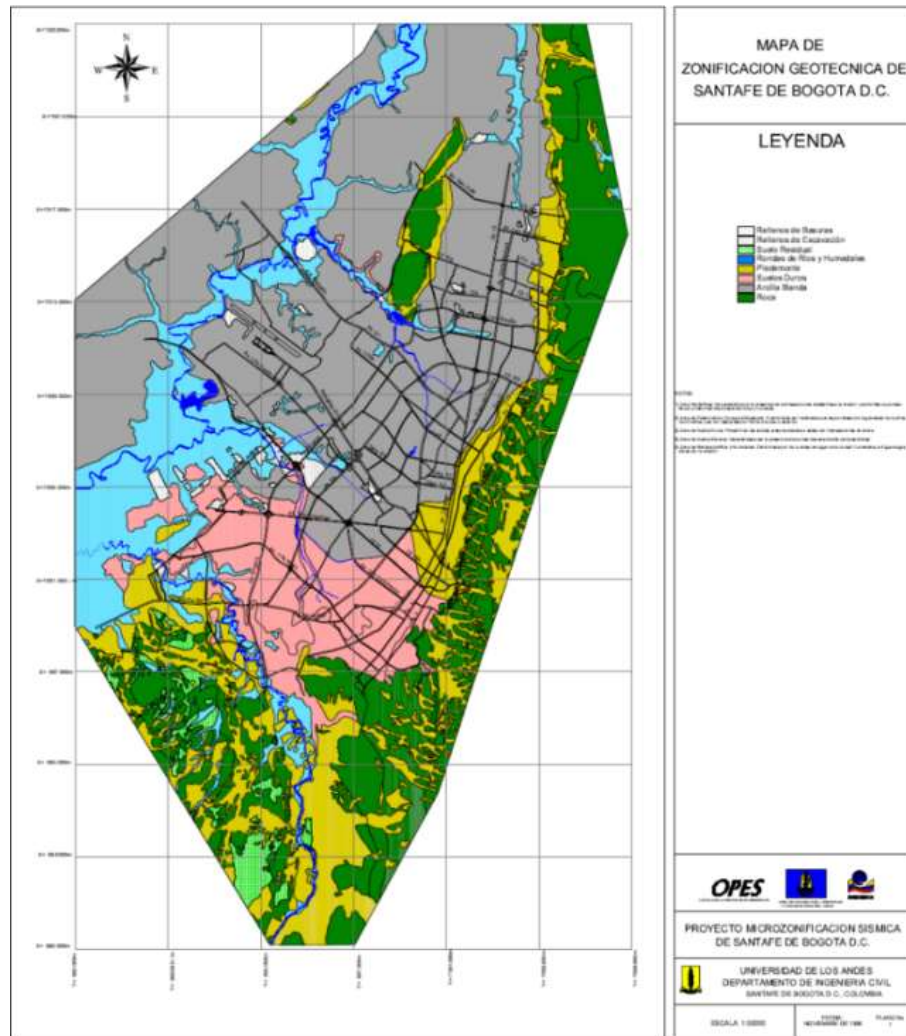


Figura 5. Mapa de zonificación geotécnica de Bogotá  
([http://seisan.ingeminas.gov.co/RSNC/Mapa\\_Zonifica\\_Geotecnica.pdf](http://seisan.ingeminas.gov.co/RSNC/Mapa_Zonifica_Geotecnica.pdf)).

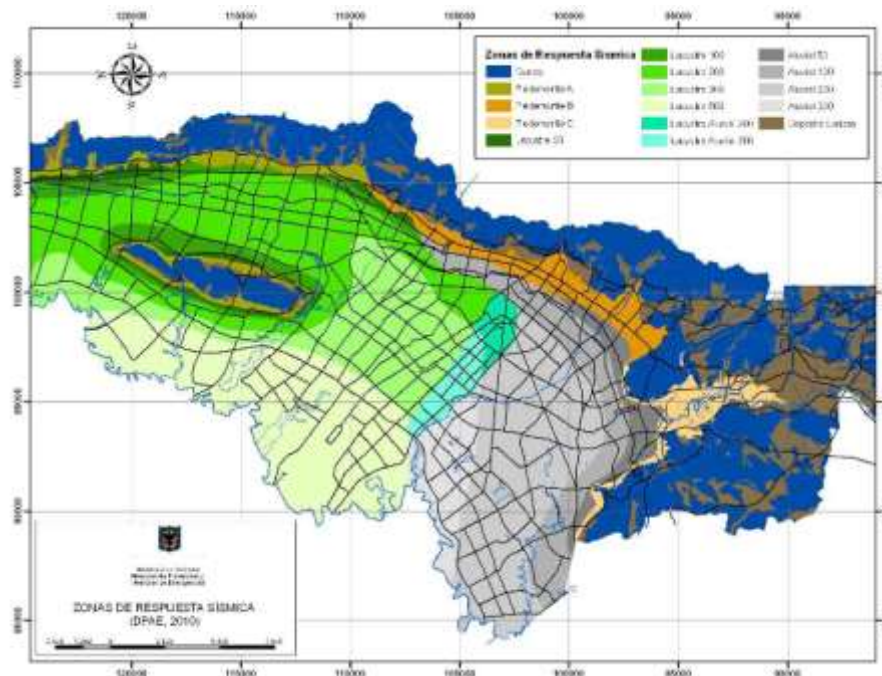


Figura 6. Mapa de zonificación de respuesta sísmica de Bogotá.

### 2.4.1 Coeficientes y espectros de diseño

Tabla 3.  
Coeficientes de diseño microzonificación Bogotá

ZONA	$F_a$	$F_v$	$T_c$	$T_L$	$A_0$
	475	475	(s)	(s)	(g)
CERROS	1.35	1.3	0.62	3	0.18
PIEDEMONTA A	1.65	2	0.78	3	0.22
PIEDEMONTA B	1.95	1.7	0.56	3	0.26
PIEDEMONTA C	1.8	1.7	0.6	3	0.24
LACUSTRE-50	1.4	2.9	1.33	4	0.21
LACUSTRE-100	1.3	3.2	1.58	4	0.2
LACUSTRE-200	1.2	3.5	1.87	4	0.18
LACUSTRE-300	1.05	2.9	1.77	5	0.16
LACUSTRE-500	0.95	2.7	1.82	5	0.14
LACUSTRE ALUVIAL-200	1.1	2.8	1.63	4	0.17
LACUSTRE ALUVIAL-300	1	2.5	1.6	5	0.15
ALUVIAL-50	1.35	1.8	0.85	3.5	0.2
ALUVIAL-100	1.2	2.1	1.12	3.5	0.18
ALUVIAL-200	1.05	2.1	1.28	3.5	0.16
ALUVIAL-300	0.95	2.1	1.41	3.5	0.14
DEPOSITO LADERA	1.65	1.7	0.66	3	0.22

Fuente: Microzonificación bogota.pdf decreto 523 de 2010

### 3. Criterios de aplicación de fuerza equivalente

El Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), en su sección A.3.4.2.1, exige que el método de fuerza horizontal equivalente se debe utilizar en las edificaciones que cumplan las siguientes características:

Límites de aplicación para este método

1. Todas las edificaciones, regulares e irregulares, en la zona de amenaza sísmica baja.
2. Todas las edificaciones, regulares e irregulares, pertenecientes al grupo de uso I, localizadas en zona de amenaza sísmica intermedia.
3. Edificios regulares, de veinte niveles o menos, y 60 m de altura, o menos, medidos desde la base, en cualquier zona de amenaza sísmica, excepto las edificaciones localizadas en lugares que tengan un perfil de tipo D, E o F con periodo de vibración mayor de  $2T_c$ .
4. Edificaciones irregulares que no tengan más de 6 niveles o 18 m de altura medidos desde la base.
5. Estructuras flexibles apoyadas sobre estructuras más rígidas que cumplan los requisitos de la NSR-10 sec. A.3.4.2.3.

El sistema de la fuerza horizontal equivalente FHE, es utilizado para evaluar las fuerzas sísmicas de diseño y consiste en reemplazar las fuerzas del sismo por fuerzas laterales  $F_x$ , que son aplicadas a nivel de piso, equilibrando el cortante de base. Para la determinación de este método se seguirán los siguientes pasos:

1. Evaluación de la masa
2. Calculo del periodo fundamental
3. Calculo del espectro de diseño
4. Determinación del cortante de base
5. Aplicación de las fuerzas sísmicas para cada nivel del edificio
6. Control y chequeo de derivas.

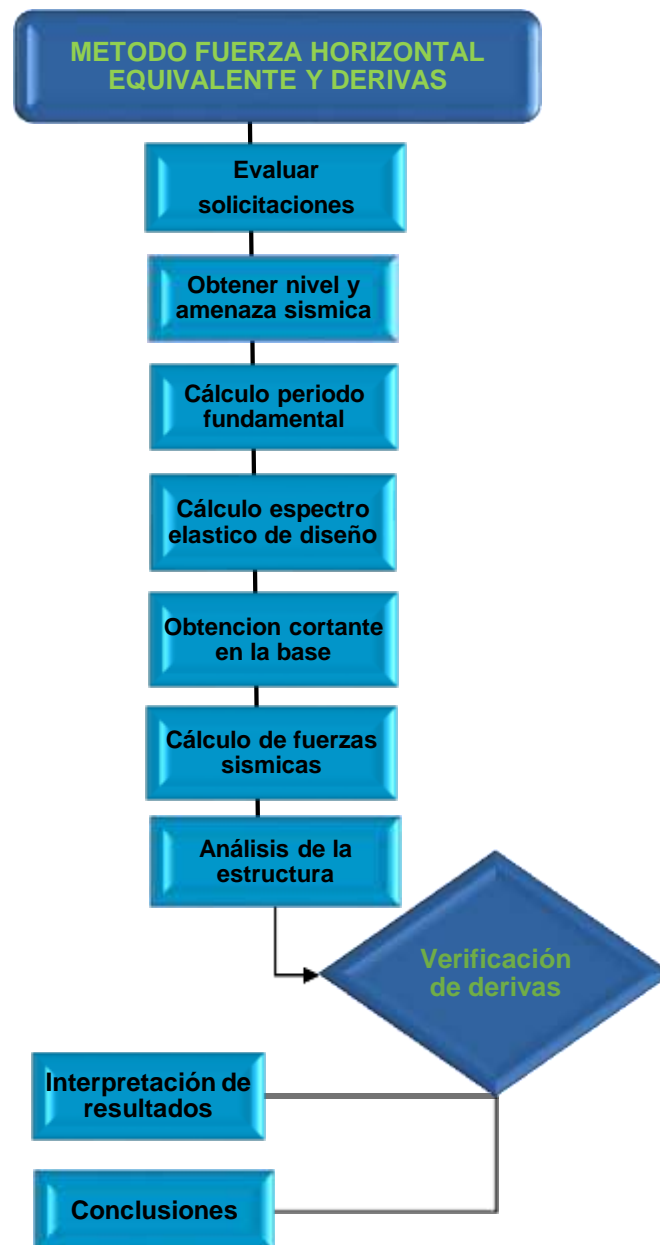


Figura 7. Diagrama de flujo del diseño sismoresistente de un edificio por el método FHE según NSR-10.

Tabla 4.  
*Parámetros de diseño según NSR-10 basados en el Método de Fuerza Horizontal equivalente*

PARAMETRO		NSR-10
PERIODO	Ct	0.047
	T <sub>2</sub> /T <sub>1</sub>	1.2
CORTANTE	R	7
	F <sub>t</sub>	T ≤ 0.5 : K=1 0.5 ≤ T ≤ 2.5 : k = 0.75+0.5T 2.5 ≤ T : k=2
Deriva inelástica		R (Δ <sub>e</sub> deriva elástica)
Deriva Max		0.01
Restricciones Método Fuerza Horizontal Equivalente		Edificaciones >20 niveles 60 m

### 3.1 Descripción del proyecto

Para el desarrollo de esta guía se analiza un ejemplo de aplicación del método de la fuerza horizontal equivalente y derivas según el reglamento NSR-10, corresponde a una estructura regular compuesta por 10, 12 y 15 plantas tomando como parámetro edificio típico más común construido en la ciudad de Bogotá, con sistema estructural tipo apórticado de planta rectangular, vigas y columnas de concreto reforzado para resistir cargas verticales y laterales (sísmicas y presión de tierras). La placa de entrepiso es aligerada con casetón armada en dos direcciones de 12 cm de espesor. Para todos los niveles se tomara la misma planta estructural base. Los criterios estructurales utilizados en este guía corresponden a los exigidos por la NSR-10.



### **3.1.1 Datos Generales Proyecto**

Número de pisos: 10

Altura de entrepiso: 3.0 m

Total altura: 30 m

Ancho de la planta dirección X: 69.50 m

Ancho de la planta dirección Y: 30.80

Uso: oficinas

Método de diseño: Resistencia última

### **3.1.2 Materiales**

#### ***Hormigón***

Resistencia a la compresión,  $f'_c = 21$  Mpa

Módulo elasticidad  $E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$

Peso específico del hormigón  $\gamma = 2400$  Kg/cm<sup>3</sup>

#### ***Acero***

Módulo elasticidad del acero  $E_s = 20000$  Mpa

Límite de fluencia  $f'_y = 420$  Mpa (4.200 kgf/cm<sup>2</sup>)

### **3.1.3 Columnas**

Nomenclatura de Columnas

Tabla 5.  
*Nomenclatura de columnas proyecto.*

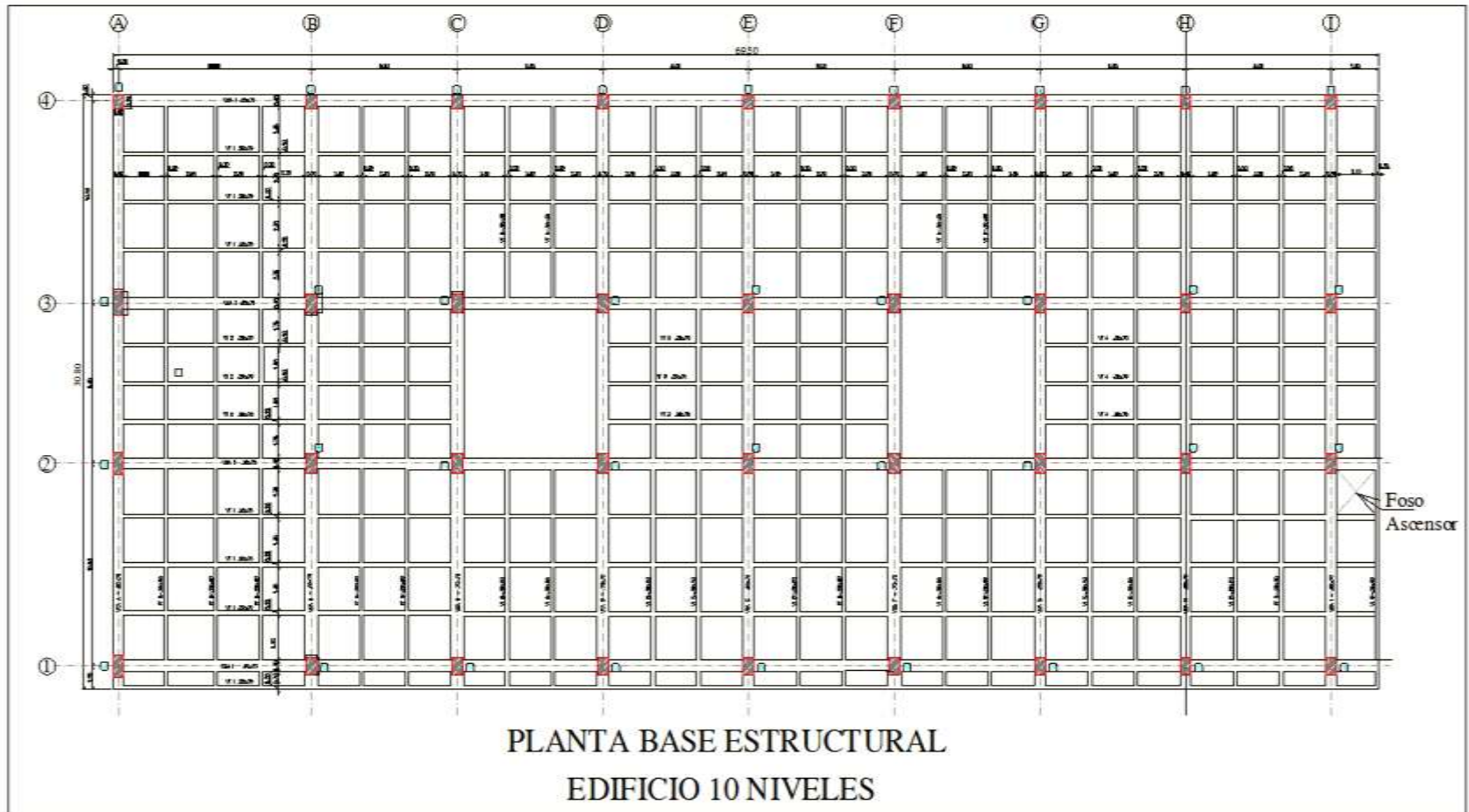
<b>DIMENSION</b>	<b>COLUMNA</b>	<b>CANTIDAD</b>
0.60 X 0.70 m	C1	9
0.60 X 1.20 m	C3	3
0.60 x 1.00 m	C4	10
0.60 x 1.00 m	C5	6
0.60 x 0.90 m	C6	8

**Nota.** La dimensión de las columnas es igual para todos los pisos.

### 3.1.4 Vigas

Tabla 6.  
*Nomenclatura de vigas proyecto*

<b>DIMENSION</b>	<b>VIGA</b>
0.60 X 0.70 m	V1, V2, V3, V4
0.60 X 0.70 m	VA, VE, VG, VH, VI
0.70 X 0.70 m	VB, VC, VD, VF



*Figura 8. Planta estructural base para edificio 10-12 y 15 niveles*

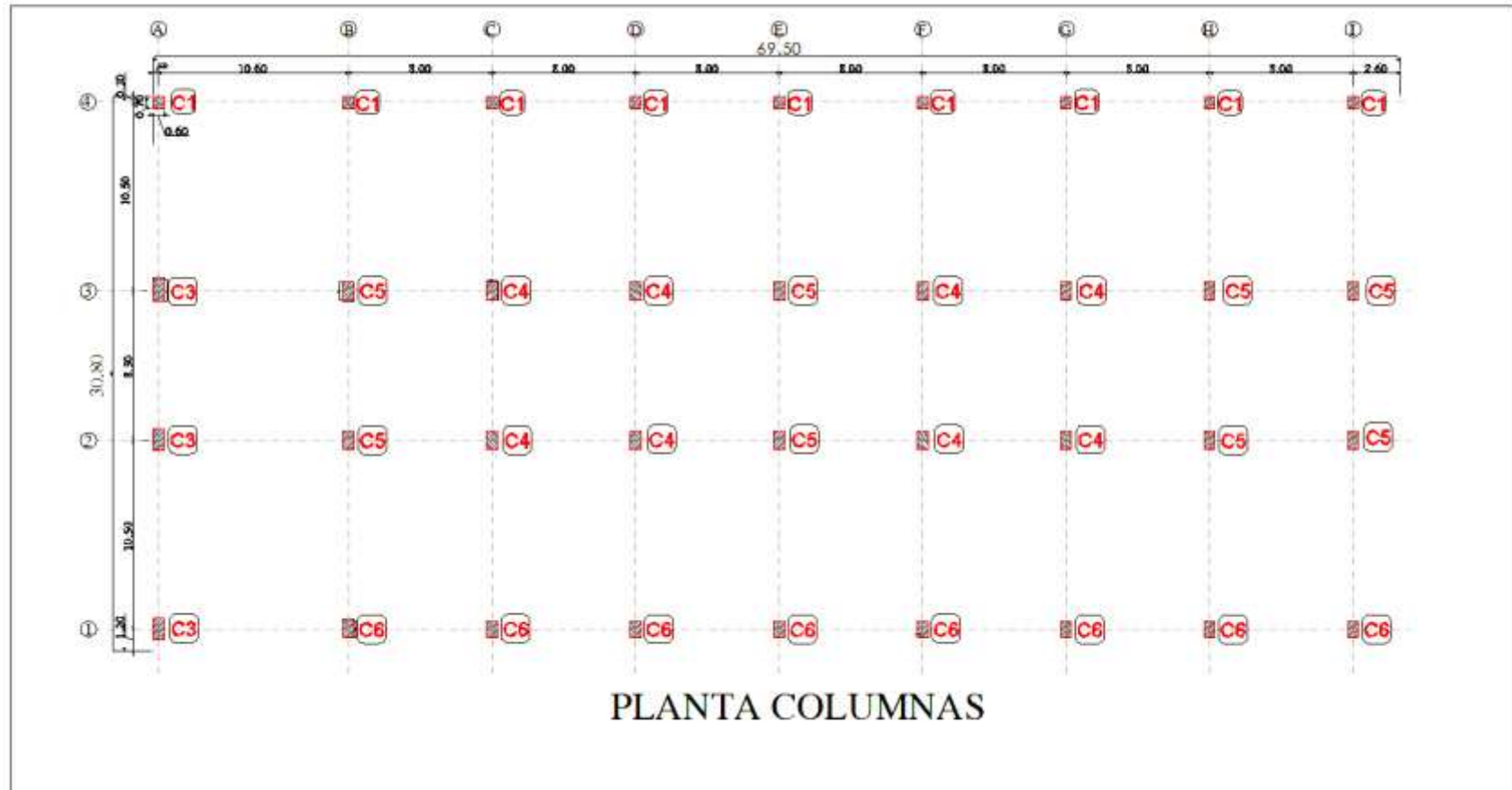


Figura 9. Planta columnas para edificio 10-12 y 15 niveles

## 3.2 Análisis Fuerza Horizontal equivalente

### 3.2.1 Pórtico Tridimensional o espacial

Los grados de libertad máximos en cada nudo que requiere una estructura tridimensional 3d son seis (6) componentes, tres desplazamiento (tres fuerzas) y tres giros (tres momentos), la matriz de rigidez es de 12 x 12 La figura indica el sistema global para un pórtico 3D.

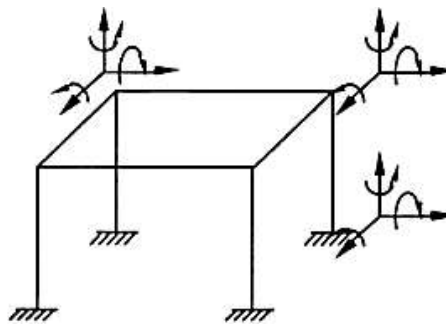


Figura 10. Pórtico Tridimensional o espacial

- Desplazamiento X
- Desplazamiento Y
- Desplazamiento Z
- Giro X
- Giro Y
- Giro Z

### 3.2.2 Matriz de rigidez lateral de un pórtico de varios pisos

(Salinas Basualdo) Para calcular la matriz de rigidez total de un pórtico de varios pisos realizamos el ensamblaje en forma repetitiva de matrices de sus elementos, de igual manera para obtener la matriz de rigidez lateral de cada piso donde los desplazamientos horizontales son iguales a nivel de cada piso y las acciones de inercia de rotación no son tomadas en cuenta, solo las laterales, este modelo sería el más apropiado para edificaciones

de baja o mediana altura, donde los efectos de las deformaciones casi axiales no se contemplan.

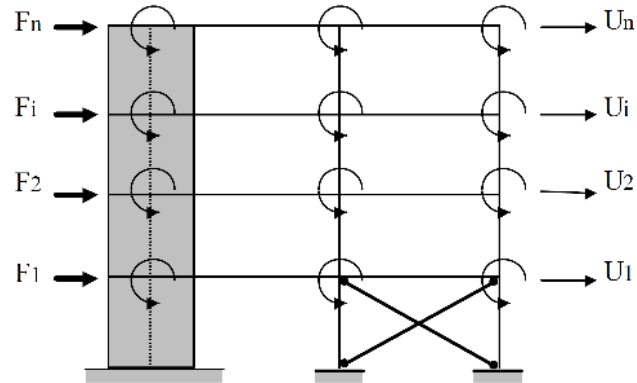


Figura 11. Pórtico de varios pisos para análisis de matriz de rigidez

Tomada de Fundamentos del análisis dinámico de estructuras Salinas Basualdo, Rafael

En la figura 21a se muestra una estructura de tres niveles, con masas concentradas a nivel de cada piso. La rigidez de cada entrepiso entre dos masas consecutivas indica la fuerza cortante necesaria para producir un desplazamiento entre dos pisos.

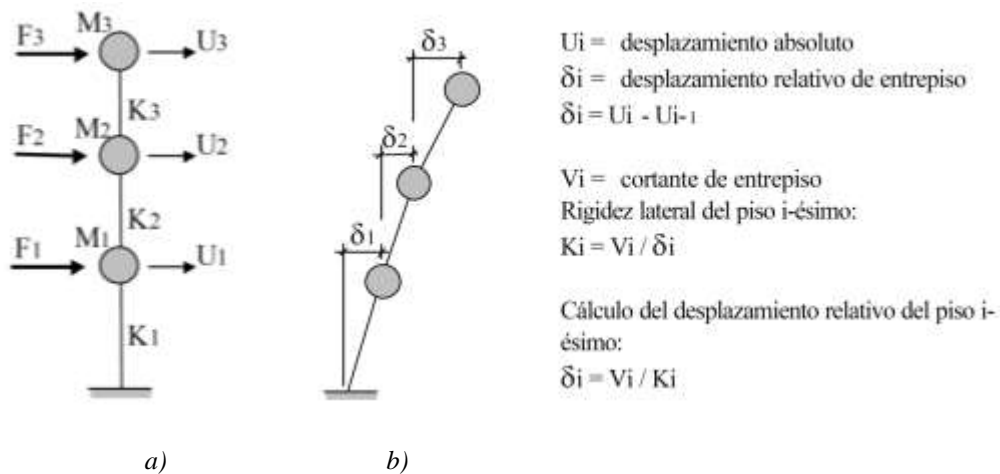


Figura 12. Modelo de cortante y desplazamiento para edificios a) representa desplazamientos, b) cortantes de entrepiso

Tomada de Fundamentos del análisis dinámico de estructuras Salinas Basualdo, Rafael

A continuación se presentan los pasos a seguir para desarrollar esta guía a través cálculo de fuerza horizontal equivalente y derivas en un edificio de 10 pisos.

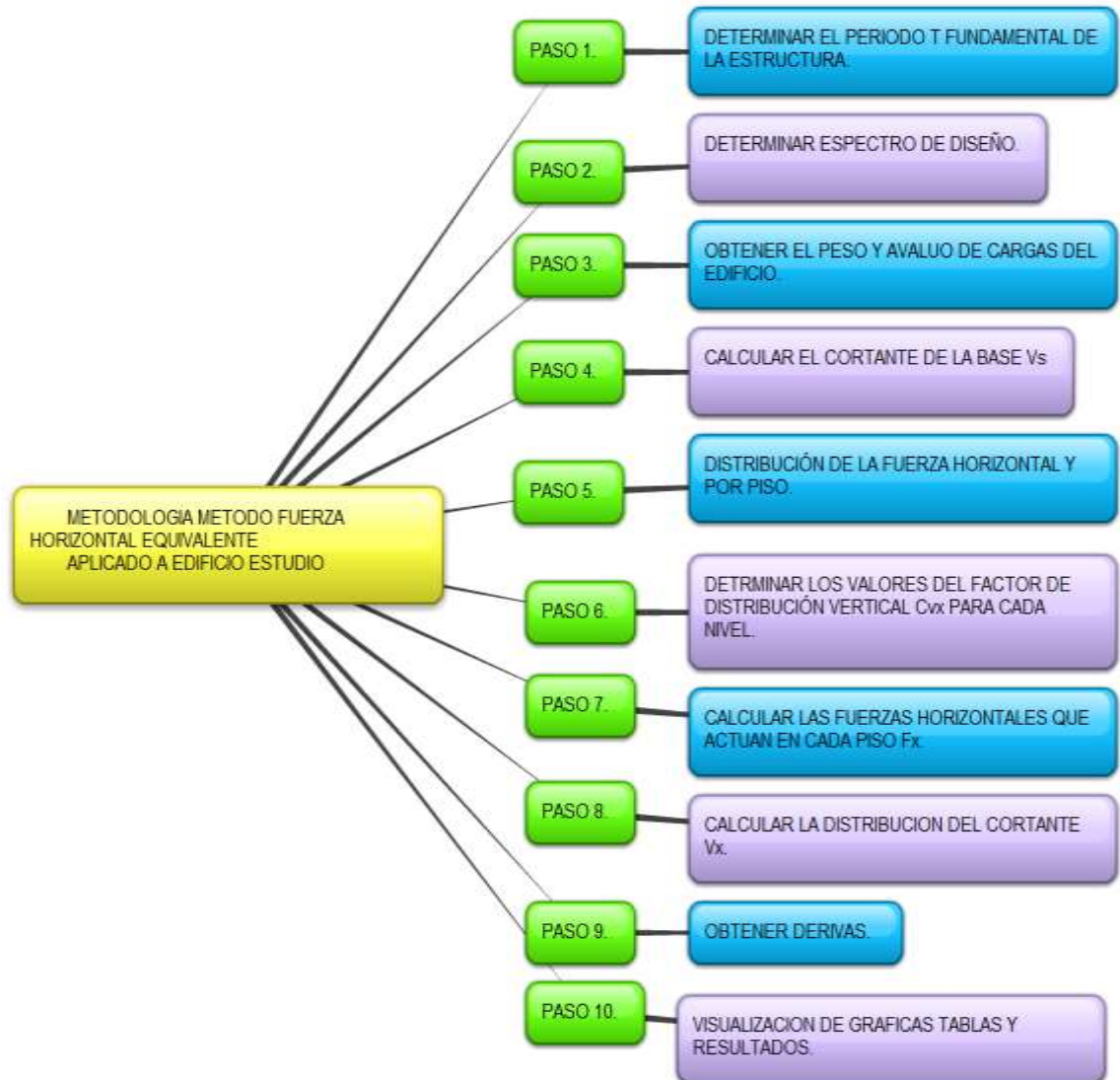


Figura 13. Metodología Fuerza Horizontal equivalente Edificio 10 niveles.

### 3.3 *Parámetros de diseño sísmico método estático equivalente*

#### 3.3.1 *Paso 1. Periodo fundamental*

En una estructura el tiempo que requiere para completar un ciclo de vibración es llamado periodo fundamental, y su cálculo se realiza a partir de las propiedades de su resistencia sísmica utilizando los conceptos de la dinámica estructural.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i \delta_i^2)}{\sum_{i=1}^n (f_i \delta_i)}} \quad \text{Ecu. (A.2.6-5) NSR-10}$$

En el resultado de esta ecuación T no puede ser mayor a  $C_u T_a$ , donde  $C_u$ :

$$C_u = 1.75 - 1.2 A_v F_v \quad \text{Ecu. (A.4.2-2) NSR-10}$$

$C_u$  no debe ser menor a 1.2.

El periodo fundamental también puede ser calculado de manera aproximada con la siguiente ecuación:

$$T_a = C_t * h_n^\alpha \quad \text{Ecu. (A.4.2-3) NSR-10}$$

Para estructuras aporticadas de hormigón:

$$T_a = C_t * h_n^\alpha \quad \text{Ecu. (A.4.2-2) NSR-10}$$

Donde

$h_n$ : corresponde a la altura en metros de la base al piso más alto.



Tabla 7.  
 Valor de parámetros  $C_T$  y  $\alpha$  para los sistemas estructurales según reglamento NSR-10

Sistema estructural de resistencia sísmica	$C_T$	$\alpha$
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resistan la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no estén limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas	0.072	0.8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería	0.049	0.75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros $C_T$ y $\alpha$ , donde $C_w$ se calcula utilizando A.4.2.4.	$\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$	1.00

Fuente: Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10). Tabla A.4.2.1

El cálculo del resultado del sismo en el edificio, se obtendrá de la aplicación del método fuerza horizontal equivalente. A continuación se muestran los valores obtenidos del periodo inicial del edificio y el espectro de diseño necesarios para calcular las fuerzas sísmicas.

Tabla 8.  
*Periodo inicial  $T_a$  edificio 10 pisos.*

<b>Edificio de 10 niveles</b>		
Grupo de uso	I	
Coef de importancia	1	Tabla A.2.5 NSR-10
Altura del edificio $h_n$	30.00m	
$C_t$	0.047	Capitulo A.4 Método Fuerza Horizontal Equivalente
$\alpha$	0.9	
$T_a = C_t * h^\alpha$	1.00s	
$C_u$	0.91	No es posible el $C_u$
$T_{max} (C_u * T_a)$	0.91	T será igual a $C_u * T_a$ revisar A.4.2-2

Nota. El valor de  $C_u$  obtenido no cumple, por lo que se ajusta a 1.2 según lo dispuesto en la norma NSR-10

Peso del edificio 10 pisos

$$W = 20990.39 * 9 + 15960.86 = 204874.37 \text{ KN}$$

$$\text{Masa del edificio} = 204874.37 / g$$

### 3.4 Espectros de diseño

Las construcciones no pueden diseñarse para resistir solo un terremoto en particular en una zona dada, puesto que el próximo terremoto probablemente presentará características diferentes. Por esta razón, el diseño o verificación sísmoresistente se realiza a partir de espectros que son suavizados y que consideran el efecto de varios sismos. Los espectros describen la máxima respuesta expresada en términos de aceleración absoluta, desplazamiento relativo y velocidad relativa.

### 3.4.1 Espectro de Aceleraciones

Para poder determinar el espectro de diseño sísmico se relacionan dos coeficientes de amplificación  $F_a$  para aceleración en la zona de periodos cortos y  $F_v$  para aceleración de periodos largos, que dependen de la clasificación del suelo y de la aceleración pico efectiva para el sismo de diseño  $A_a$ . Se puede decir entonces que para determinar el espectro de aceleraciones, lo primero que se debe hacer es obtener el coeficiente  $A_a$  que corresponde a la zona donde se va a construir la edificación, seguidamente para el perfil del suelo se obtiene  $F_a$  y  $F_v$

En la figura se observa el espectro de diseño que se utiliza en el método de fuerza horizontal equivalente según parámetros mencionados.

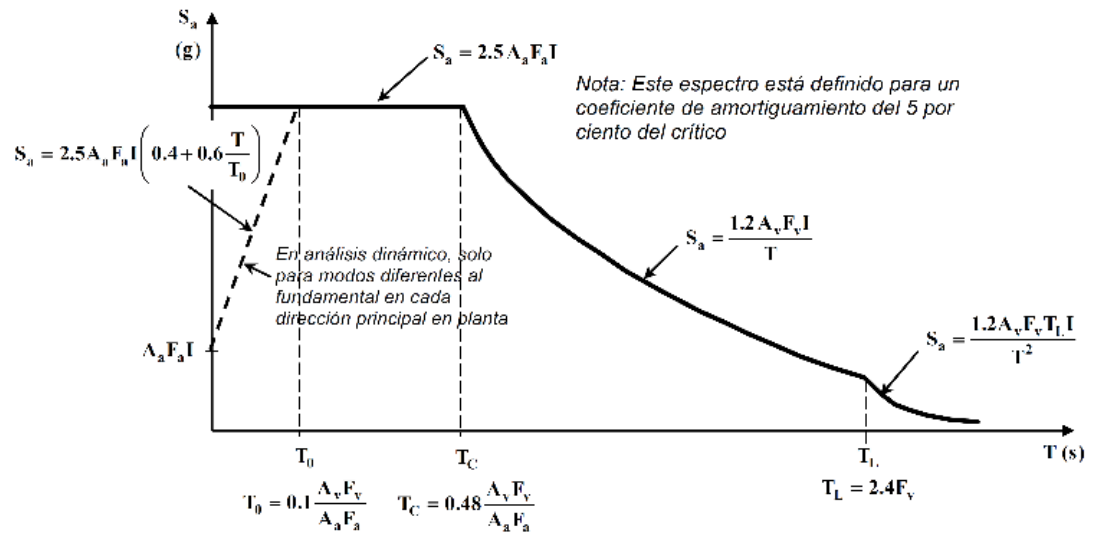


Figura 14. Espectros de respuesta elásticos, a nivel de la superficie del terreno, para el cinco por ciento (5%) de amortiguamiento estructural respecto al crítico. Tomada de la NSR-10

Donde:

$A_a$  = Aceleración horizontal pico efectiva de diseño.  $A_a = 0.15$  g

$A_v$  = Aceleración que representa la velocidad horizontal pico efectiva de diseño  $A_v = 0.20$  g

$A_0$  = Aceleración horizontal pico efectiva del terreno en superficie (g)

$F_a$  = Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos

$F_v$  = Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos

Intermedios

$I$  = Coeficiente de importancia

$S_a$  = Aceleración espectral (g)

$T$  = Período de vibración (s)

$T_c$  = Período corto (s)

$T_L$  = Período largo (s)

Para calcular el valor del espectro de aceleraciones para un periodo de vibración  $S_a$  con un coeficiente de amortiguamiento de 5% en una edificación se toma la sección A.2.6 de la normativa NSR-10.

$$S_a = \frac{1.2 A_v F_v I}{T}$$

Para periodos de vibración menores a  $T_c$ , el valor de  $S_a$  puede limitarse al obtenido en la ecuación A.2.6.3.

$$T_c = 0.48 \frac{A_v F_v}{A_a F_a} \quad \text{Ecu. (A.2.6-2) NSR-10}$$

$$S_a = 2.5 A_a F_a I \quad \text{Ecu. (A.2.6-3) NSR-10}$$

Para periodos de vibración mayores que  $T_L$ , el valor de  $S_a$  no puede ser menor que el obtenido en la ecuación A.2.6.5.

$$T_L = 2.4F_V \quad \text{Ecu. (A.2.6-4) NSR-10}$$

$$S_a = \frac{1.2A_v F_v T_L I}{T^2} \quad \text{Ecu. (A.2.6-5) NSR-10}$$

El espectro recomendado para el presente análisis se obtiene de acuerdo al título A, para la identificación del nivel de amenaza y los valores de aceleración pico efectivo  $A_a$  y velocidad pico efectiva  $A_v$  según microzonificación de Bogotá NSR-10.

### Zona de amenaza sísmica

Municipio:	Bogotá
Zona de amenaza sísmica:	Intermedia
Coefficiente de aceleración pico efectiva ( $A_a$ ):	0.15 Fig.A.2.3-2 NSR-10
Coefficiente de Velocidad pico efectiva ( $A_v$ ):	0.20 Fig. A.2.3-3 NSR-10
Tipo de perfil del suelo:	E

### Características del suelo

El mapa de microzonificación sísmica de Bogotá nos indica que el proyecto de estudio está ubicado en la zona lacustre 200, con los siguientes parámetros requeridos para la elaboración del espectro de diseño.

Tabla 9.  
*Microzonificación Bogotá Lacustre-200*

Zona	Espesor del deposito	Periodo Fundamental del suelo (s)	Descripción Geotécnica General	Velocidad Onda Promedio	Humedad Promedio	Efectos de sitio relacionado
Lacustre-200	100-200	2.5-3.5	Suelo lacustre blando: Arcillas limosas o limos arcillosos, en algunos sectores con intercalaciones de lentes de turba	<175	>180	Amplificación

Fuente: Microzonificación bogota.pdf decreto-523 de 2010

Para el ejemplo bajo estudio, una vez que se ha definido el periodo fundamental de vibración del edificio, se toma el espectro de diseño que rige para Bogotá y así proceder a evaluar el cortante basal, la tabla muestra los resultados obtenidos.

Tabla 10.  
*Espectro elástico de aceleraciones edificio 10 pisos*

Proyecto: Edificio 10 niveles  
Ubicación: Bogota  
H: 30 m

Coefficientes de diseño y Parametros del espectro de aceleración Sa para el proyecto según microzonificación Bogotá

Microzonificación	LACUSTRE-200
Ta	1.00
Fa	1.2
Fv	3.5
To	0.38
TC	1.87
TL	4
A0	0.18
Aa	0.15
Av	0.2
Coef importancia	1

**Aceleraciones del espectro elástico (NSR-10 A.2.6.1)**

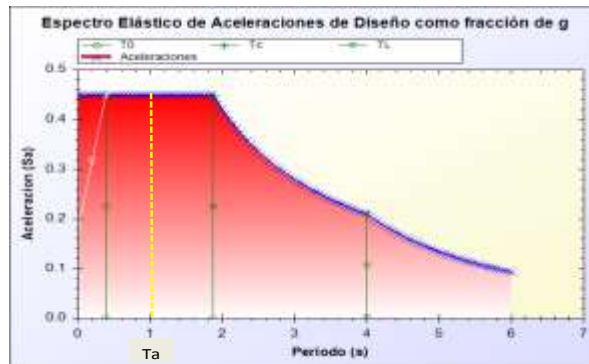
$S_a = 2.50 \cdot A_a \cdot F_a \cdot I$	0.450	Aceleración para periodos cortos
$S_a = (1.20 \cdot A_v \cdot F_v \cdot I) / T_c$	0.449	Aceleración para periodos inter
$S_a = (1.20 \cdot A_v \cdot F_v \cdot T_L \cdot I) / T^2$	0.21	Aceleración para periodos Largos

Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del critico

Tmax (Cu*Ta)	1.2
T (Fundamental)	3.64
Aceleración [Sa]	0.450

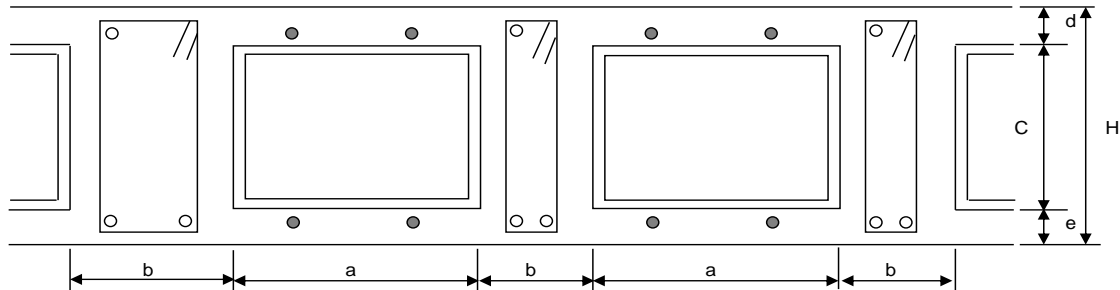
T sera igual a Cu\*Ta revisar A.4.4-2

Espectro	
T(s)	Sa(g)
0.01	0.45
0.20	0.45
0.30	0.45
0.40	0.45
0.50	0.45
0.60	0.45
0.70	0.45
0.80	0.45
0.90	0.45
1.00	0.45
1.90	0.44
2.00	0.42
2.30	0.37
2.60	0.32
2.70	0.31
2.80	0.30
3.00	0.28
3.20	0.26
3.30	0.25
3.50	0.24
3.70	0.23
3.80	0.22
4.00	0.21
5.00	0.13
5.20	0.12
5.40	0.12
5.50	0.11
5.51	0.11
8.60	0.05
8.80	0.04
9.00	0.04
9.60	0.04
9.80	0.03
10.00	0.03



### 3.5 Evaluación de cargas de entrepiso

#### SECCION PLACA ENTREPISO



#### DIMENSIONES:

a= 2.3	b= 0.2	c= 0.58	d= 0.12
h= 70			
e= 0			
d+e= 0.12			
a+b= 2.50			

PESO ESPECIFICO DEL CONCRETO  
CARGA VIVA

2400 Kgf / M3  
200 Kgf / M2

Avaluó de la carga muerta y viva por metro cuadrado de placa de entrepiso

Evaluación cargas de diseño		
Peso propio Vigüeta: $(b \times c \times 1.0 \times F'c) / (a + b)$		1.11 kN/m <sup>2</sup>
Placa Superior : $(d + e) \times 1.0 \times F'c$		2.88 kN/m <sup>2</sup>
Peso Caseton:		0.4 kN/m <sup>2</sup>
Peso Muros:		3 kN/m <sup>2</sup> (NSR-10, Sec . B.3.4.3)
Peso acabados:		1.6 kN/m <sup>2</sup> (NSR-10, Sec . B.3.4.3)
<b>Total Carga Muerta</b>	<b>WD</b>	<b>9 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>Carga Viva Oficinas</b>	<b>WL</b>	<b>2 kN/m<sup>2</sup></b> (NSR-10, Sec . B.4.2.1)

Para evaluar la masa de un entrepiso, a la carga muerta de la losa debe adicionarse la masa de las vigas y de las columnas aferentes al mismo.

### 3.5.1 *Peso del edificio*

El peso total del edificio se calcula con la suma del peso de cada piso, correspondiente al peso propio de la placa mas el peso de las columnas mas el peso de las vigas.

#### 3.5.1.1 *Vigas*

La carga muerta de las vigas por piso, se realiza teniendo en cuenta el cambio de dimension de las vigas principales, que son las que soportan el peso de las viguetas y las vigas secundarias.

Para el calculo de las vigas no se toma el espesor de torta superior, ya que fue calculada en el tabla anterior.

Altura de viga =  $0.7 - 0.12 = 0.58\text{m}$

9 vigas de  $0.60 * 0.58$

4 vigas de  $0.70 * 0.58$

#### **Calculo para Vigas Ejes numéricos**

Peso viga =  $0.60 * 0.58 * 69.50 * 24 * 4$  = **2321.86 KN**

Son 4 vigas de 69.5 m c/u de  $0.30*0.40$

#### **Calculo para Vigas Ejes literales**

Peso viga =  $0.70 * 0.58 * 30.80 * 24 * 4$  = **1200.46KN**

Son 4 vigas de 30.8 m c/u de  $0.70*0.58$

Peso viga =  $0.60 * 0.58 * 30.80 * 24 * 5$  = **1286.21 KN**

Son 5 vigas de 30.8 m c/u de  $0.60*0.58$



### 3.5.1.2 Columnas

Dimensión (m)	Cantidad
0.6*1.20	3
0.6*1.00	16
0.6*0.90	8
0.6*0.70	9
Total columnas 36	

La altura de la columna es  $3.00 - 0.7 = 2.3\text{m}$

$$\text{Peso columna } W = 0.6 * 1.20 * 2.30 * 24 * 3 + 0.60 * 1.00 * 2.3 * 24 * 16 + 0.60 * 0.90 * 2.3 * 24 * 8 + 0.60 * 0.70 * 2.30 * 24 * 9 = 1093.272 \text{ KN}$$

### 3.5.2 Peso de cada piso

Tabla 11.

*Planta de primer piso y cubierta*

<b>Planta primer piso</b>	<b>Calculo</b>	<b>Peso(KN)</b>
Placa		
Área total de la placa (no está incluido ascensor, vigas, ni vacíos)	1676.51 m <sup>2</sup>	
	1676.51*9	15088.59
Peso de la losa	2321.86+1200.46+1286.	4808.53
Peso de las vigas	21	1093.272
Peso de las columnas		<b>20990.39</b>
<b>Σ</b>		
<b>Planta de Cubierta</b>		
Placa		
Area total de la placa ( no se tiene cuenta el peso de los muros divisorios, no esta incluido ascensor, ni vigas, ni vacíos)	1676.51m <sup>2</sup>	
Peso de la losa	1676.51*6	10059.06
Peso de las vigas		4808.53
Peso de las columnas		1093.272
<b>Σ</b>		<b>15960.86</b>

Tabla 12.  
Peso total del edificio

No. pisos	W edificio	Masa del edificio
Peso del edificio 10 pisos	$20990.39 * 9 + 15960.86 = 204874.37$ KN	204874.37/g

### 3.5.3 Obtención Centros de gravedad

El centro de gravedad de la placa, se obtuvo por los procedimientos de estática. El origen de coordenadas está localizado en la intersección de los ejes 4 y A, así que las distancias están calculadas a partir de este punto la tabla No. 14 muestra los resultados de este cálculo. Ver Planta de entrepiso.

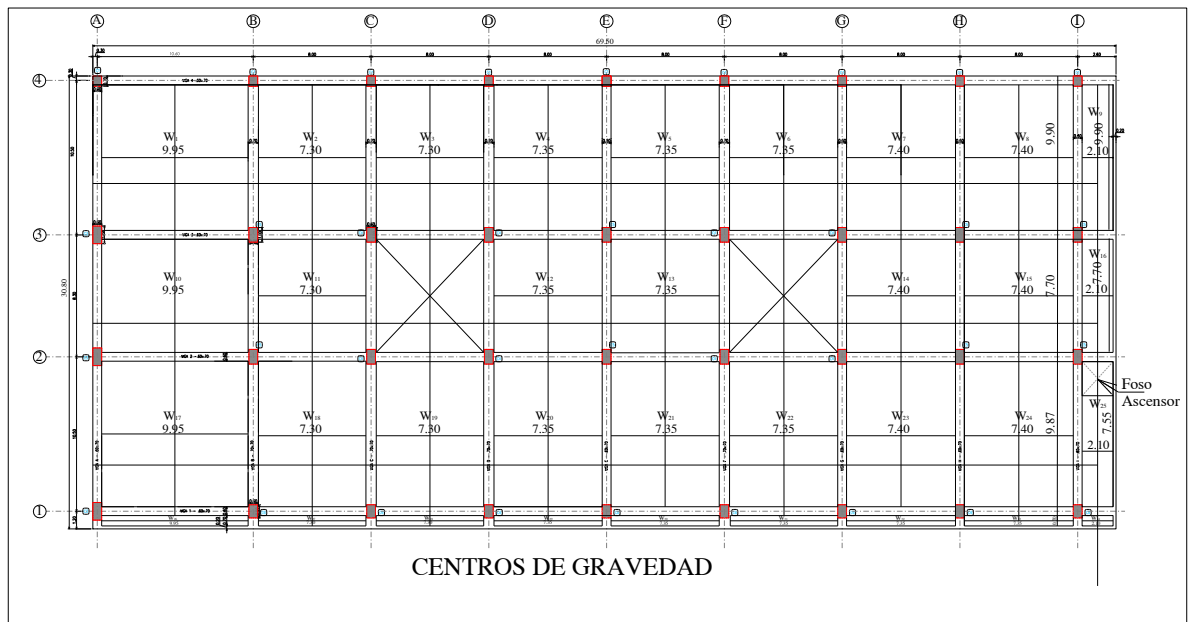


Figura 15. Posición centro de gravedad de edificio

Tabla 13.

*Obtención del Centro de gravedad planta de entrepiso.*

<b>PESO</b>	<b>W KN</b>	<b>WKN</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>WX</b>	<b>WY</b>
W1	9*9.95*9.90	886.55	5.28	5.55	4680.98	4920.35
W2	9*7.30*9.90	650.43	14.9	5.55	9691.41	3609.89
W3	9*7.30*9.90	650.43	22.9	5.55	14894.85	3609.89
W4	9*7.35*9.90	654.89	30.93	5.55	20255.75	3634.64
W5	9*7.35*9.90	654.89	38.88	5.55	25462.12	3634.64
W6	9*7.35*9.90	654.89	46.93	5.55	30733.99	3634.64
W7	9*7.40*9.90	659.34	54.9	5.55	36197.77	3659.34
W8	9*7.40*9.90	659.34	62.9	5.55	41472.49	3659.34
W9	9*2.10*9.90	187.11	68.25	5.55	12770.26	1038.46
W10	9*9.95*7.70	689.54	5.28	14.95	3640.77	10308.62
W11	9*7.30*7.70	505.89	14.9	14.95	7537.76	7563.06
W12	9*7.35*7.70	509.36	30.93	14.95	15754.50	7614.93
W13	9*7.35*7.70	509.36	38.88	14.95	19803.92	7614.93
W14	9*7.40*7.70	512.82	54.9	14.95	28153.82	7666.66
W15	9*7.40*7.70	512.82	62.9	14.95	32256.38	7666.66
W16	9*2.10*7.70	145.53	68.25	14.95	9932.42	2175.67
W17	9*9.95*9.87	883.86	5.28	24.46	4666.78	21619.22
W18	9*7.30*9.87	648.46	14.9	24.46	9662.04	15861.31
W19	9*7.30*9.87	648.46	22.9	24.46	14849.71	15861.31
W20	9*7.35*9.87	652.90	30.93	24.46	20194.20	15969.93
W21	9*7.35*9.87	652.90	38.88	24.46	25384.75	15969.93
W22	9*7.35*9.87	652.90	46.93	24.46	30640.60	15969.93
W23	9*7.40*9.87	657.34	54.9	24.46	36087.97	16078.54
W24	9*7.40*9.87	657.34	62.9	24.46	41346.69	16078.54
W25	9*2.10*7.55	142.70	68.25	24.46	9738.93	3490.32
W26	9*9.95*0.70	62.68	5.28	30.24	330.95	1895.44
W27	9*7.30*0.70	45.99	14.9	30.24	685.25	1390.74
W28	9*7.30*0.70	45.99	22.9	30.24	1053.17	1390.74
W29	9*7.35*0.70	46.31	30.93	30.24	1432.37	1400.41
W30	9*7.35*0.70	46.31	38.88	30.24	1800.53	1400.41
W31	9*7.35*0.70	46.31	46.93	30.24	2173.33	1400.41
W32	9*7.40*0.70	46.62	54.9	30.24	2559.44	1409.79
W33	9*7.40*0.70	46.62	62.9	30.24	2932.40	1409.79
W34	9*2.10*0.70	13.23	68.25	30.24	902.95	400.08
VIGA 1	0.60*0.70*69.50*24	700.56	34.75	29.6	24344.46	20736.58
VIGA 2	0.60*0.70*69.50*24	700.56	34.75	19.1	24344.46	13380.70
VIGA 3	0.60*0.70*69.50*24	700.56	34.75	10.8	24344.46	7566.05
VIGA 4	0.60*0.70*69.50*24	700.56	34.75	0.3	24344.46	210.17
VIGA A	0.60*0.70*28.4*24	286.27	0.3	10.8	85.88	3091.72
VIGA B	0.70*0.70*28.4*24	333.98	10.9	10.8	3640.38	3606.98
VIGA C	0.70*0.70*28.4*24	333.98	18.9	10.8	6312.22	3606.98
VIGA D	0.70*0.70*28.4*24	333.98	26.9	10.8	8984.06	3606.98
VIGA E	0.60*0.70*28.4*24	286.27	34.9	10.8	9990.82	3091.72
VIGA F	0.70*0.70*28.4*24	333.98	42.9	10.8	14327.74	3606.98
CIGA G	0.60*0.70*28.4*24	286.27	50.9	10.8	14571.14	3091.72
VIGA H	0.60*0.70*28.4*24	286.27	58.9	10.8	16861.30	3091.72
VIGA I	0.60*0.70*28.4*24	286.27	66.9	10.8	19151.46	3091.72
<b>Σ</b>		<b>20609.61</b>			<b>710984.09</b>	<b>302788.56</b>

Se calcula el centro de gravedad del entrepiso base donde es aplicada la fuerza de piso.

$$X_{cg} = \frac{\sum_{i=1}^N W_i X_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \quad X_{cg} = \frac{710984.09}{20609.61} \quad X_{cg} = 34,497 \text{ m}$$

$$Y_{cg} = \frac{\sum_{i=1}^N W_i Y_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \quad Y_{cg} = \frac{302788.56}{20609.61} \quad Y_{cg} = 14,69 \text{ m}$$

### 3.6 El cortante sísmico de la base

El cortante sísmico en la base  $V_S$ , es el resultado de la fuerza lateral total de los efectos de las fuerzas de inercia horizontales que se induce a un sistema estructural de un número de grados de libertad, para distribuirlo luego en los diferentes pisos de la estructura.

$$V_S = S_a g M \quad \text{Ecu. (A.4.2-3) NSR-10}$$

Donde

$S_a$  = es la máxima aceleración horizontal tomada del espectro de diseño expresada en porcentaje de gravedad para un periodo de vibración dado.

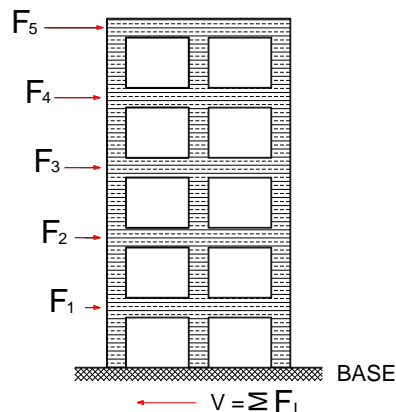


Figura 16. Equilibrio de fuerzas horizontales  $F_x$ , y cortante de base  $V_s$

(<http://portales.puj.edu.co/javevirtual/Proyecto%20Estructuras/html/2clasificaion.htm>).

La resultante de las fuerzas sísmicas se distribuye a la altura de la edificación, según las fuerzas laterales que se suponen son aplicadas en cada piso

El cortante de la base depende del peso de la edificación. En la tabla 17 se indica los cálculos para estimar esta fuerza con los datos obtenidos del espectro de diseño y la masa del edificio.

$$V = S_a * g * M = S_a * W$$

$$\text{Masa del edificio} = 204874.37 / g$$

Tabla 14.  
Obtención del cortante en la base para edificio de 10 niveles.

<b>Cortante Sísmico de la base</b>		
<b><math>V_s = S_a M g</math></b>		
Para Edificio 10 pisos	$0.45 * (204874.37/g) * g$	92193.47KN

Cortante sísmico en la base = **92193.47 KN**

### 3.7 Distribución fuerzas sísmicas

#### 3.7.1 Paso 5 Distribución fuerza sísmica horizontal y por piso

Las fuerzas horizontales  $F_x$ , son las fuerzas de inercia aplicables en cada piso de la construcción, y se calculan por la siguiente ecuación. Una vez que se ha determinado el valor del cortante en la base, se procede a calcular como se distribuye la fuerza horizontal equivalente a nivel del edificio

$$F_x = C_{vs} V_s \quad \text{Ecu. (A.4.2-3) NSR-10}$$

Donde

$C_{vs}$ : es un coeficiente de repartición de la fuerza sísmica en la altura de la edificación para periodos cortos la fuerza horizontal es equivalente a una fuerza uniforme, de tipo triangular con valor 0 en la base; para periodos largos, altura del edificio mayor de 25 pisos, la forma es parabólica.

$V_s$ : cortante sísmico en la base igual a el total de los esfuerzos de inercia horizontales producidos por los movimientos sísmicos de diseño.

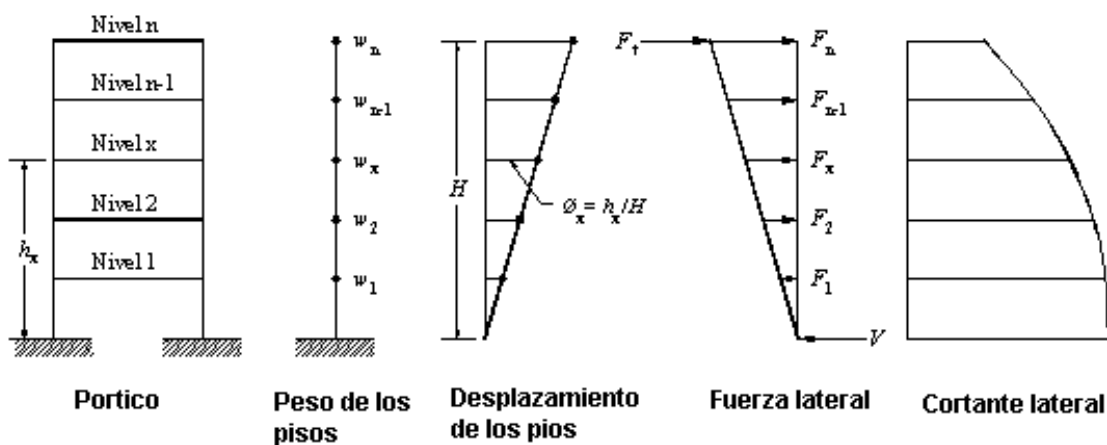


Figura 17. Distribución de fuerza sísmica

([http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/19/Cap\\_XII\\_archivos/image034.gif](http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/19/Cap_XII_archivos/image034.gif)).

Una vez que se obtienen las fuerzas sísmicas horizontales  $F_x$ , se puede determinar el coeficiente de fuerza de piso  $C_{vx}$  de cada nivel aplicando la siguiente fórmula:

$$C_{vx} = \frac{m_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m_i h_i^k)} \quad \text{Ecu. (A.4.2-3) NSR-10}$$

Donde k está relacionado con T así:

Para T menor o igual a 0.5 segundos

$$K=1.0$$

Para T entre 0.5 y 2.5 segundos

$$K=0.75 + 0.5T \quad \text{(A.4.3-2) NSR-10}$$

Para T mayor que 2.5 segundos

$$K=2.0$$

### 3.7.2 Fuerzas de piso

Según el método de fuerza horizontal equivalente las fuerzas sísmicas en cada piso son fuerzas de inercia que están aplicadas en el centro de masa o centro de gravedad de la placa de los entrepisos y deben ser calculadas para obtener luego las derivas máximas de la estructura. En la tabla No. 18 se muestra pesos y resultados obtenidos y su distribución horizontal y el cálculo de los cortantes totales en cada nivel de piso mediante aplicando la siguiente fórmula:

$$F_X = C_{vx} * V_s \quad C_{VX} = \frac{m_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m_i h_i^k)}$$

$$k=1.0 \text{ para } T \leq 0.5 \text{ s}$$

$$k=0.75+0.5*T \text{ para } 0.5 < T \leq 2.5 \text{ s}$$

$$k=2.0 \text{ si } T \geq 2.5 \text{ s}$$

$$k = 0.75 + 0.5^1 = 1.25$$

Tabla 15.

*Resultado de las fuerzas horizontales distribuidas en altura F.H.E.*

Nivel de Piso	h [m]	W[KN]	M*h^k	Cvj	F[KN]	V[KN]
1	3.00	20990.39	83057.01	0.012	1106	92101
2	6.00	20990.39	197818.03	0.028	2581	90995
3	9.00	20990.39	328648.86	0.047	4333	88414
4	12.00	20990.39	471145.91	0.067	6177	84080
5	15.00	20990.39	622998.16	0.089	8205	77903
6	18.00	20990.39	782747.49	0.112	10326	69698
7	21.00	20990.39	949377.78	0.136	12538	59373
8	24.00	20990.39	1122134.67	0.161	14843	46834
9	27.00	20990.39	1300432.88	0.186	17148	31991
10	30.00	15960.86	1128267.55	0.161	14843	14843
$\Sigma$		<b>204874.37</b>	<b>6986628.36</b>	<b>1.00</b>	<b>92101</b>	

Tabla 16.

*Obtención de resultados de distribución de fuerzas, desplazamientos, derivas para edificio de 10, 12 y 15 niveles.*

EDIFICIO 10 PISOS					
K= 1.25					
PISO	W (KN)	F[KN]	V[KN]	$\delta m$	$\Delta i$
1	20990.39	1106	92101	0.012	0.00429
2	20990.39	2581	90995	0.032	0.00767
3	20990.39	4333	88414	0.057	0.00952
4	20990.39	6177	84080	0.085	0.01079
5	20990.39	8205	77903	0.114	0.01152
6	20990.39	10326	69698	0.143	0.01177
7	20990.39	12538	59373	0.171	0.01161
8	20990.39	14843	46834	0.198	0.01113
9	20990.39	17148	31991	0.222	0.01044
10	15960.86	14843	14843	0.244	0.00936

EDIFICIO 12 PISOS					
K= 1.25					
PISO	W (KN)	F[KN]	V[KN]	$\delta m$	$\Delta i$
1	20990.39	889	111196	0.015	0.00537
2	20990.39	2111	110307	0.041	0.00973
3	20990.39	3555	108197	0.072	0.01229
4	20990.39	4999	104642	0.108	0.01420
5	20990.39	6665	99643	0.146	0.01548
6	20990.39	8331	92978	0.185	0.01619
7	20990.39	10109	84647	0.225	0.01642
8	20990.39	11997	74538	0.263	0.01623
9	20990.39	13886	62541	0.299	0.01570
10	20990.39	15774	48655	0.333	0.01493
11	20990.39	17774	32881	0.364	0.01403
12	15960.86	15108	15108	0.392	0.01272

EDIFICIO 15 PISOS					
K= 1.25					
PISO	W (KN)	F[KN]	V[KN]	$\delta m$	$\Delta i$
1	20990.39	697	139561	0.019	0.00649
2	20990.39	1673	138864	0.053	0.01101
3	20990.39	2649	137191	0.094	0.01391
4	20990.39	3904	134542	0.142	0.01610
5	20990.39	5019	130638	0.195	0.01759
6	20990.39	6413	125619	0.250	0.01850
7	20990.39	7808	119206	0.307	0.01889
8	20990.39	9202	111398	0.363	0.01885
9	20990.39	10596	102196	0.418	0.01843
10	20990.39	12130	91600	0.471	0.01771
11	20990.39	13663	79470	0.521	0.01676
12	20990.39	15197	65807	0.568	0.01565
13	20990.39	16870	50610	0.611	0.01446
14	20990.39	18404	33740	0.651	0.01331
15	15960.86	15336	15336	0.686	0.01190



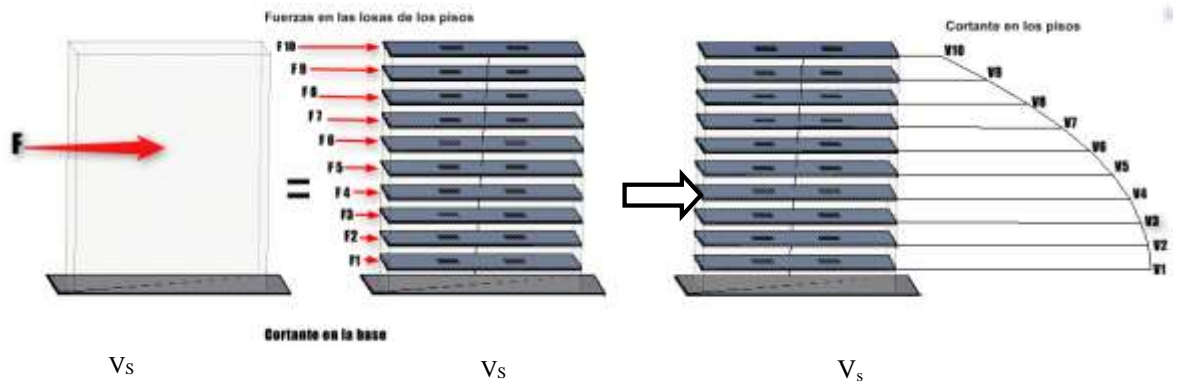


Figura 18. Fuerzas horizontales y fuerzas cortantes de piso del edificio de 10 pisos.

Las fuerzas sísmicas horizontales calculadas en cada piso se cargan al modelo en el programa Etabs.

Tabla 17.

Aplicación de las fuerzas sísmicas F.H.E calculadas al modelo Etabs.

Case	Story	Diaphragm	FX	FY	MZ	EccRatio
SISMX	N+10	D10	14843	0	0	0.05
SISMX	N+9	D9	17148	0	0	0.05
SISMX	N+8	D8	14843	0	0	0.05
SISMX	N+7	D7	12538	0	0	0.05
SISMX	N+6	D6	10326	0	0	0.05
SISMX	N+5	D5	8205	0	0	0.05
SISMX	N+4	D4	6177	0	0	0.05
SISMX	N+3	D3	4333	0	0	0.05
SISMX	N+2	D2	2581	0	0	0.05
SISMX	N+1	D1	1106	0	0	0.05
SISMY	N+10	D10	0	14843	0	0.05
SISMY	N+9	D9	0	17148	0	0.05
SISMY	N+8	D8	0	14843	0	0.05
SISMY	N+7	D7	0	12538	0	0.05
SISMY	N+6	D6	0	10326	0	0.05
SISMY	N+5	D5	0	8205	0	0.05
SISMY	N+4	D4	0	6177	0	0.05
SISMY	N+3	D3	0	4333	0	0.05
SISMY	N+2	D2	0	2581	0	0.05
SISMY	N+1	D1	0	1106	0	0.05

Tomado de Etabs.

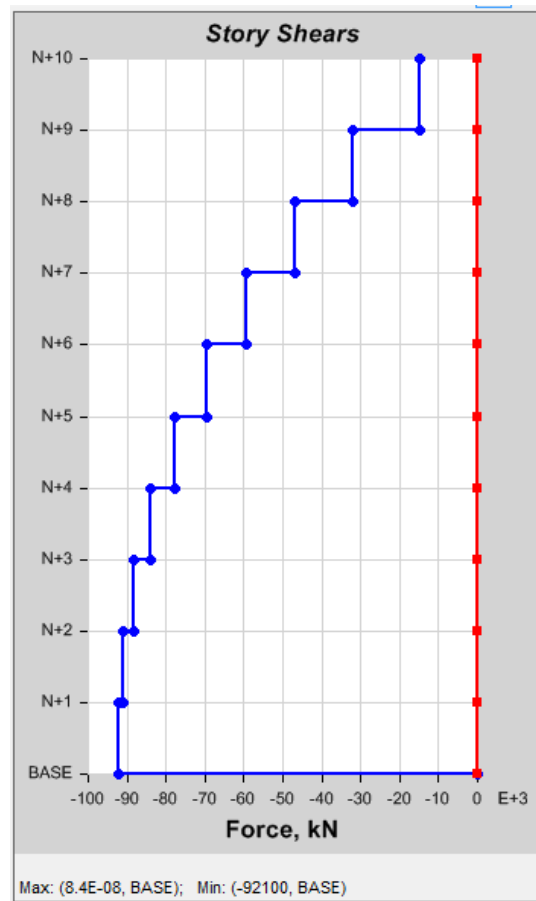


Figura 19. Gráfica de los cortantes acumulados por piso. Tomado de Etabs.

### 3.7.3 Distribución aproximada de las fuerzas sísmicas

“La fuerza de atracción de la tierra se distribuye en todos los cuerpos situados en su campo de influencia. La resultante de esa fuerza se llama peso del cuerpo y como tal tiene una magnitud, una dirección y un punto de aplicación. Para simplificar el efecto de la atracción de la tierra sobre los cuerpos se supone un campo uniforme de fuerzas paralelas y se desprecia las diferencias de la aceleración de la gravedad entre puntos cercanos entre si y cuyas dimensiones son pequeñas con respecto a la tierra. Tal es el caso de todas las construcciones”. (Vallecilla C. R., 2003). La tabla No.19 indica las fuerzas sísmicas aproximadas para cada piso según el número de pórticos en la dirección X y Y.

Tabla 18.

*Distribución aproximada de las fuerzas sísmicas F.H.E en sentido x y sentido y*

Nivel de Piso	F[KN]	PORTICO SENTIDO X	PORTICO SENTIDO Y
1	1106	122.89	276.50
2	2581	286.78	645.25
3	4333	481.44	1083.25
4	6177	686.33	1544.25
5	8205	911.67	2051.25
6	10326	1147.33	2581.50
7	12538	1393.11	3134.50
8	14843	1649.22	3710.75
9	17148	1905.33	4287.00
10	14843	1649.22	3710.75

Numero de pórticos en X= 9

Numero de pórticos en Y= 4

Con los resultados del cálculo del peso del edificio y las fuerzas laterales equivalentes para cada piso, se procede a modelar la estructura en el programa Etabs, con el fin de determinar y verificar que las derivas de piso no sobrepasen sus límites, según lo establecido en la NSR-10. Luego se calculara nuevamente el periodo T. Los gráficos del modelamiento en planta y altura y las tablas de resultados se muestran en los anexos de la guía.

Se evalúa los desplazamientos producidos en el diafragma para todos los niveles con respecto al centro de masas y se observa que son muy altos y superan los permitidos por la norma, para cumplir con los máximos desplazamientos se realiza una modificación y se rigidiza la estructura, se incorpora muros estructurales en algunos de los ejes del edificio estos son 1 muro sobre el eje A y el eje I entre 2 y 3 y otro muro en el eje 1 y el eje 4 entre D y E el espesor de muro es de 12 cm.

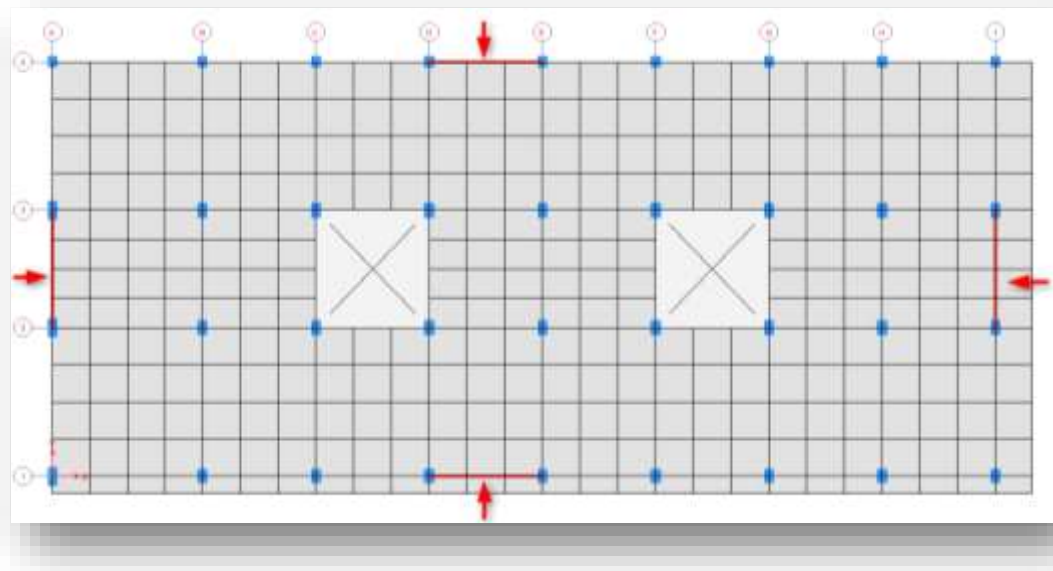


Figura 20. Planta estructural con muros incorporados en los marcos.

Nuevamente se modela para obtener resultados de los desplazamientos y derivas como se indicó anteriormente.

Tabla 19.

*Sismo actuando en el eje x y sus desplazamientos del centro de masa de cada piso con muros incorporados*

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	Point	X	Y	Z
N+10	D10	SISMX	0.244	-0.0002	0	0	0	-0.00004	548	36.223	12.413	30
N+9	D9	SISMX	0.222	-0.0002	0	0	0	-0.00004	549	36.223	12.413	27
N+8	D8	SISMX	0.198	-0.0001	0	0	0	-0.00003	550	36.223	12.413	24
N+7	D7	SISMX	0.171	-0.0001	0	0	0	-0.00002	551	36.223	12.413	21
N+6	D6	SISMX	0.143	-0.0001	0	0	0	-0.00001	552	36.223	12.413	18
N+5	D5	SISMX	0.114	0.0000	0	0	0	-0.00001	553	36.223	12.413	15
N+4	D4	SISMX	0.085	0.0000	0	0	0	0.00000	554	36.223	12.413	12
N+3	D3	SISMX	0.057	0.0000	0	0	0	0.00000	555	36.223	12.413	9
N+2	D2	SISMX	0.032	0.0000	0	0	0	0.00000	556	36.223	12.413	6
N+1	D10	SISMX	0.012	0.0000	0	0	0	0.00000	557	36.223	12.413	3

Tomado de Etabs.

### 3.8 Deriva

Definida como el desplazamiento lateral que existe entre dos niveles o pisos consecutivos al aplicar fuerzas sísmicas.

Para calcular la deriva tomamos la diferencia entre los desplazamientos de la flecha del nivel (i) y la del nivel (i-1) y luego la dividimos entre la altura de piso.

$$\Delta_i = \delta_i - \delta_{i-1}$$

La norma NSR-10 requiere que los desplazamientos horizontales de cada nivel de la estructura sean pequeños con el fin de evitar daños considerables en los elementos no estructurales, donde la distancia entre el centro de masa y el centro de rigidez sea mínima, la deriva máxima sea menor a 1% de la altura de piso.

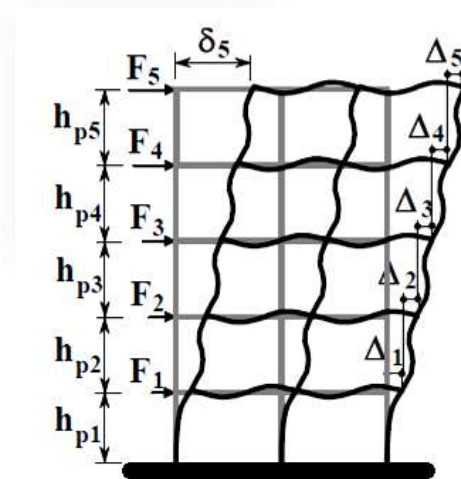


Figura 21. Procedimiento verificación de derivas (NSR-10).

#### 3.8.1 Desplazamientos Horizontales Totales

Los desplazamientos horizontales en cualquiera de las dos direcciones principales en planta y para cualquier grado de libertad de la estructura se obtienen de la siguiente expresión:

$$\delta_{t0t,j} = |\delta_{cm,j}| + |\delta_{t,j}| + |\delta_{pd,j}| \quad (\text{A.6.2-4}) \text{ NSR-10}$$

Donde

$\delta_{cm,j}$  Desplazamiento horizontal del centro de masa en la dirección bajo estudio.

$\delta_{t,j}$  Desplazamiento adicional causado por los efectos torsionales en la dirección bajo estudio cuando el diafragma sea rígido.

$\delta_{pd,j}$  Desplazamiento adicional causado por el efecto P-Delta en la dirección bajo estudio.

### 3.8.2 *Desplazamientos horizontales causados por efectos P-delta*

La norma NSR-10 A.6.2.3 indica que los desplazamientos horizontales causados por P-delta están relacionados con los efectos adicionales, en las dos direcciones principales en planta, aumentando las deflexiones horizontales y las fuerzas internas en la estructura.

Este efecto debe tenerse en cuenta cuando el índice de estabilidad  $Q_1$  excedan de 0.10 y debe ser evaluado con las cargas de diseño o fuerzas horizontales equivalentes.

### 3.8.3 *Coefficiente de inestabilidad*

El índice de estabilidad, permite verificar los efectos P-delta para piso  $i$  y en la dirección bajo estudio, se calcula según la NSR-10 por la siguiente ecuación:

$$Q_i = \frac{P_i \Delta_{cm}}{V_i h_{pi}} \quad (\text{A.6.2-2}) \text{ NSR-10}$$

$Q_i$ : índice de estabilidad no debe exceder de 0.30.

$P_i$  Suma de la carga vertical total sin mayorar, incluyendo el peso muerto y la carga viva del piso i.

$\Delta_{cm}$  Deriva de piso calculada en el centro de masas de piso.

$V_i$  Cortante sísmico del piso i

$h_{pi}$  Altura de piso considerado.

### 3.8.4 *Chequeo de derivas*

Controlar la deriva es necesario debido a que se pueden dar los siguientes efectos:

1. Deformación inelástica de los elementos estructurales
2. Estabilidad de la estructura
3. Daño a elementos estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica

### 3.8.5 *Deriva máxima*

El valor de la deriva máxima en un punto del piso i, debe ser calculada como la diferencia entre los desplazamientos horizontales totales máximos del punto de piso i y los desplazamientos horizontales totales máximos de un punto localizado en el mismo eje Vertical en el piso i-1, según lo establece la NSR-10 en la siguiente ecuación y sin exceder los valores de las derivas máximas establecidos en la tabla No.8.

$$\Delta_{max}^i = \sqrt{\sum_{j=1}^2 (\delta_{tot,j}^i - \delta_{tot,j}^{i-1})^2} \quad (\text{A.6.3-21}) \text{ NSR-10}$$

Tabla 20.

*Derivas máximas como porcentaje de  $h_{pi}$*

Estructura de	Deriva máxima
Concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería	1.0% (0.010 $h_{pi}$ )
De mampostería	0.5% ( 0.005 $h_{pi}$ )

Fuente: Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10). Tabla A.4.2.1

### 3.8.6 Chequeo de derivas

A continuación se muestran los resultados obtenidos por el programa Etabs para verificar las derivas para sismo en x y en y.

Tabla 21.

*Sismo actuando en el eje x y sus desplazamientos del centro de masa de cada piso.*

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	Point	X	Y	Z
N+10	D10	SISMX	0.517	-0.0005	0	0	0	-0.00015	436	36.397	12.49	30
N+9	D9	SISMX	0.502	-0.0005	0	0	0	-0.00014	437	36.397	12.49	27
N+8	D8	SISMX	0.475	-0.0005	0	0	0	-0.00013	438	36.397	12.49	24
N+7	D7	SISMX	0.435	-0.0004	0	0	0	-0.00012	439	36.397	12.49	21
N+6	D6	SISMX	0.385	-0.0004	0	0	0	-0.00011	440	36.397	12.49	18
N+5	D5	SISMX	0.326	-0.0003	0	0	0	-0.00009	441	36.397	12.49	15
N+4	D4	SISMX	0.260	-0.0003	0	0	0	-0.00007	442	36.397	12.49	12
N+3	D3	SISMX	0.190	-0.0002	0	0	0	-0.00005	443	36.397	12.49	9
N+2	D2	SISMX	0.116	-0.0001	0	0	0	-0.00003	444	36.397	12.49	6
N+1	D1	SISMX	0.045	0.0000	0	0	0	-0.00001	445	34.600	14.01	3

Tabla 22.

*Derivas obtenidas para piso*

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
N+10	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	30	0.00720	
N+10	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	30		0.00010
N+10	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	30	0.00088	
N+10	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	30		0.00936



Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
N+9	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	27	0.00820	
N+9	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	27		0.00009
N+9	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	27	0.00096	
N+9	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	27		0.01044
N+8	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	24	0.00891	
N+8	Max Drift Y	SISMX	365	69.20	5.25	24		0.00008
N+8	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	24	0.00101	
N+8	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	24		0.01113
N+7	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	21	0.00946	
N+7	Max Drift Y	SISMX	360	69.20	21.43	21		0.00008
N+7	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	21	0.00104	
N+7	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	21		0.01161
N+6	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	18	0.00975	
N+6	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	18		0.00007
N+6	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	18	0.00104	
N+6	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	18		0.01177
N+5	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	15	0.00969	
N+5	Max Drift Y	SISMX	360	69.20	21.43	15		0.00006
N+5	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	15	0.00100	
N+5	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	15		0.01152
N+4	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	12	0.00921	
N+4	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	12		0.00005
N+4	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	12	0.00093	
N+4	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	12		0.01079
N+3	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	9	0.00823	
N+3	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	9		0.00003
N+3	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	9	0.00080	
N+3	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	9		0.00952
N+2	Max Drift X	SISMX	383	2.65	-1.20	6	0.00672	
N+2	Max Drift Y	SISMX	214	0.00	7.88	6		0.00000
N+2	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	6	0.00063	
N+2	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	6		0.00767
N+1	Max Drift X	SISMX	33	66.60	0.00	3	0.00408	
N+1	Max Drift Y	SISMX	36	66.60	29.30	3		0.00002
N+1	Max Drift X	SISMY	36	66.60	29.30	3	0.00036	
N+1	Max Drift Y	SISMY	36	66.60	29.30	3		0.00429

Tomado de Etabs

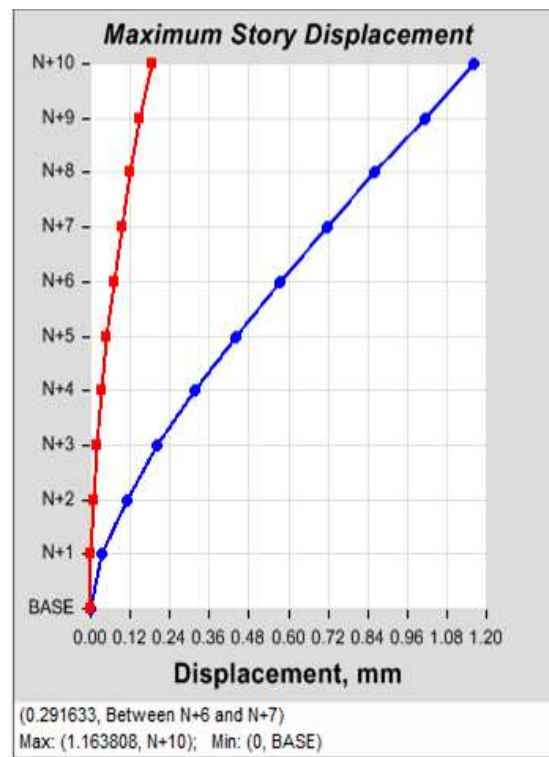


Figura 22. Grafica desplazamientos máximos de cada piso en edificio de 10 niveles. Tomado de Etabs.

Una vez obtenidos los desplazamientos se procede a calcular el periodo fundamental del edificio con la ecuación de Rayleigh, la relación entre  $T_1$  y  $T_2$  no debe ser mayor.

Tabla 23.

Calculo del nuevo periodo  $T$  para sismo en  $X$

Nivel de Piso	h [m]	WKN	$m_i$	$F_j$	$d_i$ (m)	$m_i \cdot d_i^2$	$F_i \cdot d_i$
1	3.00	20990.39	2139.69317	1106	0.0041	0.036	4.536
2	6.00	20990.39	2139.69317	2581	0.0067	0.096	17.295
3	9.00	20990.39	2139.69317	4333	0.0082	0.144	35.531
4	12.00	20990.39	2139.69317	6177	0.0092	0.181	56.828
5	15.00	20990.39	2139.69317	8205	0.0097	0.201	79.591
6	18.00	20990.39	2139.69317	10326	0.0098	0.205	101.192
7	21.00	20990.39	2139.69317	12538	0.0095	0.193	119.114
8	24.00	20990.39	2139.69317	14843	0.0089	0.169	132.104
9	27.00	20990.39	2139.69317	17148	0.0082	0.144	140.613
10	30.00	15960.86	1626.99898	14843	0.0072	0.084	106.871
<b><math>\Sigma</math></b>		<b>204874.37</b>	<b>20884.238</b>			<b>1.455</b>	<b>793.68</b>

Se toma el valor de gravedad = 9.81m/seg

$$M_i = \left[ \frac{W_i}{g} \right] = KN * \text{seg}^2 / m$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1.455}{793.68}} = 0.27 \text{ seg} \quad T_a = 1.00 \quad T < 1.2T_a \quad 0.27 < 1.2 * 1.00$$

$$0.27 \text{seg} < 1.2 \text{seg} \Rightarrow \text{cumple}$$

Tabla 24.

Calculo del nuevo periodo  $T$  para sismo en y.

Nivel de Piso	h [m]	W KN	$m_i$	$F_j$	$d_i$ (m)	$m_i * d_i^2$	$F_i * d_i$
1	3.00	20990.39	2139.69	1106	0.00429	0.039	4.748
2	6.00	20990.39	2139.69	2581	0.00767	0.126	19.802
3	9.00	20990.39	2139.69	4333	0.00952	0.194	41.242
4	12.00	20990.39	2139.69	6177	0.01079	0.249	66.662
5	15.00	20990.39	2139.69	8205	0.01152	0.284	94.516
6	18.00	20990.39	2139.69	10326	0.01177	0.296	121.512
7	21.00	20990.39	2139.69	12538	0.01161	0.288	145.582
8	24.00	20990.39	2139.69	14843	0.01113	0.265	165.219
9	27.00	20990.39	2139.69	17148	0.01044	0.233	178.939
10	30.00	15960.86	1627.00	14843	0.00936	0.143	138.917
<b><math>\Sigma</math></b>		<b>204874.37</b>	<b>20884.238</b>			<b>2.118</b>	<b>977.14</b>

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2.118}{977.14}} = 0.29 \text{ seg} \quad T_a = 1.00 \quad T < 1.2T_a \quad 0.46 < 1.2 * 1.00$$

$$0.29 \text{seg} < 1.2 \text{seg} \Rightarrow \text{cumple}$$

### 3.8.7 Comprobación de la deriva

En el cálculo del desplazamiento horizontal A.6-2 de la NSR-10 indica que la deriva máxima o desplazamiento máximo entre dos pisos consecutivos corresponde a el 1%, aplicado a el ejercicio propuesto tenemos, la altura de cada planta es de 3.00 por lo tanto el límite de deriva será  $3.00 * 0.01 = 0.03 = 3 \text{ cm}$ .

Tabla 25.

*Verificación de deriva Dmax*

Nivel de Piso	Dmax cm	1%H cm	Cumple
10	0.72	3	ok
9	0.82	3	ok
8	0.89	3	ok
7	0.95	3	ok
6	0.98	3	ok
5	0.97	3	ok
4	0.92	3	ok
3	0.82	3	ok
2	0.67	3	ok
1	0.41	3	ok

Tabla 26.

*Resultados del cortante basal.*

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
N+10	SISMX	Top	0	-14843	0	206880.09	0	0
N+10	SISMX	Bottom	0	-14843	0	206880.09	0	-44529
N+10	SISMY	Top	0	0	-14843	-589010.6	0	0
N+10	SISMY	Bottom	0	0	-14843	-589010.6	44529	0
N+9	SISMX	Top	0	-31991	0	445887.01	0	-44529
N+9	SISMX	Bottom	0	-31991	0	445887.01	0	-140502
N+9	SISMY	Top	0	0	-31991	-1269490	44529	0
N+9	SISMY	Bottom	0	0	-31991	-1269490	140502	0
N+8	SISMX	Top	0	-46834	0	652767.1	0	-140502
N+8	SISMX	Bottom	0	-46834	0	652767.1	0	-281004
N+8	SISMY	Top	0	0	-46834	-1858501	140502	0
N+8	SISMY	Bottom	0	0	-46834	-1858501	281004	0
N+7	SISMX	Top	0	-59372	0	827520.35	0	-281004
N+7	SISMX	Bottom	0	-59372	0	827520.35	0	-459120
N+7	SISMY	Top	0	0	-59372	-2356043	281004	0
N+7	SISMY	Bottom	0	0	-59372	-2356043	459120	0
N+6	SISMX	Top	0	-69698	0	971442.99	0	-459120
N+6	SISMX	Bottom	0	-69698	0	971442.99	0	-668214
N+6	SISMY	Top	0	0	-69698	-2765806	459120	0
N+6	SISMY	Bottom	0	0	-69698	-2765806	668214	0
N+5	SISMX	Top	0	-77903	0	1085803.4	0	-668214
N+5	SISMX	Bottom	0	-77903	0	1085803.4	0	-901923
N+5	SISMY	Top	0	0	-77903	-3091403	668214	0
N+5	SISMY	Bottom	0	0	-77903	-3091403	901923	0
N+4	SISMX	Top	0	-84080	0	1171897.7	0	-901923
N+4	SISMX	Bottom	0	-84080	0	1171897.7	0	-1154163
N+4	SISMY	Top	0	0	-84080	-3336523	901923	0
N+4	SISMY	Bottom	0	0	-84080	-3336523	1154163	0

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
N+3	SISMX	Top	0	-88413	0	1232290.6	0	-1154163
N+3	SISMX	Bottom	0	-88413	0	1232290.6	0	-1419402
N+3	SISMY	Top	0	0	-88413	-3508469	1154163	0
N+3	SISMY	Bottom	0	0	-88413	-3508469	1419402	0
N+2	SISMX	Top	0	-90994	0	1268264.3	0	-1419402
N+2	SISMX	Bottom	0	-90994	0	1268264.3	0	-1692384
N+2	SISMY	Top	0	0	-90994	-3610890	1419402	0
N+2	SISMY	Bottom	0	0	-90994	-3610890	1692384	0
N+1	SISMX	Top	0	-90994	0	1268264.3	0	-1692384
N+1	SISMX	Bottom	0	-90994	0	1268264.3	0	-1965366
N+1	SISMY	Top	0	0	-90994	-3610890	1692384	0
N+1	SISMY	Bottom	0	0	-90994	-3610890	1965366	0

Tomado de Etabs

### 3.9 Edificio 12 pisos

Tabla 27.

Periodo inicial  $T_a$  edificio 12 pisos.

Edificio de 12 niveles	
Grupo de uso	<b>I</b>
Coef de importancia	<b>1</b>
Altura del edificio $h_n$	36.00m
$C_t$	0.047
$\alpha$	0.9
$T_a = C_t * h^\alpha$	<b>1.18s</b>
$C_u$	1.2
$T_{max} (C_u * T_a)$	<b>1.42</b>

W del edificio 12 pisos

$$20990.39 * 11 + 15960.86 = 246855.15 \text{ KN}$$

$$\text{Masa del edificio} = 246855.15/g$$

Tabla 28.  
Espectro elástico de aceleraciones edificio 12 pisos.

Proyecto: Edificio 12 niveles  
Ubicación: Bogota  
H 36 m

Coefficientes de diseño y Parametros del espectro de aceleración Sa para el proyecto según microzonificación Bogotá

Microzonificación	LACUSTRE-200
Ta	1.18
Fa	1.2
Fv	3.5
To	0.38
TC	1.87
TL	4
A0	0.18
Aa	0.15
Av	0.2
Coef importancia	1

Aceleraciones del espectro elastico (NSR-10 A.2.6.1)	
$Sa=2.50 \cdot Aa \cdot Fa \cdot I$	0.450
$Sa=(1.20 \cdot Av \cdot Fv \cdot I) / Tc$	0.449
$Sa=(1.20 \cdot Av \cdot Fv \cdot TL \cdot I) / T^2$	0.21

Aceleración para periodos cortos  
Aceleración para periodos inter  
Aceleración para periodos Largos

Curva de diseno para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del critico

Tmax (Cu*Ta)	1.42
T (Fundamental)	3.62
Aceleración [Sa]	0.450

T sera igual a Cu\*Ta revisar A.4.4-2

Espectro	
T(s)	Sa(g)
0.01	0.45
0.20	0.45
0.30	0.45
0.40	0.45
0.50	0.45
0.60	0.45
0.70	0.45
0.80	0.45
0.90	0.45
1.00	0.45
1.90	0.44
2.00	0.42
2.30	0.37
2.60	0.32
2.70	0.31
2.80	0.30
3.00	0.28
3.20	0.26
3.30	0.25
3.50	0.24
3.70	0.23
3.80	0.22
4.00	0.21
5.00	0.13
5.20	0.12
5.40	0.12
5.50	0.11
5.51	0.11
8.60	0.05
8.80	0.04
9.00	0.04
9.60	0.04
9.80	0.03
10.00	0.03

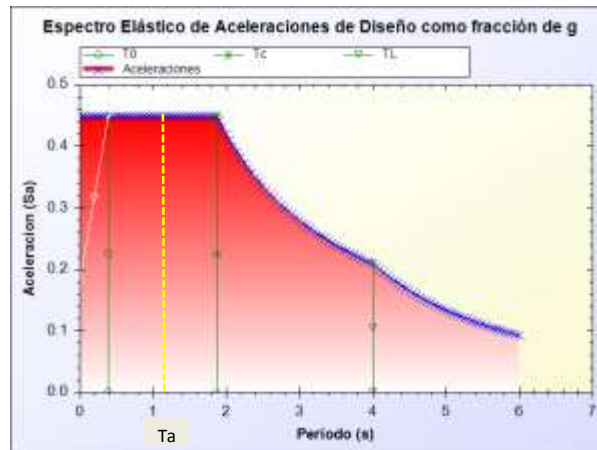


Tabla 29.

*Obtención del cortante en la base edificio 12 niveles.*

<b>Cortante Sísmico de la base</b>	
<b><math>V_s = S_a M g</math></b>	
Para Edificio 12 pisos	0.45 * (246855.15 /g) *g
<b>111084.82KN</b>	

Cortante sísmico en la base = **111084.82KN**

### **3.10 Distribución fuerzas sísmicas**

Tabla 30.

*Resultado de las fuerzas horizontales distribuidas en altura F.H.E.*

<b>Nivel de Piso</b>	<b>h [m]</b>	<b>W[KN]</b>	<b>M*h<sup>k</sup></b>	<b>Cvj</b>	<b>Fj[KN]</b>	<b>Vj[KN]</b>
1	3.00	20990.39	83057.01	0.008	889	111196
2	6.00	20990.39	197818.03	0.019	2111	110307
3	9.00	20990.39	328648.86	0.032	3555	108197
4	12.00	20990.39	471145.91	0.045	4999	104642
5	15.00	20990.39	622998.16	0.060	6665	99643
6	18.00	20990.39	782747.49	0.075	8331	92978
7	21.00	20990.39	949377.78	0.091	10109	84647
8	24.00	20990.39	1122134.67	0.108	11997	74538
9	27.00	20990.39	1300432.88	0.125	13886	62541
10	30.00	20990.39	1483803.25	0.142	15774	48655
11	33.00	20990.39	1671860.21	0.160	17774	32881
12	36.00	15960.86	1417578.18	0.136	15108	15108
<b>Σ</b>		<b>246855.15</b>	<b>10431602.44</b>	<b>1.00</b>	<b>111196</b>	

Las fuerzas sísmicas horizontales calculadas en cada piso se cargan al modelo en el programa Etabs.

Tabla 31.

*Aplicación de las fuerzas sísmicas F.H.E calculadas al modelo Etabs.*

Case	Type	Story	Diaphragm	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	X	Y	Z
SISMX	USER_LOADS	N+12	D12	15108	0	0	0	0	-23039.7	36.223	12.413	36
SISMX	USER_LOADS	N+11	D11	17774	0	0	0	0	-27105.35	36.223	12.413	33
SISMX	USER_LOADS	N+10	D10	15774	0	0	0	0	-24055.35	36.223	12.413	30
SISMX	USER_LOADS	N+9	D9	13886	0	0	0	0	-21176.15	36.223	12.413	27
SISMX	USER_LOADS	N+8	D8	11997	0	0	0	0	-18295.425	36.223	12.413	24
SISMX	USER_LOADS	N+7	D7	10109	0	0	0	0	-15416.225	36.223	12.413	21
SISMX	USER_LOADS	N+6	D6	8331	0	0	0	0	-12704.775	36.223	12.413	18
SISMX	USER_LOADS	N+5	D5	6665	0	0	0	0	-10164.125	36.223	12.413	15
SISMX	USER_LOADS	N+4	D4	4999	0	0	0	0	-7623.475	36.223	12.413	12
SISMX	USER_LOADS	N+3	D3	3555	0	0	0	0	-5421.375	36.223	12.413	9
SISMX	USER_LOADS	N+2	D2	2111	0	0	0	0	-3219.275	36.223	12.413	6
SISMX	USER_LOADS	N+1	D1	889	0	0	0	0	-1355.725	34.6	14.01	3
SISMY	USER_LOADS	N+12	D12	0	15108	0	0	0	52273.68	36.223	12.413	36
SISMY	USER_LOADS	N+11	D11	0	17774	0	0	0	61498.04	36.223	12.413	33
SISMY	USER_LOADS	N+10	D10	0	15774	0	0	0	54578.04	36.223	12.413	30
SISMY	USER_LOADS	N+9	D9	0	13886	0	0	0	48045.56	36.223	12.413	27
SISMY	USER_LOADS	N+8	D8	0	11997	0	0	0	41509.62	36.223	12.413	24
SISMY	USER_LOADS	N+7	D7	0	10109	0	0	0	34977.14	36.223	12.413	21
SISMY	USER_LOADS	N+6	D6	0	8331	0	0	0	28825.26	36.223	12.413	18
SISMY	USER_LOADS	N+5	D5	0	6665	0	0	0	23060.9	36.223	12.413	15
SISMY	USER_LOADS	N+4	D4	0	4999	0	0	0	17296.54	36.223	12.413	12
SISMY	USER_LOADS	N+3	D3	0	3555	0	0	0	12300.3	36.223	12.413	9
SISMY	USER_LOADS	N+2	D2	0	2111	0	0	0	7304.06	36.223	12.413	6
SISMY	USER_LOADS	N+1	D1	0	889	0	0	0	3075.94	34.6	14.01	3

### 3.10.1 Distribución aproximada de las fuerzas sísmicas

Tabla 32.

*Distribución aproximada de las fuerzas sísmicas F.H.E en sentido x y sentido y*

Nivel de Piso	F[KN]	PORTICO SENTIDO X	PORTICO SENTIDO Y
1	889	98.74	222.17
2	2111	234.51	527.65
3	3555	394.97	888.68
4	4999	555.42	1249.70
5	6665	740.57	1666.27
6	8331	925.71	2082.84
7	10109	1123.19	2527.18
8	11997	1333.02	2999.29
9	13886	1542.84	3471.40
10	15774	1752.67	3943.51
11	17774	1974.84	4443.39
12	15108	1678.62	3776.88



Numero de pórticos en X= 9

Numero de pórticos en Y= 4

Tal como se realizó el análisis de los resultados en el edificio de 10 pisos se procede a verificar el cumplimiento de derivas para este edificio según la NSR-10. En la tabla No. 34 se muestra las derivas para cada piso tomadas del Etabs.

Tabla 33.

Sismo actuando en el eje x y sus desplazamientos del centro de masa de cada piso.

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	Point	X	Y	Z
N+12	D12	SISMX	0.392	-0.0004	0	0	0	-8E-05	753	36.223	12.413	36
N+11	D11	SISMX	0.364	-0.0003	0	0	0	-7E-05	754	36.223	12.413	33
N+10	D10	SISMX	0.333	-0.0003	0	0	0	-6E-05	755	36.223	12.413	30
N+9	D9	SISMX	0.299	-0.0002	0	0	0	-5E-05	756	36.223	12.413	27
N+8	D8	SISMX	0.263	-0.0002	0	0	0	-4E-05	757	36.223	12.413	24
N+7	D7	SISMX	0.225	-0.0001	0	0	0	-3E-05	758	36.223	12.413	21
N+6	D6	SISMX	0.185	-0.0001	0	0	0	-2E-05	759	36.223	12.413	18
N+5	D5	SISMX	0.146	-0.0001	0	0	0	-1E-05	760	36.223	12.413	15
N+4	D4	SISMX	0.108	0	0	0	0	-1E-05	761	36.223	12.413	12
N+3	D3	SISMX	0.072	0	0	0	0	0	762	36.223	12.413	9
N+2	D2	SISMX	0.041	0	0	0	0	0	763	36.223	12.413	6
N+1	D1	SISMX	0.015	0	0	0	0	0	764	34.6	14.01	3

Tabla 34.

*Derivas obtenidas para piso*

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
N+12	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	36	0.00922	
N+12	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	36		0.000131
N+12	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	36	0.00122	
N+12	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	36		0.012724
N+11	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	33	0.0104	
N+11	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	33		0.000121
N+11	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	33	0.00131	
N+11	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	33		0.01403
N+10	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	30	0.0113	
N+10	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	30		0.000118

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
N+10	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	30	0.00137	
N+10	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	30		0.01493
N+9	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	27	0.01214	
N+9	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	27		0.000115
N+9	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	27	0.00143	
N+9	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	27		0.015702
N+8	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	24	0.01279	
N+8	Max Drift Y	SISMX	366	69.20	2.63	24		0.000112
N+8	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	24	0.00146	
N+8	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	24		0.016227
N+7	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	21	0.01317	
N+7	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	21		0.000107
N+7	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	21	0.00147	
N+7	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	21		0.016417
N+6	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	18	0.0132	
N+6	Max Drift Y	SISMX	360	69.20	21.43	18		0.000098
N+6	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	18	0.00143	
N+6	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	18		0.016191
N+5	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	15	0.01282	
N+5	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	15		0.000085
N+5	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	15	0.00136	
N+5	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	15		0.015477
N+4	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	12	0.01194	
N+4	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	12		0.000067
N+4	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	12	0.00123	
N+4	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	12		0.014202
N+3	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	9	0.01049	
N+3	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	9		0.000041
N+3	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	9	0.00104	
N+3	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	9		0.012294
N+2	Max Drift X	SISMX	341	63.93	29.30	6	0.00843	
N+2	Max Drift Y	SISMX	384	69.20	0.00	6		0.000004
N+2	Max Drift X	SISMY	341	63.93	29.30	6	0.0008	
N+2	Max Drift Y	SISMY	384	69.20	0.00	6		0.009731
N+1	Max Drift X	SISMX	33	66.60	0.00	3	0.00507	
N+1	Max Drift Y	SISMX	36	66.60	29.30	3		0.000022
N+1	Max Drift X	SISMY	36	66.60	29.30	3	0.00045	
N+1	Max Drift Y	SISMY	36	66.60	29.30	3		0.005365

Tabla 35.

Calculo del nuevo periodo  $T$  para sismo en  $x$ 

Nivel de Piso	h [m]	WKN	$m_i$	$F_j$	di (m)	$m_i^* di^2$	$F_i^* di$
1	3.00	20990.39	2139.69	889	0.00507	0.055	4.50
2	6.00	20990.39	2139.69	2111	0.00843	0.152	17.80
3	9.00	20990.39	2139.69	3555	0.01049	0.235	37.28
4	12.00	20990.39	2139.69	4999	0.01194	0.305	59.70
5	15.00	20990.39	2139.69	6665	0.01282	0.352	85.44
6	18.00	20990.39	2139.69	8331	0.01320	0.373	110.00
7	21.00	20990.39	2139.69	10109	0.01317	0.371	133.11
8	24.00	20990.39	2139.69	11997	0.01279	0.350	153.40
9	27.00	20990.39	2139.69	13886	0.01214	0.315	168.50
10	30.00	20990.39	2139.69	15774	0.01130	0.273	178.22
11	33.00	20990.39	2139.69	17774	0.01034	0.229	183.76
12	36.00	15960.86	1627.00	15108	0.00922	0.138	139.25
<b><math>\Sigma</math></b>						<b>3.148</b>	<b>1270.95</b>

Se toma el valor de gravedad = 9.81m/seg

$$M_i = \left[ \frac{W_i}{g} \right] = KN * seg^2/m$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{3.148}{1270.945}} = 0.31 \text{ seg} \quad T_a = 1.18 \quad T < 1.2T_a \quad 0.31 < 1.2 * 1.18$$

$$0.31 \text{ seg} < 1.42 \text{ seg} \Rightarrow \text{cumple}$$

Tabla 36.

Calculo del nuevo periodo  $T$  para sismo en  $y$ .

Nivel de Piso	h [m]	WKN	$m_i$	$F_j$	di (m)	$m_i^* di^2$	$F_i^* di$
1	3.00	20990.39	2139.69	889	0.00537	0.062	4.77
2	6.00	20990.39	2139.69	2111	0.00973	0.203	20.54
3	9.00	20990.39	2139.69	3555	0.01229	0.323	43.70
4	12.00	20990.39	2139.69	4999	0.01420	0.432	70.99
5	15.00	20990.39	2139.69	6665	0.01548	0.513	103.16
6	18.00	20990.39	2139.69	8331	0.01619	0.561	134.89
7	21.00	20990.39	2139.69	10109	0.01642	0.577	165.95
8	24.00	20990.39	2139.69	11997	0.01623	0.563	194.68
9	27.00	20990.39	2139.69	13886	0.01570	0.528	218.03
10	30.00	20990.39	2139.69	15774	0.01493	0.477	235.51
11	33.00	20990.39	2139.69	17774	0.01403	0.421	249.36
12	36.00	15960.86	1627.00	15108	0.01272	0.263	192.23
<b><math>\Sigma</math></b>						<b>4.922</b>	<b>1633.81</b>

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{4.922}{1633.81}} = 0.31 \text{ seg} \quad T_a = 1.18 \quad T < 1.2T_a \quad 0.34 < 1.2 * 1.18$$

$$0.34 \text{seg} < 1.42 \text{seg} \Rightarrow \text{cumple}$$

### 3.10.2 Comprobación de la deriva

Tabla 37.

Verificación de deriva Dmax

Nivel de Piso	Dmax cm	1%H cm	Cumple
12	0.92	3	ok
11	1.03	3	ok
10	1.13	3	ok
9	1.21	3	ok
8	1.28	3	ok
7	1.32	3	ok
6	1.32	3	ok
5	1.28	3	ok
4	1.19	3	ok
3	1.05	3	ok
2	0.84	3	ok
1	0.51	3	ok

Tabla 38.

Resultados del cortante basal.

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
N+10	SISMX	Top	0	-14843	0	206880.087	0	0
N+10	SISMX	Bottom	0	-14843	0	206880.087	0	-44529
N+10	SISMY	Top	0	0	-14843	-589010.645	0	0
N+10	SISMY	Bottom	0	0	-14843	-589010.645	44529	0
N+9	SISMX	Top	0	-31991	0	445887.008	0	-44529
N+9	SISMX	Bottom	0	-31991	0	445887.008	0	-140502
N+9	SISMY	Top	0	0	-31991	-1269489.96	44529	0
N+9	SISMY	Bottom	0	0	-31991	-1269489.96	140502	0
N+8	SISMX	Top	0	-46834	0	652767.095	0	-140502
N+8	SISMX	Bottom	0	-46834	0	652767.095	0	-281004
N+8	SISMY	Top	0	0	-46834	-1858500.61	140502	0
N+8	SISMY	Bottom	0	0	-46834	-1858500.61	281004	0
N+7	SISMX	Top	0	-59372	0	827520.348	0	-281004
N+7	SISMX	Bottom	0	-59372	0	827520.348	0	-459120

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
N+7	SISMY	Top	0	0	-59372	-2356042.58	281004	0
N+7	SISMY	Bottom	0	0	-59372	-2356042.58	459120	0
N+6	SISMX	Top	0	-69698	0	971442.99	0	-459120
N+6	SISMX	Bottom	0	-69698	0	971442.99	0	-668214
N+6	SISMY	Top	0	0	-69698	-2765806.37	459120	0
N+6	SISMY	Bottom	0	0	-69698	-2765806.37	668214	0
N+5	SISMX	Top	0	-77903	0	1085803.37	0	-668214
N+5	SISMX	Bottom	0	-77903	0	1085803.37	0	-901923
N+5	SISMY	Top	0	0	-77903	-3091403.1	668214	0
N+5	SISMY	Bottom	0	0	-77903	-3091403.1	901923	0
N+4	SISMX	Top	0	-84080	0	1171897.71	0	-901923
N+4	SISMX	Bottom	0	-84080	0	1171897.71	0	-1154163
N+4	SISMY	Top	0	0	-84080	-3336523.28	901923	0
N+4	SISMY	Bottom	0	0	-84080	-3336523.28	1154163	0
N+3	SISMX	Top	0	-88413	0	1232290.58	0	-1154163
N+3	SISMX	Bottom	0	-88413	0	1232290.58	0	-1419402
N+3	SISMY	Top	0	0	-88413	-3508468.51	1154163	0
N+3	SISMY	Bottom	0	0	-88413	-3508468.51	1419402	0
N+2	SISMX	Top	0	-90994	0	1268264.28	0	-1419402
N+2	SISMX	Bottom	0	-90994	0	1268264.28	0	-1692384
N+2	SISMY	Top	0	0	-90994	-3610889.62	1419402	0
N+2	SISMY	Bottom	0	0	-90994	-3610889.62	1692384	0
N+1	SISMX	Top	0	-90994	0	1268264.28	0	-1692384
N+1	SISMX	Bottom	0	-90994	0	1268264.28	0	-1965366
N+1	SISMY	Top	0	0	-90994	-3610889.62	1692384	0
N+1	SISMY	Bottom	0	0	-90994	-3610889.62	1965366	0

### 3.11 Edificio 15 pisos

Tabla 39.

Periodo inicial  $T_a$  edificio 15 pisos.

Edificio de 15 niveles	
Grupo de uso	<b>I</b>
Coef de importancia	<b>1</b>
Altura del edificio $h_n$	45.00m
$C_t$	0.047
$\alpha$	0.75
$T_a = C_t * h^\alpha$	<b>1.45s</b>
$C_u$	1.2

<b>Edificio de 15 niveles</b>	
Tmax (Cu*Ta)	1.74
T (Fundamental)	3.60

W del edificio 15 pisos  
 $20990.39 * 14 + 15960.86 = 309826.32 \text{ KN}$   
 Masa del edificio  $= 309826.32 / g$

Tabla 40.  
*Espectro elástico de aceleraciones edificio 15 pisos.*

Proyecto: Edificio 15 niveles  
 Ubicación: Bogotá  
 H 45 m  
 Coeficientes de diseño y Parametros del espectro de aceleración Sa para el proyecto según microzonificación Bogotá

Microzonificación	LACUSTRE-200
Ta	1.45
Fa	1.2
Fv	3.5
To	0.38
TC	1.87
TL	4
A0	0.18
Aa	0.15
Av	0.2
Coef importancia	1

Aceleraciones del espectro elástico (NSR-10 A.2.6.1)	
$Sa=2.50 \cdot Aa \cdot Fa \cdot I$	<b>0.450</b>
$Sa=(1.20 \cdot Av \cdot Fv \cdot I) / Tc$	<b>0.449</b>
$Sa=(1.20 \cdot Av \cdot Fv \cdot TL \cdot I) / T^2$	<b>0.21</b>

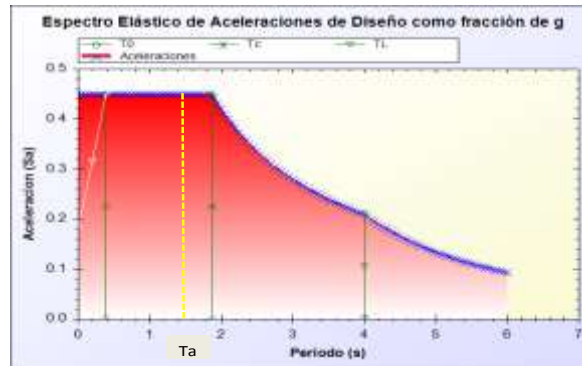
Curva de diseño para un coeficiente de amortiguamiento de 5% del critico

Tmax (Cu*Ta)	1.73
T (Fundamental)	3.6
Aceleración [Sa]	0.450

Aceleración para periodos cortos  
 Aceleración para periodos inter  
 Aceleración para periodos Largos

T sera igual a Cu\*Ta revisar A.4.4-2

Espectro	
T(s)	Sa(g)
0.01	0.45
0.20	0.45
0.30	0.45
0.40	0.45
0.50	0.45
0.60	0.45
0.70	0.45
0.80	0.45
0.90	0.45
1.00	0.45
1.90	0.44
2.00	0.42
2.30	0.37
2.60	0.32
2.70	0.31
2.80	0.30
3.00	0.28
3.20	0.26
3.30	0.25
3.50	0.24
3.70	0.23
3.80	0.22
4.00	0.21
5.00	0.13
5.20	0.12
5.40	0.12
5.50	0.11
5.51	0.11
8.60	0.05
8.80	0.04
9.00	0.04
9.60	0.04
9.80	0.03
10.00	0.03



### 3.12 El cortante sísmico de la base

Tabla 41.

Obtencion del cortante en la base

<b>Cortante Sísmico de la base</b>	
<b><math>V_s = S_a M g</math></b>	
Para Edificio 15 pisos	$0.45 * (309826.32 / g) * g$
	<b>139421.84KN</b>

Cortante sísmico en la base = **139421.84 KN**

### 3.13 Distribución fuerzas sísmicas

Tabla 42.

Resultado de las fuerzas horizontales distribuidas en altura F.H.E.

Nivel de Piso	h [m]	W[KN]	$M \cdot h^k$	$C_{vj}$	Fj[KN]	Vj[KN]
1	3.00	20990.39	83057.01	0.005	697	139561
2	6.00	20990.39	197818.03	0.012	1673	138864
3	9.00	20990.39	328648.86	0.019	2649	137191
4	12.00	20990.39	471145.91	0.028	3904	134542
5	15.00	20990.39	622998.16	0.036	5019	130638
6	18.00	20990.39	782747.49	0.046	6413	125619
7	21.00	20990.39	949377.78	0.056	7808	119206
8	24.00	20990.39	1122134.67	0.066	9202	111398
9	27.00	20990.39	1300432.88	0.076	10596	102196
10	30.00	20990.39	1483803.25	0.087	12130	91600
11	33.00	20990.39	1671860.21	0.098	13663	79470
12	36.00	20990.39	1864280.42	0.109	15197	65807
13	39.00	20990.39	2060788.38	0.121	16870	50610
14	42.00	20990.39	2261146.07	0.132	18404	33740
15	45.00	15960.86	1874469.40	0.110	15336	15336
$\Sigma$		<b>309826.32</b>	<b>17074708.53</b>	<b>1.00</b>	<b>139561</b>	<b>1475780</b>

Tabla 43.

*Aplicación de las fuerzas sísmicas F.H.E calculadas para edificio 15 niveles al modelo Etabs.*

Case	Type	Story	Diaphragm	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	X	Y	Z
SISMX	USER_LOADS	N+15	D15	15336	0	0	0	0	-23387.4	36.223	12.413	45
SISMX	USER_LOADS	N+14	D14	18404	0	0	0	0	-28066.1	36.223	12.413	42
SISMX	USER_LOADS	N+13	D13	16870	0	0	0	0	-25726.75	36.223	12.413	39
SISMX	USER_LOADS	N+12	D12	15197	0	0	0	0	-23175.43	36.223	12.413	36
SISMX	USER_LOADS	N+11	D11	13663	0	0	0	0	-20836.08	36.223	12.413	33
SISMX	USER_LOADS	N+10	D10	12130	0	0	0	0	-18498.25	36.223	12.413	30
SISMX	USER_LOADS	N+9	D9	10596	0	0	0	0	-16158.9	36.223	12.413	27
SISMX	USER_LOADS	N+8	D8	9202	0	0	0	0	-14033.05	36.223	12.413	24
SISMX	USER_LOADS	N+7	D7	7808	0	0	0	0	-11907.2	36.223	12.413	21
SISMX	USER_LOADS	N+6	D6	6413	0	0	0	0	-9779.825	36.223	12.413	18
SISMX	USER_LOADS	N+5	D5	5019	0	0	0	0	-7653.975	36.223	12.413	15
SISMX	USER_LOADS	N+4	D4	3904	0	0	0	0	-5953.6	36.223	12.413	12
SISMX	USER_LOADS	N+3	D3	2649	0	0	0	0	-4039.725	36.223	12.413	9
SISMX	USER_LOADS	N+2	D2	1673	0	0	0	0	-2551.325	36.223	12.413	6
SISMX	USER_LOADS	N+1	D1	697	0	0	0	0	-1062.925	34.6	14.01	3
SISMY	USER_LOADS	N+15	D15	0	15336	0	0	0	53062.56	36.223	12.413	45
SISMY	USER_LOADS	N+14	D14	0	18404	0	0	0	63677.84	36.223	12.413	42
SISMY	USER_LOADS	N+13	D13	0	16870	0	0	0	58370.2	36.223	12.413	39
SISMY	USER_LOADS	N+12	D12	0	15197	0	0	0	52581.62	36.223	12.413	36
SISMY	USER_LOADS	N+11	D11	0	13663	0	0	0	47273.98	36.223	12.413	33
SISMY	USER_LOADS	N+10	D10	0	12130	0	0	0	41969.8	36.223	12.413	30
SISMY	USER_LOADS	N+9	D9	0	10596	0	0	0	36662.16	36.223	12.413	27
SISMY	USER_LOADS	N+8	D8	0	9202	0	0	0	31838.92	36.223	12.413	24
SISMY	USER_LOADS	N+7	D7	0	7808	0	0	0	27015.68	36.223	12.413	21
SISMY	USER_LOADS	N+6	D6	0	6413	0	0	0	22188.98	36.223	12.413	18
SISMY	USER_LOADS	N+5	D5	0	5019	0	0	0	17365.74	36.223	12.413	15
SISMY	USER_LOADS	N+4	D4	0	3904	0	0	0	13507.84	36.223	12.413	12
SISMY	USER_LOADS	N+3	D3	0	2649	0	0	0	9165.54	36.223	12.413	9
SISMY	USER_LOADS	N+2	D2	0	1673	0	0	0	5788.58	36.223	12.413	6
SISMY	USER_LOADS	N+1	D1	0	697	0	0	0	2411.62	34.6	14.01	3



### 3.13.1 Distribución aproximada de las fuerzas sísmicas

Tabla 44.

*Distribución aproximada de las fuerzas sísmicas F.H.E en sentido x y sentido y*

Nivel de Piso	Fj[KN]	PORTICO SENTIDO X	PORTICO SENTIDO Y
1	697	77.46	174.28
2	1673	185.90	418.27
3	2649	294.33	662.25
4	3904	433.76	975.95
5	5019	557.69	1254.80
6	6413	712.60	1603.35
7	7808	867.51	1951.91
8	9202	1022.43	2300.46
9	10596	1177.34	2649.01
10	12130	1347.74	3032.43
11	13663	1518.15	3415.84
12	15197	1688.55	3799.25
13	16870	1874.45	4217.51
14	18404	2044.85	4600.92
15	15336	1704.04	3834.10

Tabla 45.

*Sismo actuando en el eje x y sus desplazamientos del centro de masa de cada piso.*

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	Point	X	Y	Z
N+15	D15	SISMX	0.686	-0.0008	0	0	0	-0.00015	781	36.223	12.413	45
N+14	D14	SISMX	0.651	-0.0007	0	0	0	-0.00014	782	36.223	12.413	42
N+13	D13	SISMX	0.611	-0.0006	0	0	0	-0.00012	783	36.223	12.413	39
N+12	D12	SISMX	0.568	-0.0006	0	0	0	-0.00011	784	36.223	12.413	36
N+11	D11	SISMX	0.521	-0.0005	0	0	0	-0.0001	785	36.223	12.413	33
N+10	D10	SISMX	0.471	-0.0004	0	0	0	-0.00008	786	36.223	12.413	30
N+9	D9	SISMX	0.418	-0.0004	0	0	0	-0.00007	787	36.223	12.413	27
N+8	D8	SISMX	0.363	-0.0003	0	0	0	-0.00006	788	36.223	12.413	24
N+7	D7	SISMX	0.307	-0.0002	0	0	0	-0.00004	789	36.223	12.413	21
N+6	D6	SISMX	0.250	-0.0002	0	0	0	-0.00003	790	36.223	12.413	18
N+5	D5	SISMX	0.195	-0.0001	0	0	0	-0.00002	791	36.223	12.413	15
N+4	D4	SISMX	0.142	-0.0001	0	0	0	-0.00001	792	36.223	12.413	12
N+3	D3	SISMX	0.094	0	0	0	0	0	793	36.223	12.413	9
N+2	D2	SISMX	0.053	0	0	0	0	0	794	36.223	12.413	6
N+1	D1	SISMX	0.019	0	0	0	0	0	795	34.600	14.010	3

*Tabla 46.*  
*Derivas obtenidas para piso edificio 15 niveles*

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
N+15	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	45	0.011903	
N+15	Max Drift Y	SISMX	358	69.2	26.675	45		0.000174
N+15	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	45	0.001724	
N+15	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	45		0.017844
N+14	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	42	0.013313	
N+14	Max Drift Y	SISMX	384	69.2	0	42		0.000165
N+14	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	42	0.001843	
N+14	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	42		0.019466
N+13	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	39	0.014456	
N+13	Max Drift Y	SISMX	384	69.2	0	39		0.000163
N+13	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	39	0.001931	
N+13	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	39		0.020643
N+12	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	36	0.015646	
N+12	Max Drift Y	SISMX	384	69.2	0	36		0.000165
N+12	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	36	0.002022	
N+12	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	36		0.021811
N+11	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	33	0.016758	
N+11	Max Drift Y	SISMX	384	69.2	0	33		0.000166
N+11	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	33	0.002102	
N+11	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	33		0.022845
N+10	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	30	0.017711	
N+10	Max Drift Y	SISMX	384	69.2	0	30		0.000167
N+10	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	30	0.002161	
N+10	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	30		0.023654
N+9	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	27	0.018429	
N+9	Max Drift Y	SISMX	384	69.2	0	27		0.000167
N+9	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	27	0.002193	
N+9	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	27		0.024156
N+8	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	24	0.018845	
N+8	Max Drift Y	SISMX	384	69.2	0	24		0.000163
N+8	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	24	0.002191	
N+8	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	24		0.024275
N+7	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	21	0.018892	
N+7	Max Drift Y	SISMX	384	69.2	0	21		0.000155
N+7	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	21	0.002146	
N+7	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	21		0.023938

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	DriftX	DriftY
N+6	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	18	0.018498	
N+6	Max Drift Y	SISMX	384	69.2	0	18		0.000142
N+6	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	18	0.002053	
N+6	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	18		0.023071
N+5	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	15	0.01759	
N+5	Max Drift Y	SISMX	366	69.2	2.625	15		0.000123
N+5	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	15	0.001905	
N+5	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	15		0.021600
N+4	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	12	0.016096	
N+4	Max Drift Y	SISMX	384	69.2	0	12		0.000097
N+4	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	12	0.001695	
N+4	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	12		0.019457
N+3	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	9	0.013908	
N+3	Max Drift Y	SISMX	384	69.2	0	9		0.000060
N+3	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	9	0.001414	
N+3	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	9		0.016550
N+2	Max Drift X	SISMX	341	63.933	29.3	6	0.01101	
N+2	Max Drift Y	SISMX	384	69.2	0	6		0.000011
N+2	Max Drift X	SISMY	341	63.933	29.3	6	0.001064	
N+2	Max Drift Y	SISMY	384	69.2	0	6		0.012863
N+1	Max Drift X	SISMX	33	66.6	0	3	0.006493	
N+1	Max Drift Y	SISMX	4	0	29.3	3		0.000027
N+1	Max Drift X	SISMY	36	66.6	29.3	3	0.000581	
N+1	Max Drift Y	SISMY	36	66.6	29.3	3		0.006942

Tomado de Etabs.

Tabla 47.

*Calculo del nuevo periodo T para sismo en x*

Nivel de Piso	h [m]	WKN	mi	Fj	di m	mi* di^2	Fi*di
1	3.00	20990.39	2139.69	697	0.00649	0.090	4.53
2	6.00	20990.39	2139.69	1673	0.01101	0.259	18.42
3	9.00	20990.39	2139.69	2649	0.01391	0.414	36.84
4	12.00	20990.39	2139.69	3904	0.01610	0.554	62.84
5	15.00	20990.39	2139.69	5019	0.01759	0.662	88.29
6	18.00	20990.39	2139.69	6413	0.01850	0.732	118.64
7	21.00	20990.39	2139.69	7808	0.01889	0.764	147.50
8	24.00	20990.39	2139.69	9202	0.01885	0.760	173.41
9	27.00	20990.39	2139.69	10596	0.01843	0.727	195.27
10	30.00	20990.39	2139.69	12130	0.01771	0.671	214.83

Nivel de Piso	h [m]	WKN	mi	Fj	di m	mi* di^2	Fi*di
11	33.00	20990.39	2139.69	13663	0.01676	0.601	228.97
12	36.00	20990.39	2139.69	15197	0.01565	0.524	237.77
13	39.00	20990.39	2139.69	16870	0.01446	0.447	243.87
14	42.00	20990.39	2139.69	18404	0.01331	0.379	245.01
15	45.00	15960.86	1627.00	15336	0.01190	0.231	182.55
<b>Σ</b>		<b>309826.32</b>	<b>31582.70</b>			<b>7.815</b>	<b>2198.735</b>

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{7.815}{2198.7358}} = 0.37 \text{ seg} \quad T_a = 1.45 \quad T < 1.2T_a \quad 0.37 < 1.2 * 1.45$$

$$0.37 \text{seg} < 1.73 \text{seg} \Rightarrow \text{cumple}$$

Tabla 48.

Calculo del nuevo periodo  $T$  para sismo en y

Nivel de Piso	h [m]	WKN	mi	Fj	di m	mi* di^2	Fi*di
1	3.00	20990.39	2139.69	697	0.00694	0.103	4.84
2	6.00	20990.39	2139.69	1673	0.01286	0.354	21.52
3	9.00	20990.39	2139.69	2649	0.01655	0.586	43.84
4	12.00	20990.39	2139.69	3904	0.01946	0.810	75.96
5	15.00	20990.39	2139.69	5019	0.02160	0.998	108.41
6	18.00	20990.39	2139.69	6413	0.02307	1.139	147.96
7	21.00	20990.39	2139.69	7808	0.02394	1.226	186.90
8	24.00	20990.39	2139.69	9202	0.02428	1.261	223.37
9	27.00	20990.39	2139.69	10596	0.02416	1.249	255.96
10	30.00	20990.39	2139.69	12130	0.02365	1.197	286.92
11	33.00	20990.39	2139.69	13663	0.02285	1.117	312.14
12	36.00	20990.39	2139.69	15197	0.02181	1.018	331.46
13	39.00	20990.39	2139.69	16870	0.02064	0.912	348.25
14	42.00	20990.39	2139.69	18404	0.01947	0.811	358.25
15	45.00	15960.86	1627.00	15336	0.01784	0.518	273.66
<b>Σ</b>		<b>309826.32</b>	<b>31582.70</b>			<b>13.298</b>	<b>2979.441</b>

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{13.298}{2979.441}} = 0.42 \text{seg} \quad T_a = 1.45 \quad T < 1.2T_a \quad 0.42 < 1.2 * 1.45$$

$$0.42 \text{seg} < 1.73 \text{seg} \Rightarrow \text{cumple}$$

### 3.13.2 Comprobación de la deriva

Tabla 49.

Verificación de deriva  $D_{max}$

Nivel de Piso	$D_{max}$ cm	1%H cm	Cumple
15	1.19	3	ok
14	1.33	3	ok
13	1.45	3	ok
12	1.56	3	ok
11	1.68	3	ok
10	1.77	3	ok
9	1.84	3	ok
8	1.88	3	ok
7	1.89	3	ok
6	1.85	3	ok
5	1.76	3	ok
4	1.61	3	ok
3	1.39	3	ok
2	1.10	3	ok
1	0.65	3	ok

Tabla 50.

Resultados del cortante basal.

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
N+15	SISMX	Top	0	-15336	0	213751.466	0	0
N+15	SISMX	Bottom	0	-15336	0	213751.466	0	-46008
N+15	SISMY	Top	0	0	-15336	-608574.226	0	0
N+15	SISMY	Bottom	0	0	-15336	-608574.226	46008	0
N+14	SISMX	Top	0	-33740	0	470264.376	0	-46008
N+14	SISMX	Bottom	0	-33740	0	470264.376	0	-147228
N+14	SISMY	Top	0	0	-33740	-1338895.04	46008	0
N+14	SISMY	Bottom	0	0	-33740	-1338895.04	147228	0
N+13	SISMX	Top	0	-50610	0	705396.564	0	-147228
N+13	SISMX	Bottom	0	-50610	0	705396.564	0	-299058
N+13	SISMY	Top	0	0	-50610	-2008342.57	147228	0
N+13	SISMY	Bottom	0	0	-50610	-2008342.57	299058	0
N+12	SISMX	Top	0	-65807	0	917210.663	0	-299058
N+12	SISMX	Bottom	0	-65807	0	917210.663	0	-496479
N+12	SISMY	Top	0	0	-65807	-2611400.89	299058	0
N+12	SISMY	Bottom	0	0	-65807	-2611400.89	496479	0
N+11	SISMX	Top	0	-79470	0	1107644.04	0	-496479
N+11	SISMX	Bottom	0	-79470	0	1107644.04	0	-734889

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
N+11	SISMY	Top	0	0	-79470	-3153585.93	496479	0
N+11	SISMY	Bottom	0	0	-79470	-3153585.93	734889	0
N+10	SISMX	Top	0	-91600	0	1276710.64	0	-734889
N+10	SISMX	Bottom	0	-91600	0	1276710.64	0	-1009689
N+10	SISMY	Top	0	0	-91600	-3634937.35	734889	0
N+10	SISMY	Bottom	0	0	-91600	-3634937.35	1009689	0
N+9	SISMX	Top	0	-102196	0	1424396.51	0	-1009689
N+9	SISMX	Bottom	0	-102196	0	1424396.51	0	-1316277
N+9	SISMY	Top	0	0	-102196	-4055415.47	1009689	0
N+9	SISMY	Bottom	0	0	-102196	-4055415.47	1316277	0
N+8	SISMX	Top	0	-111398	0	1552652.96	0	-1316277
N+8	SISMX	Bottom	0	-111398	0	1552652.96	0	-1650471
N+8	SISMY	Top	0	0	-111398	-4420575.88	1316277	0
N+8	SISMY	Bottom	0	0	-111398	-4420575.88	1650471	0
N+7	SISMX	Top	0	-119206	0	1661480	0	-1650471
N+7	SISMX	Bottom	0	-119206	0	1661480	0	-2008089
N+7	SISMY	Top	0	0	-119206	-4730418.57	1650471	0
N+7	SISMY	Bottom	0	0	-119206	-4730418.57	2008089	0
N+6	SISMX	Top	0	-125619	0	1750863.68	0	-2008089
N+6	SISMX	Bottom	0	-125619	0	1750863.68	0	-2384946
N+6	SISMY	Top	0	0	-125619	-4984903.87	2008089	0
N+6	SISMY	Bottom	0	0	-125619	-4984903.87	2384946	0
N+5	SISMX	Top	0	-130638	0	1820817.95	0	-2384946
N+5	SISMX	Bottom	0	-130638	0	1820817.95	0	-2776860
N+5	SISMY	Top	0	0	-130638	-5184071.45	2384946	0
N+5	SISMY	Bottom	0	0	-130638	-5184071.45	2776860	0
N+4	SISMX	Top	0	-134542	0	1875231.47	0	-2776860
N+4	SISMX	Bottom	0	-134542	0	1875231.47	0	-3180486
N+4	SISMY	Top	0	0	-134542	-5338992.8	2776860	0
N+4	SISMY	Bottom	0	0	-134542	-5338992.8	3180486	0
N+3	SISMX	Top	0	-137191	0	1912152.93	0	-3180486
N+3	SISMX	Bottom	0	-137191	0	1912152.93	0	-3592059
N+3	SISMY	Top	0	0	-137191	-5444112.33	3180486	0
N+3	SISMY	Bottom	0	0	-137191	-5444112.33	3592059	0
N+2	SISMX	Top	0	-138864	0	1935471.02	0	-3592059
N+2	SISMX	Bottom	0	-138864	0	1935471.02	0	-4008651
N+2	SISMY	Top	0	0	-138864	-5510501.52	3592059	0
N+2	SISMY	Bottom	0	0	-138864	-5510501.52	4008651	0
N+1	SISMX	Top	0	-139561	0	1946298.72	0	-4008651
N+1	SISMX	Bottom	0	-139561	0	1946298.72	0	-4427334
N+1	SISMY	Top	0	0	-139561	-5537029.34	4008651	0
N+1	SISMY	Bottom	0	0	-139561	-5537029.34	4427334	0

#### 4. Conclusiones

Una vez calculado, asignado cargas y modelado el edificio de 10 pisos en Etabs versión 9.7.4, se analiza los resultados en cada uno de los 12 modos de vibración del programa y se controla que todas las derivas cumplan para cada uno de estos modos, luego de verificar que los desplazamientos horizontales sobrepasan los límites máximos, se opta por una alternativa para dar rigidez, se colocan muros estructurales en sentido x y en sentido y, para que los desplazamientos estén en los límites permisibles tal como lo indica la NSR-10.

En el desarrollo de esta guía, se comprueba que el método de la fuerza horizontal equivalente es un método práctico, simple y aproximado, las fuerzas laterales que actúan son proporcionales a la altura cumpliendo con las derivas en cada modo de vibración. Se siguieron todas las especificaciones de la norma NSR-10 para el análisis de cada uno de los edificios estudiados.

La tecnología coloca a nuestro servicio programas como el Etabs (Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones) que nos permite evaluar la respuesta sísmica y el desempeño de un edificio sometido a fuerzas laterales, los resultados aquí obtenidos se pueden comparar con otros métodos de análisis sísmico como el modal espectral y el estático no lineal para verificar y tomar decisiones con criterio tanto estructural como económico.

En el ejercicio propuesto la utilización del programa Etabs nos permitió obtener los valores de los desplazamientos de manera muy ágil reduciendo tiempo en el análisis. Los resultados que presenta el programa son consistentes y se generan de forma que el estudiante pueda interpretarlos y verificarlos. Finalmente se hace el chequeo de los desplazamientos máximos por nivel y se cumple el objetivo fundamental de esta guía

Los edificios aporricados son las estructuras más comunes en nuestro país por su economía y buen desempeño sísmico, su rigidez en algunos casos se utiliza para disminuir los desplazamientos sísmicos, pero tal como se comprobó en el desarrollo del ejercicio de aplicación los muros estructurales aportan aún más rigidez, siendo estos una alternativa para estructuras a diseñar ubicadas en zonas de alta actividad sísmica.

El éxito en la ejecución de cualquier proyecto civil específicamente en el diseño y análisis sísmico de edificios radica en el buen criterio a partir de conocimientos sólidos, fundamentados y actualizados de los parámetros mínimos exigidos Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, así como su ejecución debe estar 100% en concordancia con el diseño y según las normas de calidad en materiales, de esta manera se podrá establecer un comportamiento previsible de la estructura ante un sismo donde la vida de las personas sea el primer y más importante requisito en un diseño.



## 5. Referencias

- ASI, A. C. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.NSR-10. Bogotá.
- Bazan, E. y. (1998). Diseño sismico de edificios. Mexico: Limusa.
- Richter, C. F. (1958). Elementary Seismology. California: W. H. Freeman and Company.
- Rochel Awad, R. (2012, p35). Análisis y diseño de edificios. Medellin: Universidad EAFIT.
- Sarria, A. (1995). Ingenieria Sísmica. Bogota: Uniandes.

## ANEXOS

Anexo A

Elementos y dimensiones ejes del edificio de 10 niveles

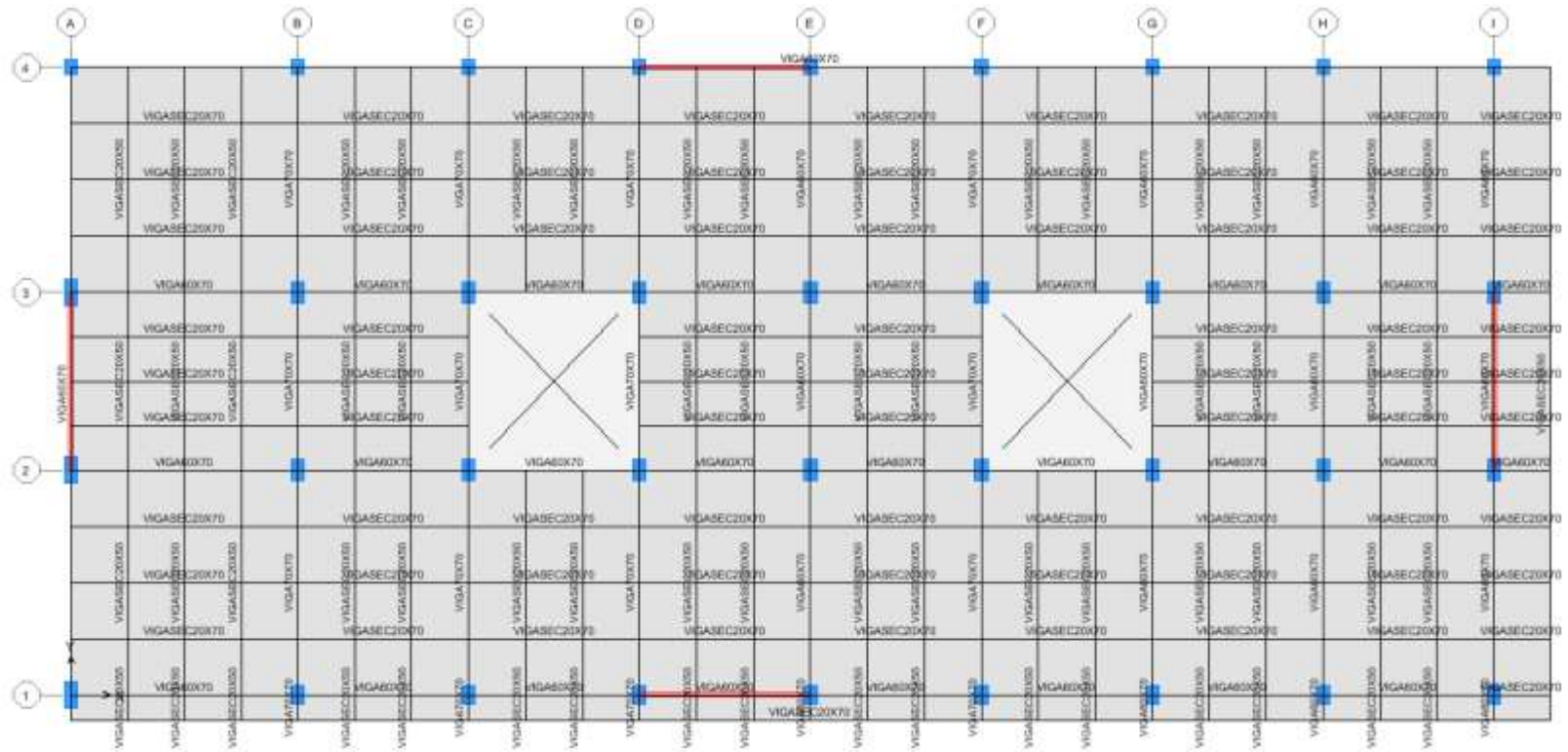
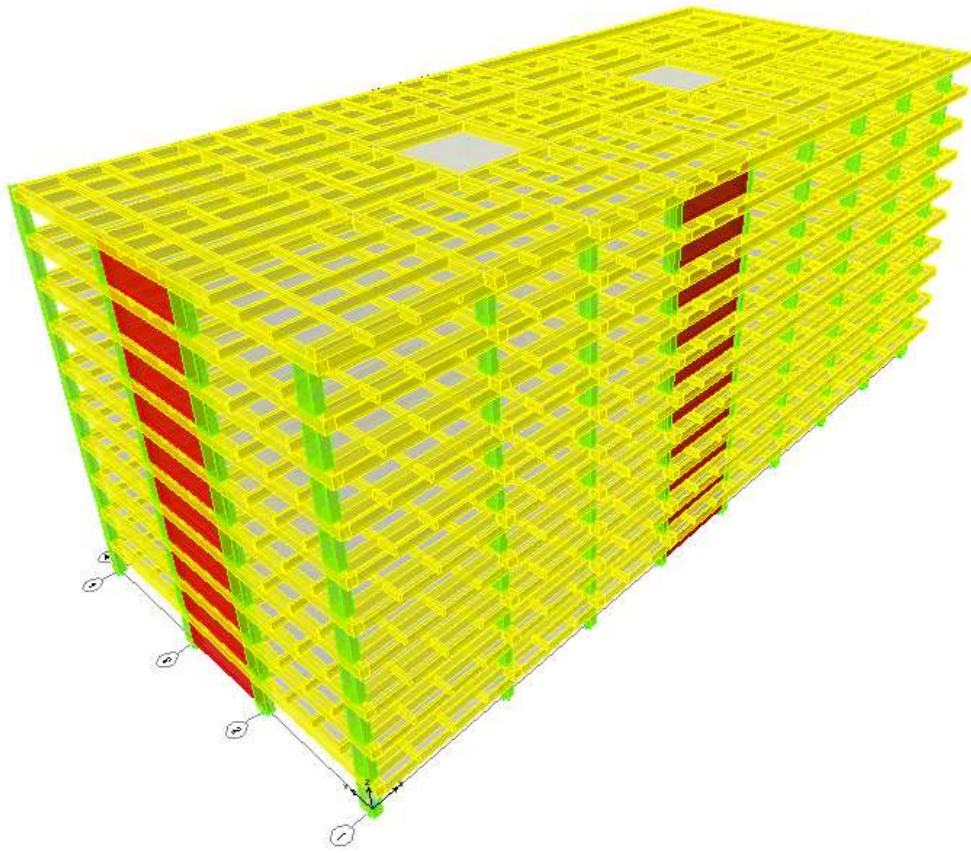


Figura 1. Planta base edificio 10 pisos

Tomado de Etabs



*Figura 2. Modelado Edificio estudio en 3d*

Tomado de Etabs

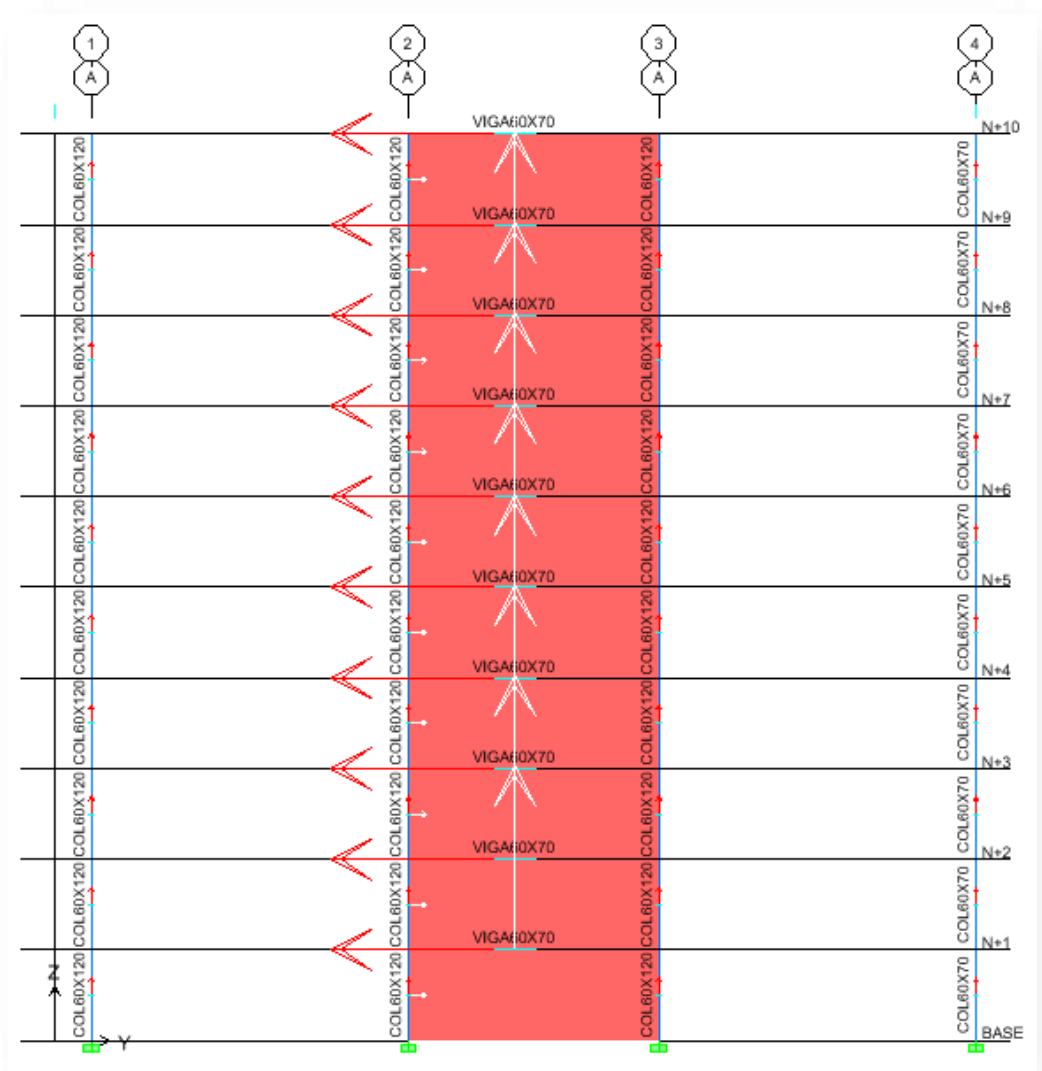


Figura 3. Vista en elevación de elementos eje A.



Figura 4. Vista en elevación de elementos eje B.

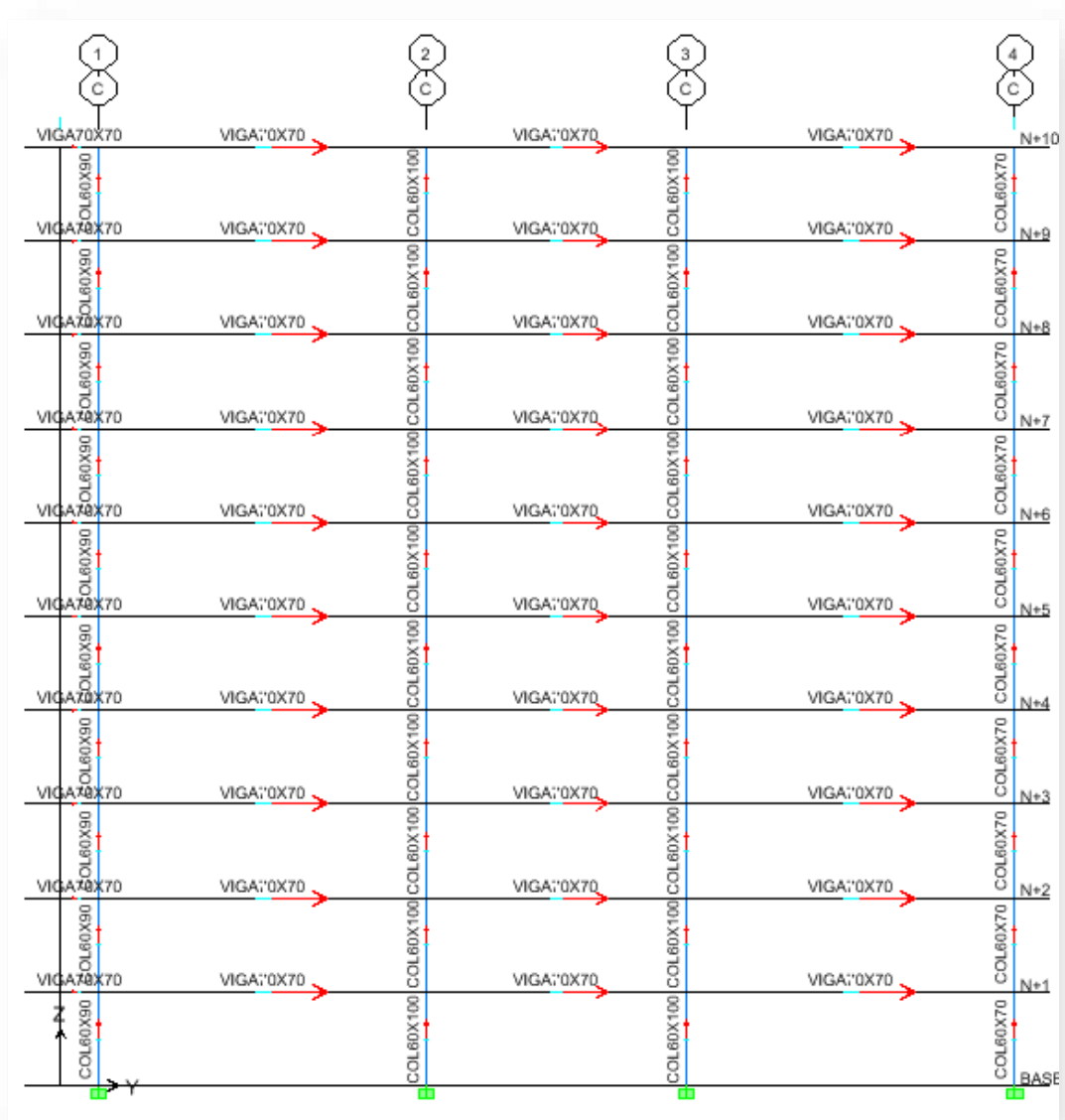


Figura 5. Vista en elevación de elementos eje C.

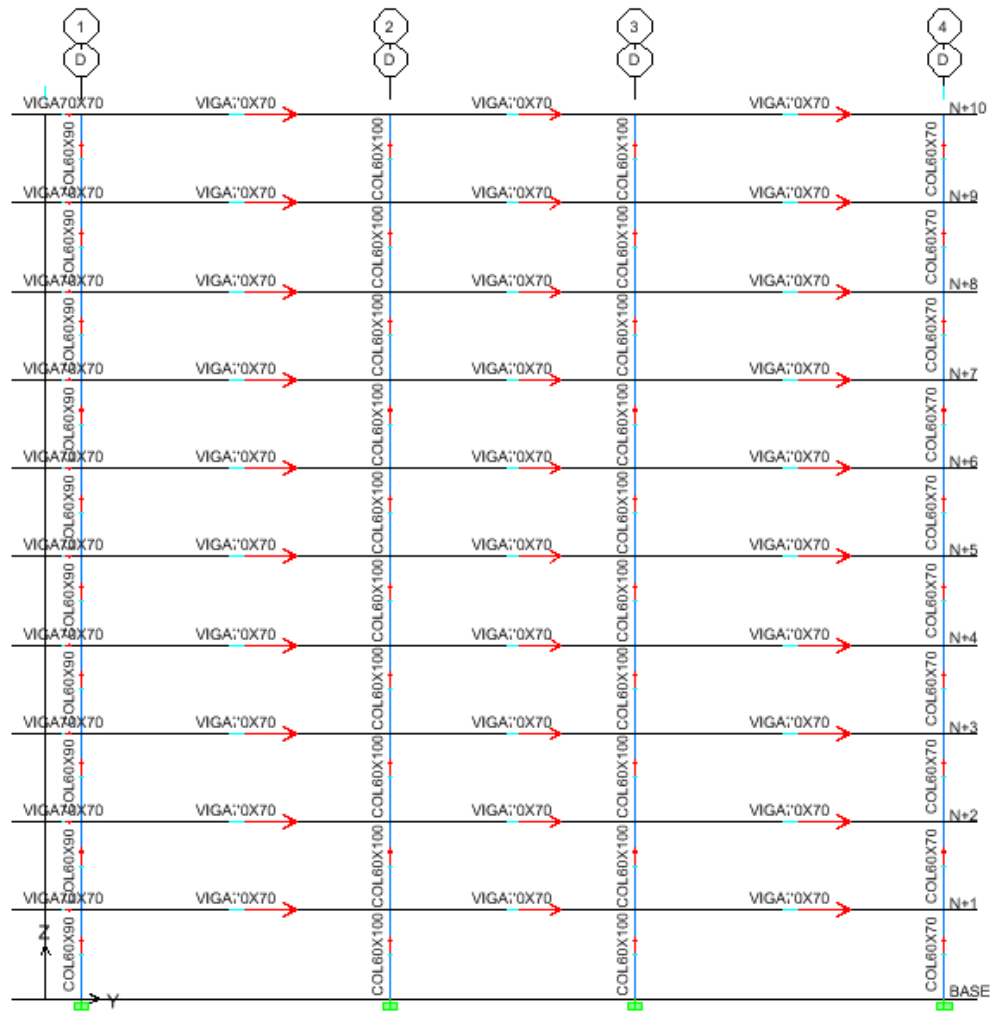


Figura 6. Vista en elevación de elementos eje D.



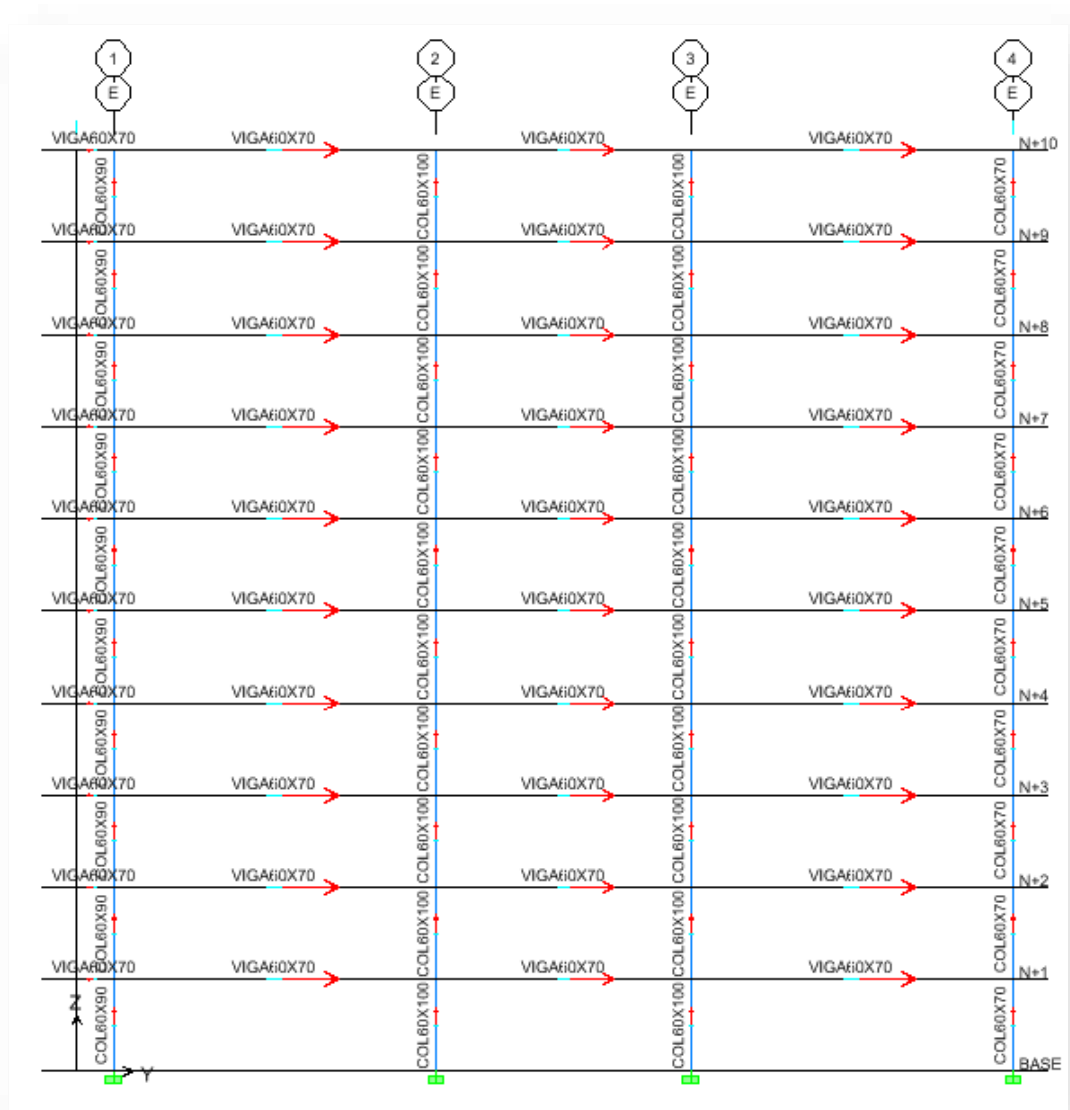


Figura 7. Vista en elevación de elementos eje E.

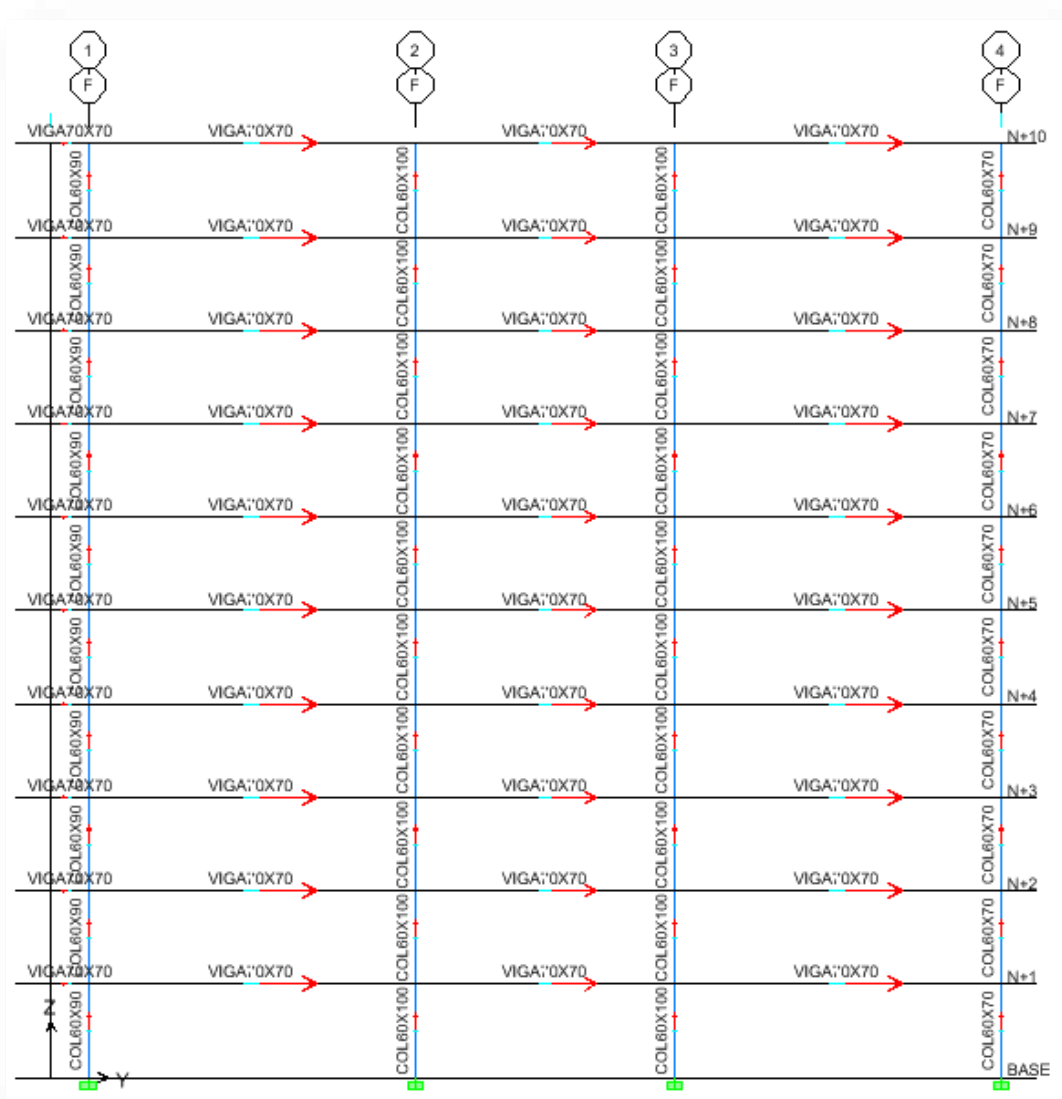


Figura 8. Vista en elevación de elementos eje F.

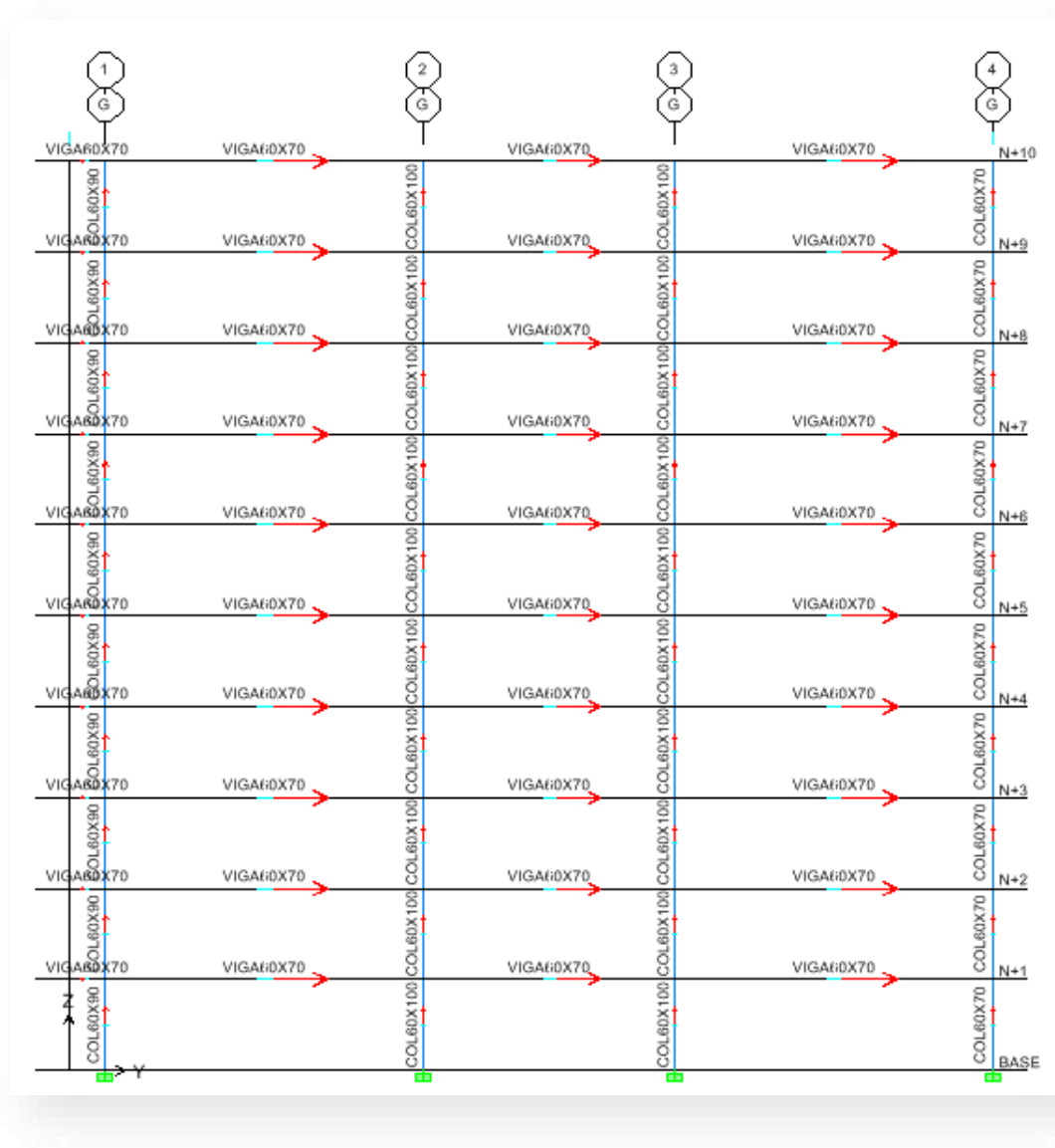


Figura 9. Vista en elevación de elementos eje G.

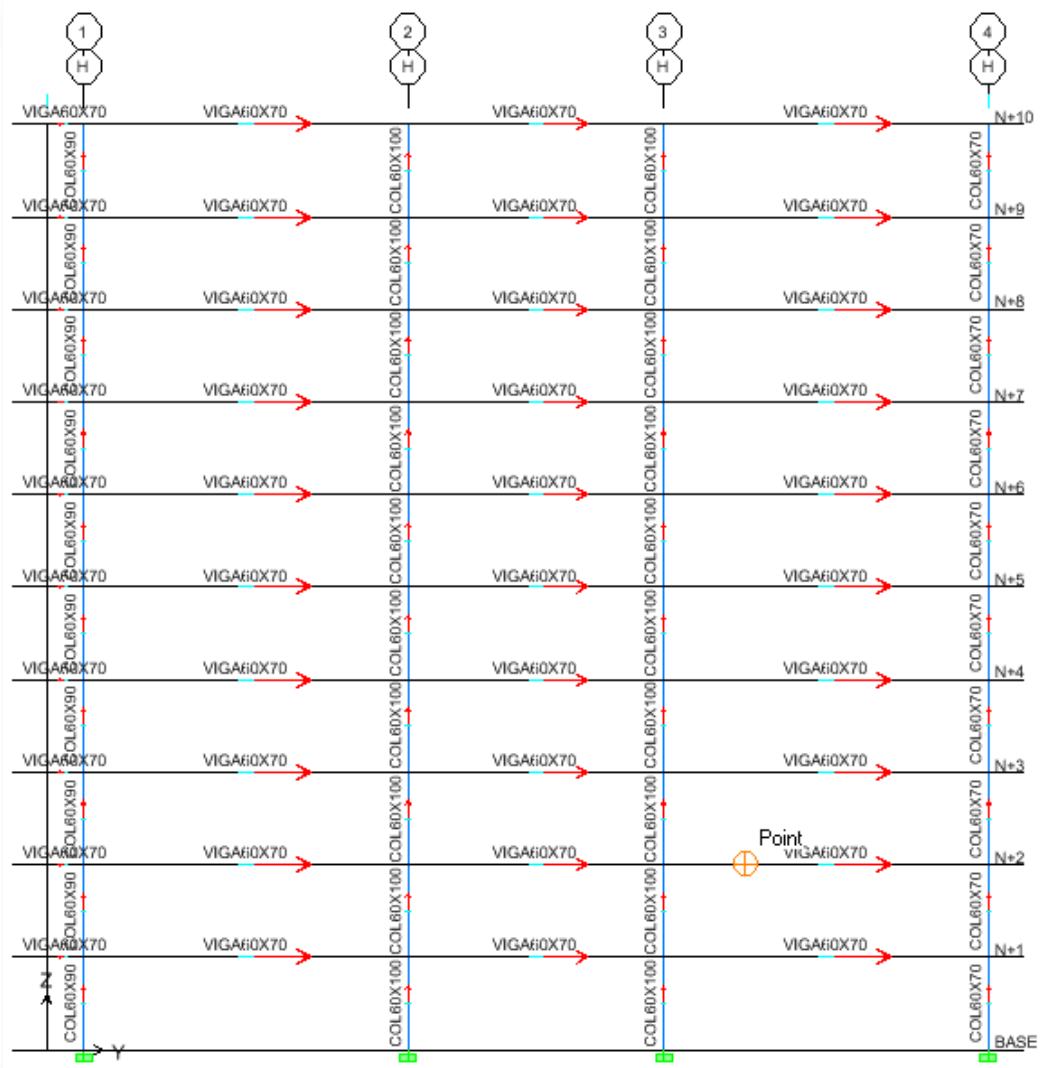


Figura 10. Vista en elevación de elementos eje H.

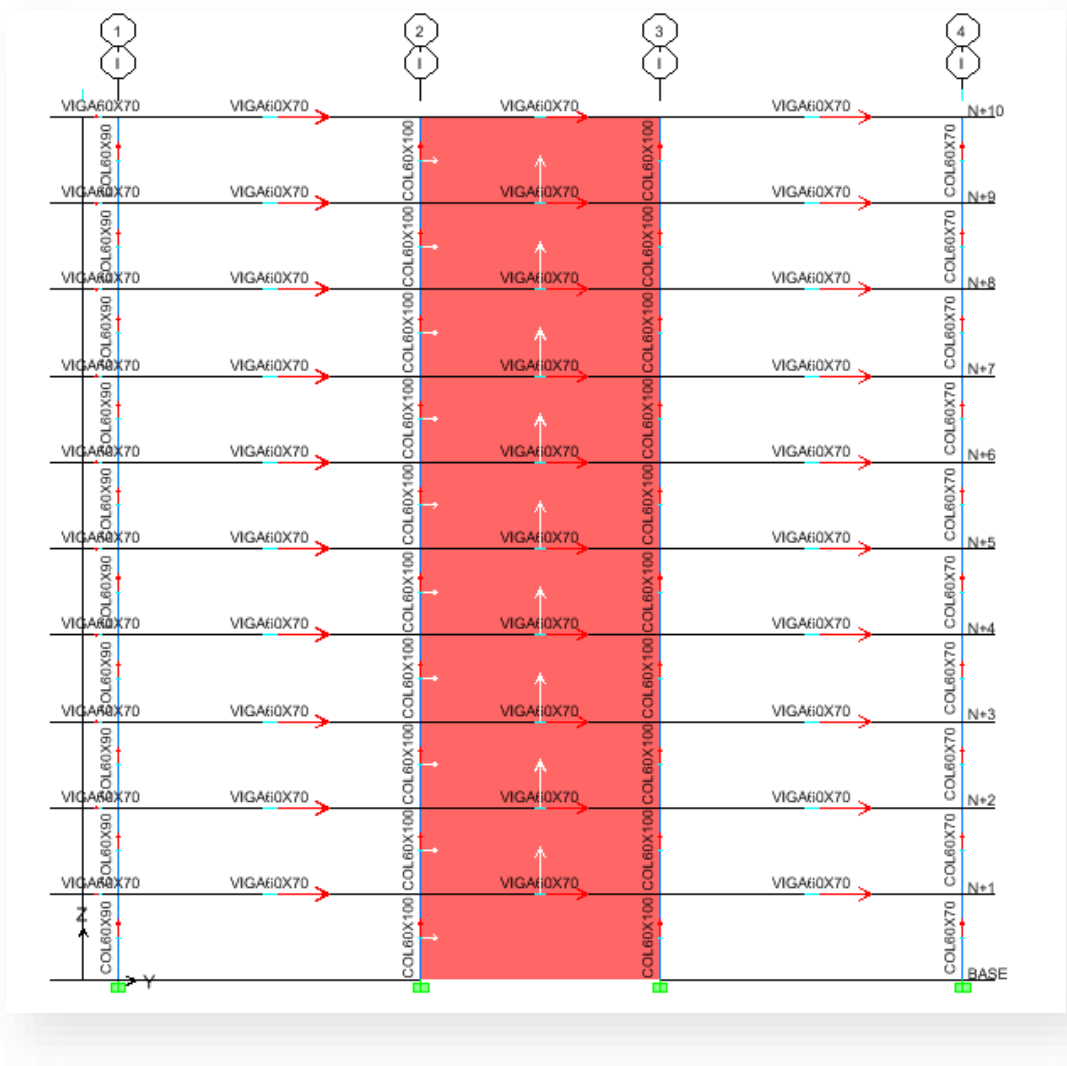


Figura 11. Vista en elevación de elementos eje I.

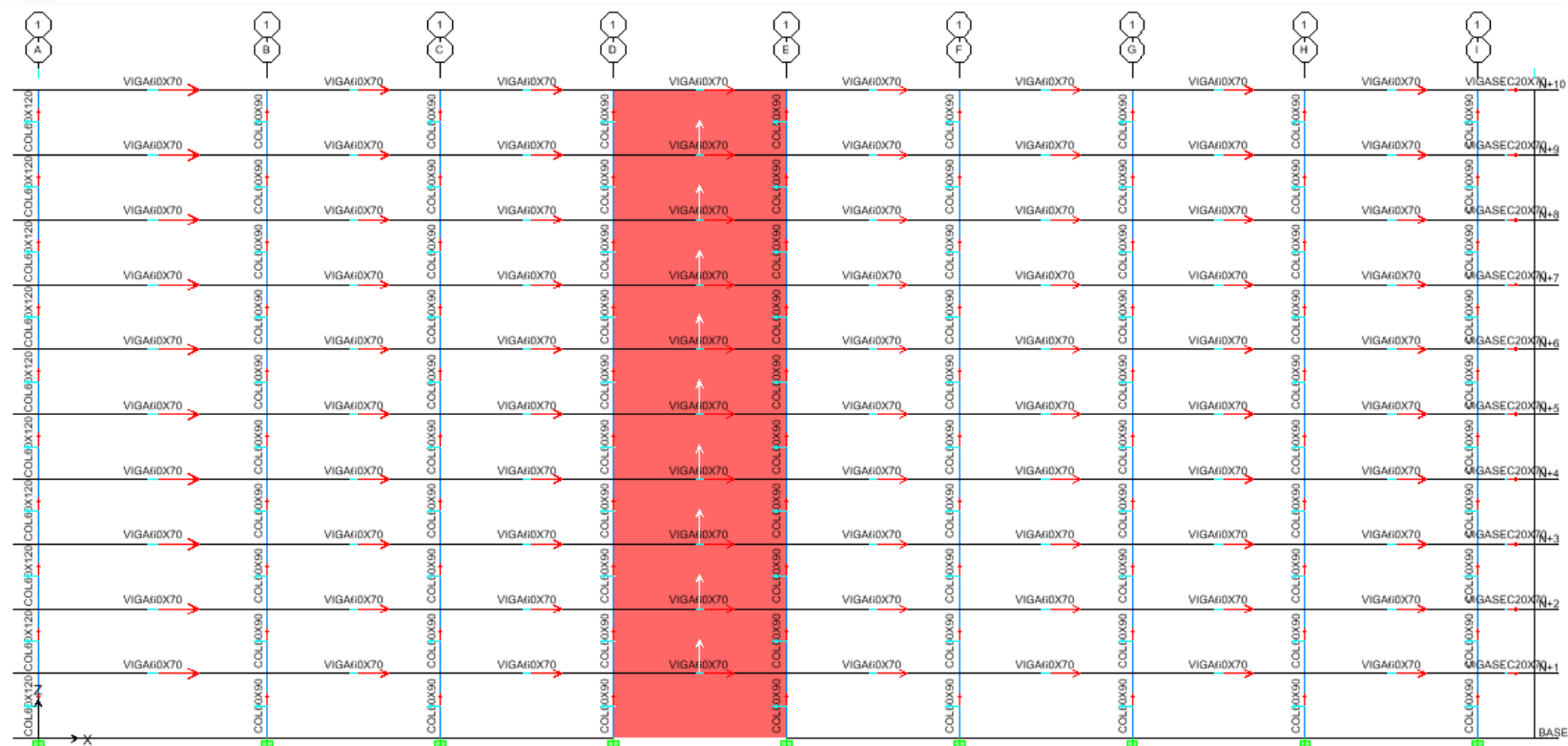


Figura 12. Vista en elevación eje1 .

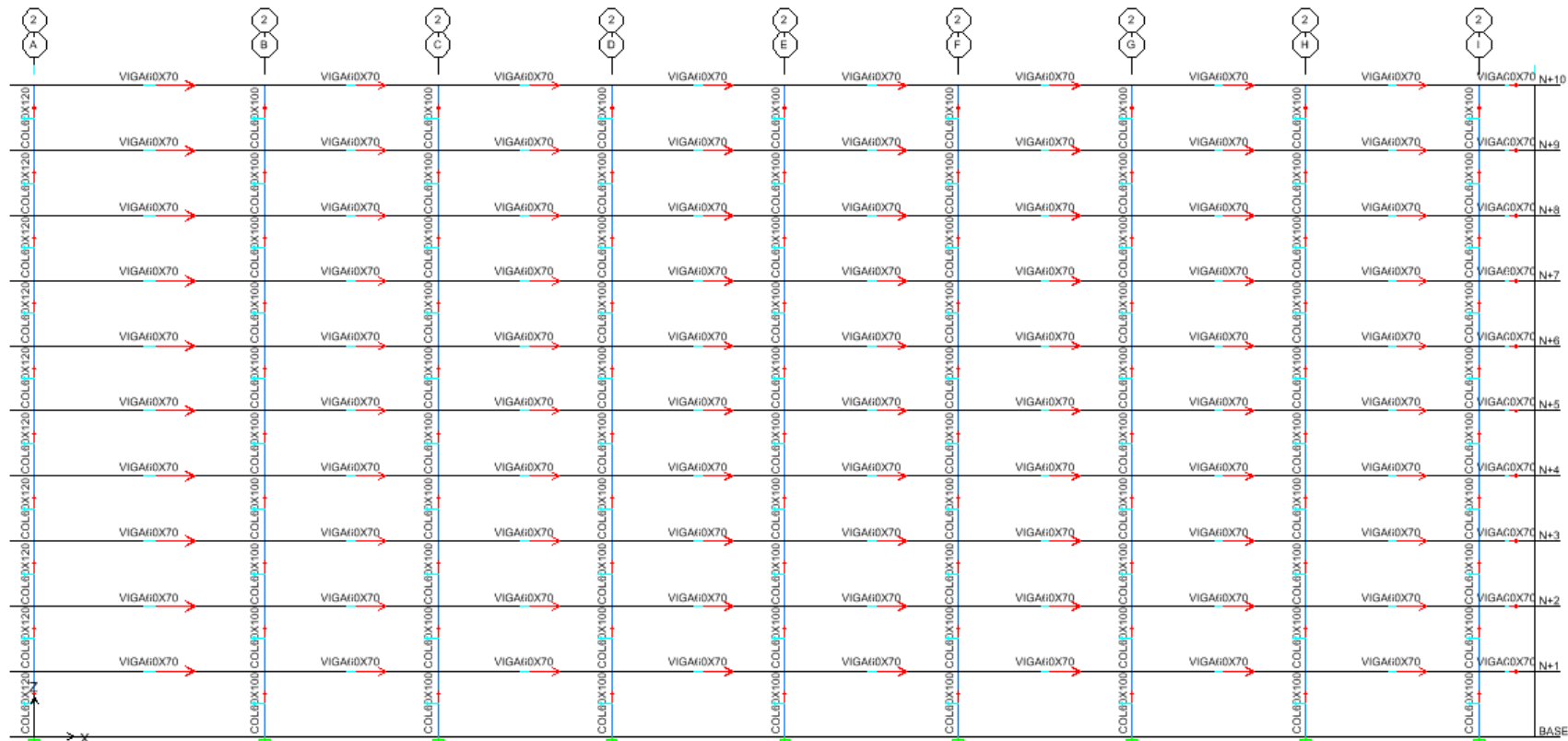


Figura 13. Vista en elevación eje 2.

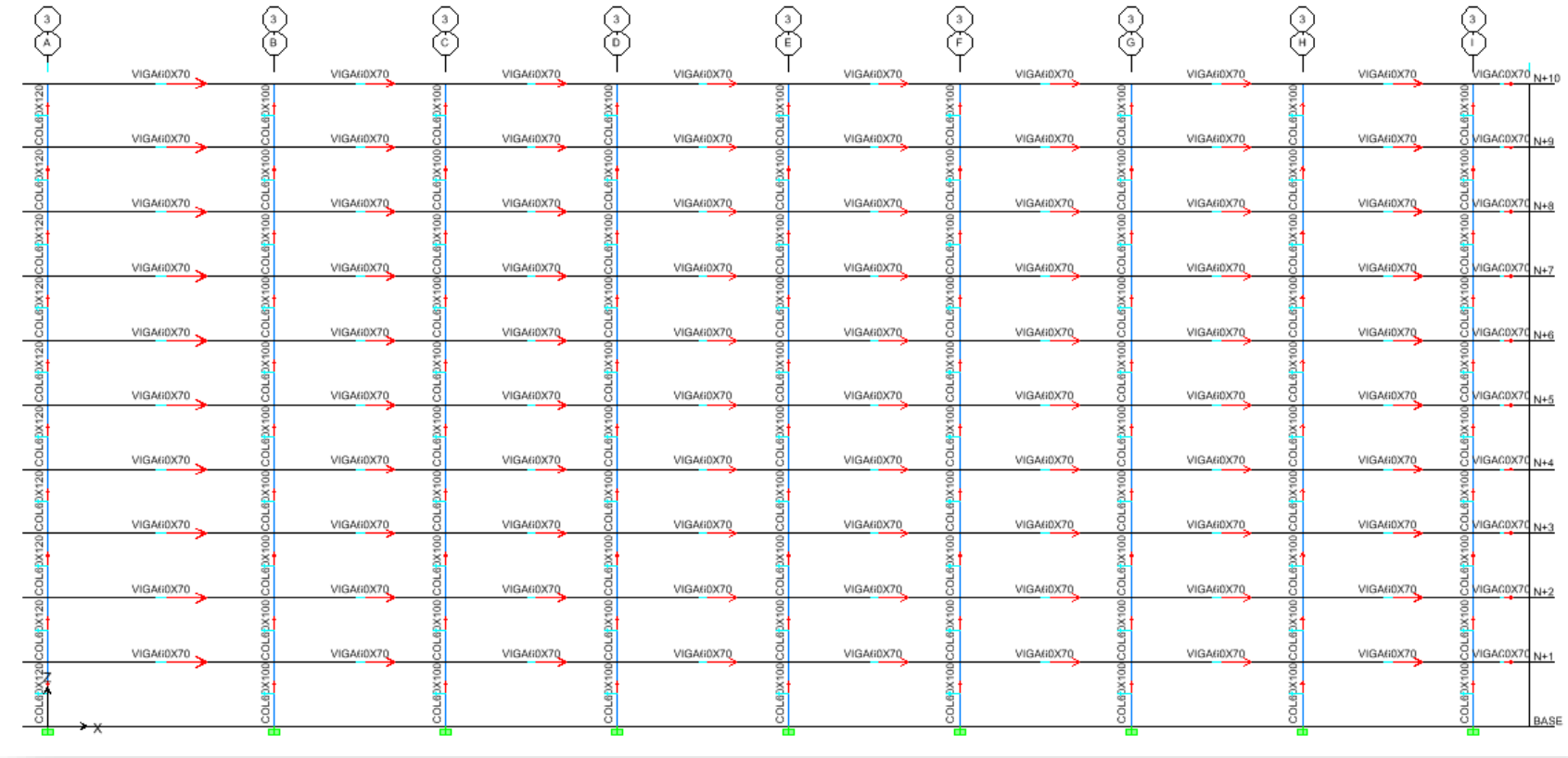


Figura 14. Vista en elevación eje 3.



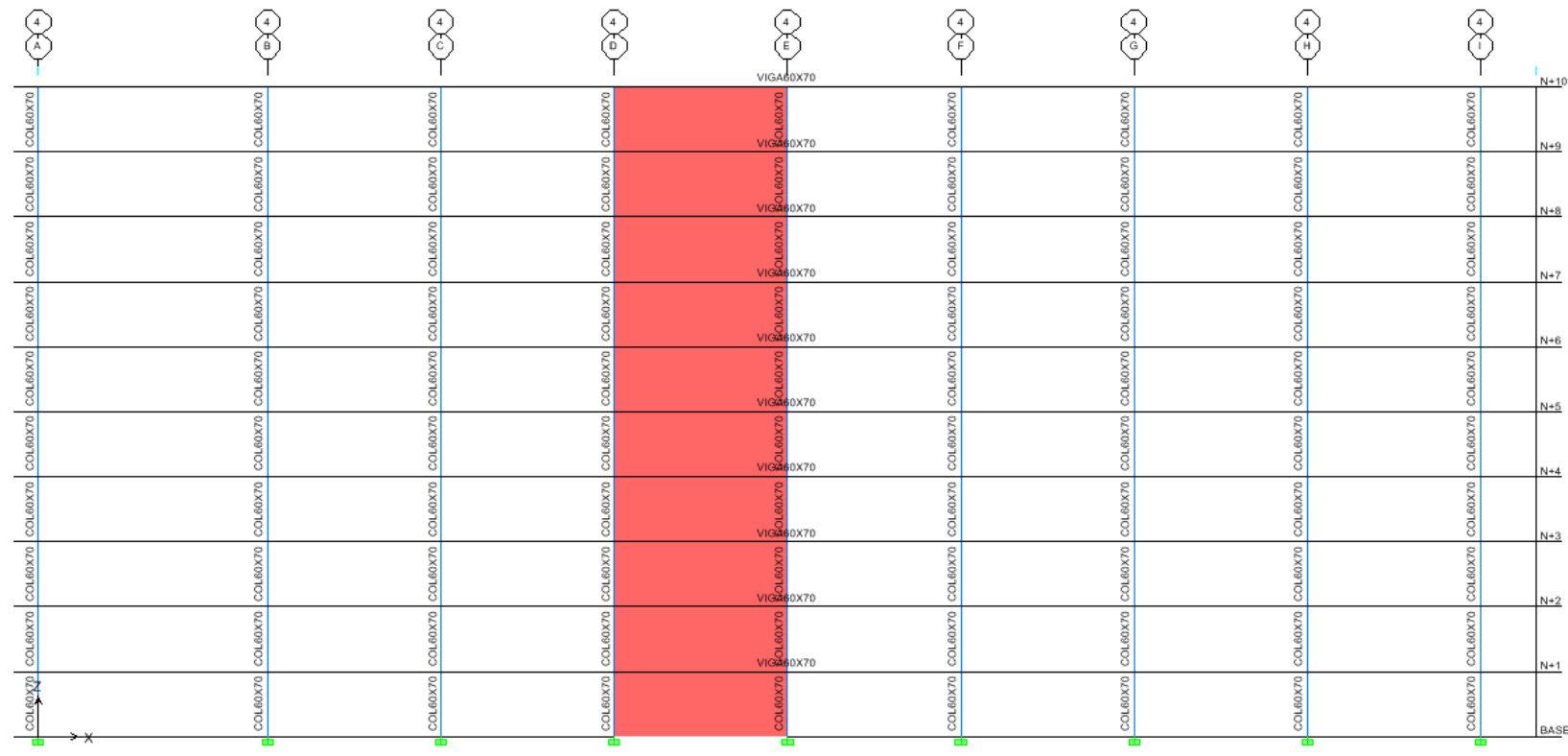


Figura 15. Vista en elevación eje 4.

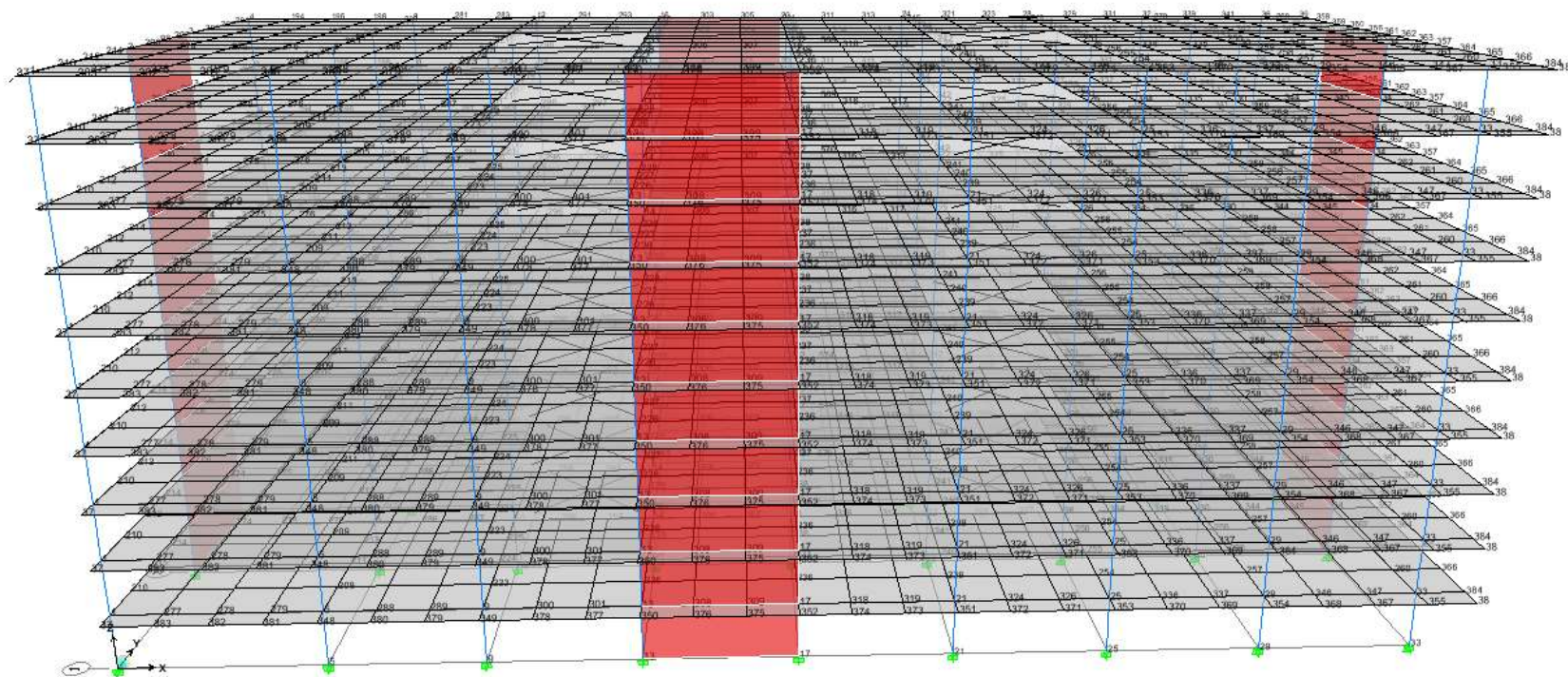
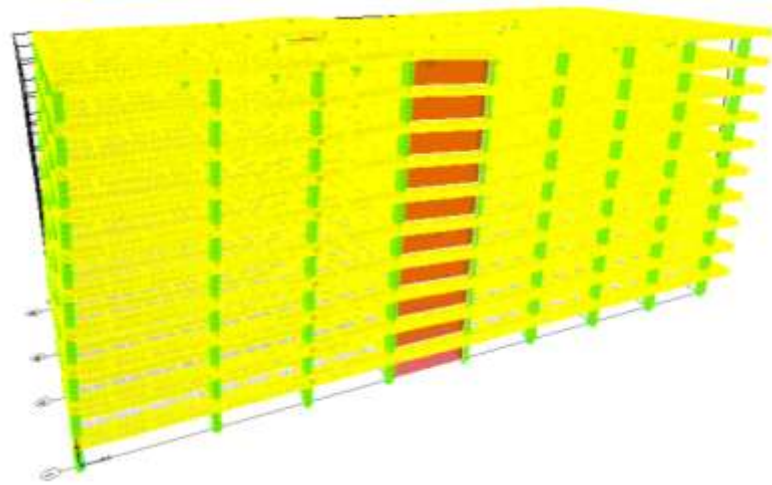
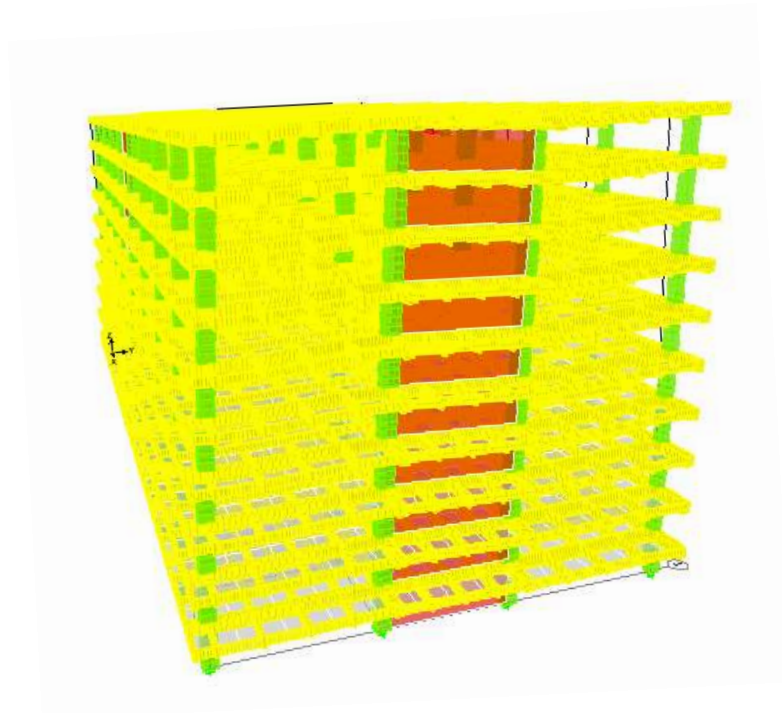


Figura 16. Configuración nudos edificio 10 niveles



*Figura 17. Deformada del edificio para el caso del sismo en X*



*Figura 18. Deformada del edificio para el caso del sismo en Y.*

## Anexo B

## 2. Tablas de Resultados modelamiento en Etabs 9.7.4 edificio de 10 niveles

ETABS v9.7.4 File:EDIFICIO MODELO 10 PISOS FHE Units: KN-m noviembre 17, 2014 15:10  
PAGE 1

## PROJECT INFORMATION

Company Name= Microsoft

ETABS v9.7.4 File:EDIFICIO MODELO 10 PISOS FHE Units: KN-m PAGE 2

## S T O R Y   D A T A

STORY	SIMILAR TO	HEIGHT	ELEVATION
N+10	None	3.000	30.000
N+9	N+10	3.000	27.000
N+8	N+10	3.000	24.000
N+7	N+10	3.000	21.000
N+6	N+10	3.000	18.000
N+5	N+10	3.000	15.000
N+4	N+10	3.000	12.000
N+3	N+10	3.000	9.000
N+2	N+10	3.000	6.000
N+1	N+10	3.000	3.000
BASE	None		0.000

## S T A T I C   L O A D   C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	AUTO LAT LOAD	SELF WT MULTIPLIER	NOTIONAL FACTOR	NOTIONAL DIRECTION
SISMX	QUAKE	USER_LOADS	0.0000		
SISMY	QUAKE	USER_LOADS	0.0000		

## A U T O   S E I S M I C   U S E R   L O A D S

Case: SISMX

## AUTO SEISMIC INPUT DATA

Additional Eccentricity = 5%

## SPECIFIED AUTO SEISMIC LOADS AT DIAPHRAGM CENTER OF MASS

STORY	DIAPHRAGM	FX	FY	MZ
-------	-----------	----	----	----

N+10	D10	14843.00	0.00	0.000
N+9	D9	17148.00	0.00	0.000
N+8	D8	14843.00	0.00	0.000
N+7	D7	12538.00	0.00	0.000
N+6	D6	10326.00	0.00	0.000
N+5	D5	8205.00	0.00	0.000
N+4	D4	6177.00	0.00	0.000
N+3	D3	4333.00	0.00	0.000
N+2	D2	2581.00	0.00	0.000
N+1	D1	1106.00	0.00	0.000

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
N+10	14843.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-22635.575
N+9	17148.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-26150.700
N+8	14843.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-22635.575
N+7	12538.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-19120.450
N+6	10326.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-15747.150
N+5	8205.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-12512.625
N+4	6177.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-9419.925
N+3	4333.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-6607.825
N+2	2581.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-3936.025
N+1	1106.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-1686.650

A U T O S E I S M I C U S E R L O A D S Case: SISMY

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Additional Eccentricity = 5%

SPECIFIED AUTO SEISMIC LOADS AT DIAPHRAGM CENTER OF MASS

STORY	DIAPHRAGM	FX	FY	MZ
N+10	D10	0.00	14843.00	0.000
N+9	D9	0.00	17148.00	0.000
N+8	D8	0.00	14843.00	0.000
N+7	D7	0.00	12538.00	0.000
N+6	D6	0.00	10326.00	0.000
N+5	D5	0.00	8205.00	0.000
N+4	D4	0.00	6177.00	0.000
N+3	D3	0.00	4333.00	0.000
N+2	D2	0.00	2581.00	0.000
N+1	D1	0.00	1106.00	0.000

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
-------	----	----	----	----	----	----

N+10	0.00	14843.00	0.00	0.000	0.000	51356.780
N+9	0.00	17148.00	0.00	0.000	0.000	59332.080
N+8	0.00	14843.00	0.00	0.000	0.000	51356.780
N+7	0.00	12538.00	0.00	0.000	0.000	43381.480
N+6	0.00	10326.00	0.00	0.000	0.000	35727.960
N+5	0.00	8205.00	0.00	0.000	0.000	28389.300
N+4	0.00	6177.00	0.00	0.000	0.000	21372.420
N+3	0.00	4333.00	0.00	0.000	0.000	14992.180
N+2	0.00	2581.00	0.00	0.000	0.000	8930.260
N+1	0.00	1106.00	0.00	0.000	0.000	3826.760

## M A S S S O U R C E D A T A

MASS LATERAL LUMP MASS  
FROM MASS ONLY AT STORIES

Loads Yes Yes

## M A S S S O U R C E L O A D S

LOAD MULTIPLIER  
MUERTA 1.0000

## D I A P H R A G M M A S S D A T A

STORY	DIAPHRAGM	MASS-X	MASS-Y	MMI	X-M	Y-M
N+10	D10	1.732E+02	1.732E+02	9.203E+04	36.223	12.413
N+9	D9	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+8	D8	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+7	D7	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+6	D6	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+5	D5	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+4	D4	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+3	D3	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+2	D2	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+1	D1	1.815E+03	1.815E+03	9.052E+05	34.600	14.010

## A S S E M B L E D P O I N T M A S S E S

STORY	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
N+10	1.210E+03	1.210E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.203E+04
N+9	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+8	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+7	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+6	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05

N+5	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+4	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+3	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+2	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+1	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.052E+05
BASE	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Totals	1.755E+04	1.755E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.102E+06

C E N T E R S O F C U M U L A T I V E M A S S & C E N T E R S O F R I G I D I T Y

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
N+10	D10	1.732E+02	36.223	12.413	32.965	13.745
N+9	D9	2.598E+02	36.223	12.413	32.927	13.771
N+8	D8	2.598E+02	36.223	12.413	32.883	13.798
N+7	D7	2.598E+02	36.223	12.413	32.830	13.832
N+6	D6	2.598E+02	36.223	12.413	32.779	13.877
N+5	D5	2.598E+02	36.223	12.413	32.741	13.938
N+4	D4	2.598E+02	36.223	12.413	32.729	14.023
N+3	D3	2.598E+02	36.223	12.413	32.756	14.137
N+2	D2	2.598E+02	36.223	12.413	32.811	14.272
N+1	D1	1.815E+03	34.600	14.010	32.783	14.354

M O D A L P E R I O D S A N D F R E Q U E N C I E S

MODE NUMBER	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYCLES/TIME)	CIRCULAR FREQ (RADIANS/TIME)
Mode 1	0.95880	1.04297	6.55316
Mode 2	0.93539	1.06907	6.71719
Mode 3	0.66577	1.50202	9.43749
Mode 4	0.26925	3.71403	23.33594
Mode 5	0.25523	3.91810	24.61814
Mode 6	0.17279	5.78728	36.36254
Mode 7	0.13614	7.34515	46.15093
Mode 8	0.12737	7.85114	49.33015
Mode 9	0.09114	10.97195	68.93879
Mode 10	0.08508	11.75428	73.85432
Mode 11	0.08501	11.76322	73.91046
Mode 12	0.06933	14.42335	90.62460

M O D A L P A R T I C I P A T I N G M A S S R A T I O S

MODE NUMBER	X-TRANS %MASS <SUM>	Y-TRANS %MASS <SUM>	Z-TRANS %MASS <SUM>	RX-ROTN %MASS <SUM>	RY-ROTN %MASS <SUM>	RZ-ROTN %MASS <SUM>
Mode 1	73.46 < 73>	0.02 < 0>	0.00 < 0>	0.03 < 0>	99.57 <100>	0.01 < 0>
Mode 2	0.02 < 73>	71.97 < 72>	0.00 < 0>	98.80 < 99>	0.03 <100>	0.45 < 0>
Mode 3	0.01 < 73>	0.46 < 72>	0.00 < 0>	0.63 < 99>	0.01 <100>	70.54 < 71>
Mode 4	16.68 < 90>	0.00 < 72>	0.00 < 0>	0.00 < 99>	0.23 <100>	0.00 < 71>
Mode 5	0.00 < 90>	17.36 < 90>	0.00 < 0>	0.38 <100>	0.00 <100>	0.09 < 71>
Mode 6	0.00 < 90>	0.10 < 90>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.00 <100>	19.01 < 90>
Mode 7	5.16 < 95>	0.00 < 90>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.15 <100>	0.00 < 90>
Mode 8	0.0 < 95>	5.02 < 95>	0.00 < 0>	0.14 <100>	0.00 <100>	0.03 < 90>

Mode 9	2.19 < 98>	0.00 < 95>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.00 <100>	0.00 < 90>
Mode 10	0.00 < 98>	0.02 < 95>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.00 <100>	5.18 < 95>
Mode 11	0.00 < 98>	2.18 < 97>	0.00 < 0>	0.01 <100>	0.00 <100>	0.01 < 95>
Mode 12	1.10 < 99>	0.00 < 97>	0.00 < 0>	0.00 <100>	0.01 <100>	0.00 < 95>

MODAL LOAD PARTICIPATION RATIOS  
(STATIC AND DYNAMIC RATIOS ARE IN PERCENT)

TYPE	NAME	STATIC	DYNAMIC
Load	MUERTA	0.0144	0.0000
Load	VIVA	0.0144	0.0000
Load	SISMX	99.9900	14.2411
Load	SISMY	99.9861	14.7012
Load	PP	0.0000	0.0000
Accel	UX	99.9947	98.6090
Accel	UY	99.9871	97.1220
Accel	UZ	0.0000	0.0000
Accel	RX	99.9999	99.9860
Accel	RY	100.0000	99.9974
Accel	RZ	88.7831	95.3236

TOTAL REACTIVE FORCES (RECOVERED LOADS) AT ORIGIN

LOAD	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
MUERTA	2.054E-07	6.424E-09	1.721E+05	2.411E+06	-5.954E+06	-2.257E-06
VIVA	4.661E-08	1.864E-09	3.956E+04	5.542E+05	-1.369E+06	-4.973E-07
SISMX	-9.210E+04	-8.830E-09	4.055E-08	1.550E-06	-1.969E+06	1.285E+06
SISMY	5.040E-07	-9.210E+04	1.041E-07	1.969E+06	4.238E-06	-3.653E+06
PP	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

STORY FORCES

STORY	LOAD	P	VX	VY	T	MX	MY
N+10	SISMX	1.288E-09	-1.484E+04	-5.581E-09	2.069E+05	-3.270E-08	-4.453E+04
N+9	SISMX	6.265E-09	-3.199E+04	-6.889E-09	4.459E+05	1.373E-07	-1.405E+05
N+8	SISMX	1.354E-08	-4.683E+04	-7.929E-09	6.528E+05	3.541E-07	-2.810E+05
N+7	SISMX	2.017E-08	-5.937E+04	-8.922E-09	8.275E+05	5.841E-07	-4.591E+05
N+6	SISMX	2.554E-08	-6.970E+04	-9.055E-09	9.714E+05	7.680E-07	-6.682E+05
N+5	SISMX	2.951E-08	-7.790E+04	-9.504E-09	1.086E+06	9.721E-07	-9.019E+05
N+4	SISMX	3.522E-08	-8.408E+04	-9.361E-09	1.172E+06	1.175E-06	-1.154E+06
N+3	SISMX	3.689E-08	-8.841E+04	-9.147E-09	1.232E+06	1.334E-06	-1.419E+06
N+2	SISMX	3.889E-08	-9.099E+04	-8.909E-09	1.268E+06	1.461E-06	-1.692E+06
N+1	SISMX	4.055E-08	-9.210E+04	-8.830E-09	1.285E+06	1.550E-06	-1.969E+06
N+10	SISMY	7.321E-09	6.361E-08	-1.484E+04	-5.890E+05	4.453E+04	-2.833E-07



N+9	SISMY	1.281E-08	1.569E-07	-3.199E+04	-1.269E+06	1.405E+05	-1.180E-07
N+8	SISMY	2.638E-08	2.364E-07	-4.683E+04	-1.859E+06	2.810E+05	-3.098E-07
N+7	SISMY	4.242E-08	3.061E-07	-5.937E+04	-2.356E+06	4.591E+05	-2.853E-07
N+6	SISMY	5.647E-08	3.737E-07	-6.970E+04	-2.766E+06	6.682E+05	-1.134E-07
N+5	SISMY	7.159E-08	4.260E-07	-7.790E+04	-3.091E+06	9.019E+05	3.044E-07
N+4	SISMY	7.907E-08	4.621E-07	-8.408E+04	-3.337E+06	1.154E+06	1.272E-06
N+3	SISMY	9.393E-08	4.892E-07	-8.841E+04	-3.508E+06	1.419E+06	1.802E-06
N+2	SISMY	1.007E-07	5.039E-07	-9.099E+04	-3.611E+06	1.692E+06	2.924E-06
N+1	SISMY	1.041E-07	5.040E-07	-9.210E+04	-3.653E+06	1.969E+06	4.238E-06

## STORY DRIFTS

STORY	DIRECTION	LOAD	MAX DRIFT
N+10	X	SISMX	1/139
N+9	X	SISMX	1/122
N+8	X	SISMX	1/112
N+7	X	SISMX	1/106
N+6	X	SISMX	1/103
N+5	X	SISMX	1/103
N+4	X	SISMX	1/109
N+3	X	SISMX	1/122
N+2	X	SISMX	1/149
N+1	X	SISMX	1/243
N+10	Y	SISMY	1/107
N+9	Y	SISMY	1/96
N+8	Y	SISMY	1/90
N+7	Y	SISMY	1/86
N+6	Y	SISMY	1/85
N+5	Y	SISMY	1/87
N+4	Y	SISMY	1/93
N+3	Y	SISMY	1/105
N+2	Y	SISMY	1/130
N+1	Y	SISMY	1/231

## DISPLACEMENTS AT DIAPHRAGM CENTER OF MASS

STORY	DIAPHRAGM	LOAD	UX	UY	RZ
N+10	D10	SISMX	0.2437	-0.0002	-0.00004
N+9	D9	SISMX	0.2223	-0.0002	-0.00004
N+8	D8	SISMX	0.1978	-0.0001	-0.00003
N+7	D7	SISMX	0.1712	-0.0001	-0.00002
N+6	D6	SISMX	0.1429	-0.0001	-0.00002
N+5	D5	SISMX	0.1137	0.0000	-0.00001
N+4	D4	SISMX	0.0847	0.0000	0.00000
N+3	D3	SISMX	0.0572	0.0000	0.00000
N+2	D2	SISMX	0.0325	0.0000	0.00000
N+1	D1	SISMX	0.0123	0.0000	0.00000
N+10	D10	SISMY	0.0022	0.2397	0.00167
N+9	D9	SISMY	0.0020	0.2172	0.00150
N+8	D8	SISMY	0.0018	0.1919	0.00131
N+7	D7	SISMY	0.0015	0.1649	0.00112

N+6	D6	SISMY	0.0013	0.1366	0.00092
N+5	D5	SISMY	0.0010	0.1079	0.00072
N+4	D4	SISMY	0.0008	0.0798	0.00053
N+3	D3	SISMY	0.0005	0.0533	0.00035
N+2	D2	SISMY	0.0003	0.0298	0.00019
N+1	D1	SISMY	0.0000	0.0107	0.00007

## STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS

STORY	LOAD	DIR	MAXIMUM	AVERAGE	RATIO
N+10	SISMX	X	0.2445	0.2438	1.003
N+9	SISMX	X	0.2229	0.2223	1.002
N+8	SISMX	X	0.1982	0.1978	1.002
N+7	SISMX	X	0.1715	0.1712	1.002
N+6	SISMX	X	0.1431	0.1429	1.002
N+5	SISMX	X	0.1139	0.1137	1.001
N+4	SISMX	X	0.0848	0.0847	1.001
N+3	SISMX	X	0.0572	0.0572	1.000
N+2	SISMX	X	0.0325	0.0325	1.001
N+1	SISMX	X	0.0123	0.0123	1.002
N+10	SISMY	Y	0.2903	0.2348	1.236
N+9	SISMY	Y	0.2627	0.2128	1.234
N+8	SISMY	Y	0.2318	0.1881	1.232
N+7	SISMY	Y	0.1989	0.1616	1.231
N+6	SISMY	Y	0.1646	0.1340	1.229
N+5	SISMY	Y	0.1298	0.1058	1.227
N+4	SISMY	Y	0.0958	0.0782	1.224
N+3	SISMY	Y	0.0638	0.0523	1.222
N+2	SISMY	Y	0.0357	0.0293	1.219
N+1	SISMY	Y	0.0130	0.0106	1.222

## Anexo C

## 3. Tablas de Resultados modelamiento en Etabs 9.7.4 edificio de 12 niveles.

ETABS v9.7.4 File:EDIFICIO MODELO 12 PISOS Units: KN-m noviembre 19, 2014 10:54  
PAGE 1

## PROJECT INFORMATION

Company Name= Microsoft

STORY	DATA SIMILAR TO	HEIGHT	ELEVATION
N+12	N+11	3.000	36.000
N+11	N+10	3.000	33.000

N+10	None	3.000	30.000
N+9	N+10	3.000	27.000
N+8	N+10	3.000	24.000
N+7	N+10	3.000	21.000
N+6	N+10	3.000	18.000
N+5	N+10	3.000	15.000
N+4	N+10	3.000	12.000
N+3	N+10	3.000	9.000
N+2	N+10	3.000	6.000
N+1	N+10	3.000	3.000
BASE	None		0.000

S T A T I C L O A D C A S E S					
STATIC CASE	CASE TYPE	AUTO LAT LOAD	SELF WT MULTIPLIER	NOTIONAL FACTOR	NOTIONAL DIRECTION
SISMX	QUAKE	USER_LOADS	0.0000		
SISMY	QUAKE	USER_LOADS	0.0000		

A U T O S E I S M I C U S E R L O A D S  
Case: SISMX

AUTO SEISMIC INPUT DATA  
Additional Eccentricity = 5%

SPECIFIED AUTO SEISMIC LOADS AT DIAPHRAGM CENTER OF MASS

STORY	DIAPHRAGM	FX	FY	MZ
N+12	D12	15108.00	0.00	0.000
N+11	D11	17774.00	0.00	0.000
N+10	D10	15774.00	0.00	0.000
N+9	D9	13886.00	0.00	0.000
N+8	D8	11997.00	0.00	0.000
N+7	D7	10109.00	0.00	0.000
N+6	D6	8331.00	0.00	0.000
N+5	D5	6665.00	0.00	0.000
N+4	D4	4999.00	0.00	0.000
N+3	D3	3555.00	0.00	0.000
N+2	D2	2111.00	0.00	0.000
N+1	D1	889.00	0.00	0.000

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
N+12	15108.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-23039.700
N+11	17774.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-27105.350
N+10	15774.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-24055.350
N+9	13886.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-21176.150
N+8	11997.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-18295.425
N+7	10109.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-15416.225
N+6	8331.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-12704.775
N+5	6665.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-10164.125

N+4	4999.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-7623.475
N+3	3555.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-5421.375
N+2	2111.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-3219.275
N+1	889.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-1355.725

A U T O S E I S M I C U S E R L O A D S

Case: SISMY

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Additional Eccentricity = 5%

SPECIFIED AUTO SEISMIC LOADS AT DIAPHRAGM CENTER OF MASS

STORY	DIAPHRAGM	FX	FY	MZ
N+12	D12	0.00	15108.00	0.000
N+11	D11	0.00	17774.00	0.000
N+10	D10	0.00	15774.00	0.000
N+9	D9	0.00	13886.00	0.000
N+8	D8	0.00	11997.00	0.000
N+7	D7	0.00	10109.00	0.000
N+6	D6	0.00	8331.00	0.000
N+5	D5	0.00	6665.00	0.000
N+4	D4	0.00	4999.00	0.000
N+3	D3	0.00	3555.00	0.000
N+2	D2	0.00	2111.00	0.000
N+1	D1	0.00	889.00	0.000

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
N+12	0.00	15108.00	0.00	0.000	0.000	52273.680
N+11	0.00	17774.00	0.00	0.000	0.000	61498.040
N+10	0.00	15774.00	0.00	0.000	0.000	54578.040
N+9	0.00	13886.00	0.00	0.000	0.000	48045.560
N+8	0.00	11997.00	0.00	0.000	0.000	41509.620
N+7	0.00	10109.00	0.00	0.000	0.000	34977.140
N+6	0.00	8331.00	0.00	0.000	0.000	28825.260
N+5	0.00	6665.00	0.00	0.000	0.000	23060.900
N+4	0.00	4999.00	0.00	0.000	0.000	17296.540
N+3	0.00	3555.00	0.00	0.000	0.000	12300.300
N+2	0.00	2111.00	0.00	0.000	0.000	7304.060
N+1	0.00	889.00	0.00	0.000	0.000	3075.940

M A S S S O U R C E D A T A

MASS FROM LATERAL MASS ONLY LUMP MASS AT STORIES

Loads Yes Yes

M A S S   S O U R C E   L O A D S  
LOAD                   MULTIPLIER

MUERTA                   1.0000

D I A P H R A G M   M A S S   D A T A

STORY	DIAPHRAGM	MASS-X	MASS-Y	MMI	X-M	Y-M
N+12	D12	1.732E+02	1.732E+02	9.203E+04	36.223	12.413
N+11	D11	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+10	D10	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+9	D9	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+8	D8	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+7	D7	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+6	D6	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+5	D5	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+4	D4	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+3	D3	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+2	D2	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+1	D1	1.815E+03	1.815E+03	9.052E+05	34.600	14.010

A S S E M B L E D   P O I N T   M A S S E S

STORY	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
N+12	1.210E+03	1.210E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.203E+04
N+11	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+10	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+9	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+8	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+7	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+6	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+5	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+4	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+3	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+2	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+1	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.052E+05
BASE	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Totals	2.118E+04	2.118E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.378E+06

C E N T E R S   O F   C U M U L A T I V E   M A S S   &   C E N T E R S   O F   R I G I D I T Y

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	/-----CENTER OF MASS-----//	-----//--CENTER OF RIGIDITY--//
		MASS      ORDINATE-X    ORDINATE-Y	ORDINATE-X    ORDINATE-Y
N+12	D12	1.732E+02      36.223      12.413	33.141      13.741
N+11	D11	2.598E+02      36.223      12.413	33.099      13.758
N+10	D10	2.598E+02      36.223      12.413	33.047      13.773
N+9	D9	2.598E+02      36.223      12.413	32.982      13.791
N+8	D8	2.598E+02      36.223      12.413	32.913      13.814

N+7	D7	2.598E+02	36.223	12.413	32.844	13.845
N+6	D6	2.598E+02	36.223	12.413	32.783	13.887
N+5	D5	2.598E+02	36.223	12.413	32.741	13.946
N+4	D4	2.598E+02	36.223	12.413	32.728	14.029
N+3	D3	2.598E+02	36.223	12.413	32.755	14.140
N+2	D2	2.598E+02	36.223	12.413	32.811	14.274
N+1	D1	1.815E+03	34.600	14.010	32.783	14.355

M O D A L P E R I O D S A N D F R E Q U E N C I E S

MODE NUMBER	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYCLES/TIME)	CIRCULAR FREQ (RADIAN/TIME)
Mode 1	1.21359	0.82400	5.17736
Mode 2	1.19998	0.83335	5.23609
Mode 3	0.86964	1.14991	7.22508
Mode 4	0.34046	2.93717	18.45481
Mode 5	0.32458	3.08091	19.35792
Mode 6	0.22107	4.52336	28.42113
Mode 7	0.17042	5.86779	36.86839
Mode 8	0.15979	6.25822	39.32158
Mode 9	0.11192	8.93493	56.13981
Mode 10	0.10652	9.38775	58.98499
Mode 11	0.10477	9.54459	59.97044
Mode 12	0.08377	11.93793	75.00823

M O D A L P A R T I C I P A T I N G M A S S R A T I O S

MODE NUMBER	X-TRANS %MASS <SUM>	Y-TRANS %MASS <SUM>	Z-TRANS %MASS <SUM>	RX-ROTN %MASS <SUM>	RY-ROTN %MASS <SUM>	RZ-ROTN %MASS <SUM>
Mode 1	72.89 <73>	0.14 <0>	0.00 <0>	0.19 <0>	99.41 <99>	0.01 <0>
Mode 2	0.15 <73>	71.18 <71>	0.00 <0>	98.63 <99>	0.20 <100>	0.44 <0>
Mode 3	0.01 <73>	0.44 <72>	0.00 <0>	0.62 <99>	0.01 <100>	69.62 <70>
Mode 4	6.00 <89>	0.00 <72>	0.00 <0>	0.00 <99>	0.19 <100>	0.00 <70>
Mode 5	0.00 <89>	16.98 <89>	0.00 <0>	0.38 <100>	0.00 <100>	0.09 <70>
Mode 6	0.00 <89>	0.11 <89>	0.00 <0>	0.00 <100>	0.00 <100>	18.69 <89>
Mode 7	5.46 <95>	0.00 <89>	0.00 <0>	0.00 <100>	0.17 <100>	0.00 <89>
Mode 8	0.00 <95>	5.34 <94>	0.00 <0>	0.16 <100>	0.00 <100>	0.03 <89>
Mode 9	2.40 <97>	0.00 <94>	0.00 <0>	0.00 <100>	0.01 <100>	0.00 <89>
Mode 10	0.00 <97>	0.04 <94>	0.00 <0>	0.00 <100>	0.00 <100>	5.59 <94>
Mode 11	0.00 <97>	2.34 <97>	0.00 <0>	0.01 <100>	0.00 <100>	0.03 <95>
Mode 12	1.23 <98>	0.00 <97>	0.00 <0>	0.00 <100>	0.01 <100>	0.00 <95>

M O D A L L O A D P A R T I C I P A T I O N R A T I O S  
(STATIC AND DYNAMIC RATIOS ARE IN PERCENT)

TYPE	NAME	STATIC	DYNAMIC
Load	MUERTA	0.0126	0.0000
Load	VIVA	0.0126	0.0000
Load	SISMX	99.9936	14.2317
Load	SISMY	99.9912	14.6936
Load	PP	0.0000	0.0000
Acce1	UX	99.9943	98.1454
Acce1	UY	99.9871	96.5726
Acce1	UZ	0.0000	0.0000
Acce1	RX	100.0000	99.9858

Acce1	RY	100.0000	99.9970
Acce1	RZ	89.3403	94.5274

## TOTAL REACTIVE FORCES (RECOVERED LOADS) AT ORIGIN

LOAD	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
MUERTA	3.196E-07	1.618E-08	2.077E+05	2.909E+06	-7.185E+06	-3.222E-06
VIVA	7.214E-08	4.237E-09	4.747E+04	6.650E+05	-1.642E+06	-7.058E-07
SISMX	-1.112E+05	-2.490E-08	6.393E-08	2.977E-06	-2.836E+06	1.551E+06
SISMY	1.063E-06	-1.112E+05	1.820E-07	2.836E+06	1.547E-05	-4.411E+06
PP	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

## S T O R Y F O R C E S

STORY	LOAD	P	VX	VY	T	MX	MY
N+12	SISMX	1.230E-09	1.511E+04	-1.090E-08	2.106E+05	-4.309E-08	-4.532E+04
N+11	SISMX	7.785E-09	-3.288E+04	-1.413E-08	4.583E+05	1.991E-07	-1.440E+05
N+10	SISMX	1.553E-08	-4.866E+04	-1.765E-08	6.782E+05	4.952E-07	-2.899E+05
N+9	SISMX	2.371E-08	-6.254E+04	-2.101E-08	8.717E+05	8.234E-07	-4.776E+05
N+8	SISMX	3.084E-08	-7.454E+04	-2.265E-08	1.039E+06	1.107E-06	-7.012E+05
N+7	SISMX	3.668E-08	-8.465E+04	-2.485E-08	1.180E+06	1.440E-06	-9.551E+05
N+6	SISMX	4.442E-08	-9.298E+04	-2.520E-08	1.296E+06	1.766E-06	-1.234E+06
N+5	SISMX	4.776E-08	-9.964E+04	-2.547E-08	1.389E+06	2.071E-06	-1.533E+06
N+4	SISMX	5.138E-08	-1.046E+05	-2.544E-08	1.459E+06	2.352E-06	-1.847E+06
N+3	SISMX	5.647E-08	-1.082E+05	-2.524E-08	1.508E+06	2.611E-06	-2.172E+06
N+2	SISMX	6.149E-08	-1.103E+05	-2.499E-08	1.537E+06	2.825E-06	-2.502E+06
N+1	SISMX	6.393E-08	-1.112E+05	-2.490E-08	1.551E+06	2.977E-06	-2.836E+06
N+12	SISMY	7.903E-09	1.031E-07	-1.511E+04	-5.995E+05	4.532E+04	-3.442E-07
N+11	SISMY	2.089E-08	2.691E-07	-3.288E+04	-1.305E+06	1.440E+05	-1.936E-07
N+10	SISMY	3.528E-08	4.146E-07	-4.866E+04	-1.931E+06	2.899E+05	-3.311E-08
N+9	SISMY	5.889E-08	5.526E-07	-6.254E+04	-2.482E+06	4.776E+05	4.040E-07
N+8	SISMY	7.829E-08	6.905E-07	-7.454E+04	-2.958E+06	7.012E+05	1.127E-06
N+7	SISMY	1.005E-07	8.024E-07	-8.465E+04	-3.359E+06	9.551E+05	2.210E-06
N+6	SISMY	1.135E-07	8.913E-07	-9.298E+04	-3.690E+06	1.234E+06	4.176E-06
N+5	SISMY	1.397E-07	9.646E-07	-9.964E+04	-3.954E+06	1.533E+06	5.457E-06
N+4	SISMY	1.528E-07	1.010E-06	-1.046E+05	-4.153E+06	1.847E+06	7.653E-06
N+3	SISMY	1.658E-07	1.044E-06	-1.082E+05	-4.294E+06	2.172E+06	1.001E-05
N+2	SISMY	1.740E-07	1.063E-06	-1.103E+05	-4.377E+06	2.502E+06	1.274E-05
N+1	SISMY	1.820E-07	1.063E-06	-1.112E+05	-4.411E+06	2.836E+06	1.547E-05

## STORY DRIFTS

STORY	DIRECTION	LOAD	MAX DRIFT
N+12	X	SISMX	1/108
N+11	X	SISMX	1/96
N+10	X	SISMX	1/89
N+9	X	SISMX	1/82
N+8	X	SISMX	1/78
N+7	X	SISMX	1/76
N+6	X	SISMX	1/76
N+5	X	SISMX	1/78
N+4	X	SISMX	1/84

N+3	X	SISMX	1/95
N+2	X	SISMX	1/119
N+1	X	SISMX	1/197
N+12	Y	SISMY	1/79
N+11	Y	SISMY	1/71
N+10	Y	SISMY	1/67
N+9	Y	SISMY	1/64
N+8	Y	SISMY	1/62
N+7	Y	SISMY	1/61
N+6	Y	SISMY	1/62
N+5	Y	SISMY	1/65
N+4	Y	SISMY	1/70
N+3	Y	SISMY	1/81
N+2	Y	SISMY	1/103
N+1	Y	SISMY	1/18

## DISPLACEMENTS AT DIAPHRAGM CENTER OF MASS

STORY	DIAPHRAGM	LOAD	UX	UY	RZ
N+12	D12	SISMX	0.3915	-0.0004	-0.00008
N+11	D11	SISMX	0.3640	-0.0003	-0.00007
N+10	D10	SISMX	0.3330	-0.0003	-0.00006
N+9	D9	SISMX	0.2992	-0.0002	-0.00005
N+8	D8	SISMX	0.2630	-0.0002	-0.00004
N+7	D7	SISMX	0.2248	-0.0001	-0.00003
N+6	D6	SISMX	0.1854	-0.0001	-0.00002
N+5	D5	SISMX	0.1460	-0.0001	-0.00001
N+4	D4	SISMX	0.1076	0.0000	-0.00001
N+3	D3	SISMX	0.0719	0.0000	0.00000
N+2	D2	SISMX	0.0405	0.0000	0.00000
N+1	D1	SISMX	0.0152	0.0000	0.00000
N+12	D12	SISMY	0.0037	0.3976	0.00280
N+11	D11	SISMY	0.0034	0.3671	0.00257
N+10	D10	SISMY	0.0031	0.3333	0.00232
N+9	D9	SISMY	0.0028	0.2972	0.00206
N+8	D8	SISMY	0.0024	0.2591	0.00178
N+7	D7	SISMY	0.0020	0.2197	0.00150
N+6	D6	SISMY	0.0017	0.1798	0.00122
N+5	D5	SISMY	0.0013	0.1403	0.00094
N+4	D4	SISMY	0.0010	0.1025	0.00068
N+3	D3	SISMY	0.0007	0.0677	0.00045
N+2	D2	SISMY	0.0004	0.0375	0.00024
N+1	D1	SISMY	0.0000	0.0133	0.00009

## STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS

STORY	LOAD	DIR	MAXIMUM	AVERAGE	RATIO
N+12	SISMX	X	0.3928	0.3917	1.003
N+11	SISMX	X	0.3651	0.3642	1.003
N+10	SISMX	X	0.3340	0.3331	1.003
N+9	SISMX	X	0.3001	0.2993	1.002
N+8	SISMX	X	0.2637	0.2631	1.002
N+7	SISMX	X	0.2253	0.2249	1.002
N+6	SISMX	X	0.1858	0.1855	1.002
N+5	SISMX	X	0.1462	0.1460	1.001
N+4	SISMX	X	0.1077	0.1076	1.001
N+3	SISMX	X	0.0719	0.0719	1.000



N+2	SISMX	X	0.0405	0.0405	1.001
N+1	SISMX	X	0.0152	0.0152	1.002
N+12	SISMY	Y	0.4828	0.3894	1.240
N+11	SISMY	Y	0.4452	0.3596	1.238
N+10	SISMY	Y	0.4038	0.3265	1.237
N+9	SISMY	Y	0.3597	0.2912	1.235
N+8	SISMY	Y	0.3133	0.2539	1.234
N+7	SISMY	Y	0.2654	0.2153	1.232
N+6	SISMY	Y	0.2168	0.1762	1.231
N+5	SISMY	Y	0.1690	0.1375	1.229
N+4	SISMY	Y	0.1232	0.1005	1.226
N+3	SISMY	Y	0.0812	0.0664	1.223
N+2	SISMY	Y	0.0449	0.0368	1.221
N+1	SISMY	Y	0.0161	0.0132	1.223

## Anexo D

### 4. Tablas de Resultados modelamiento en Etabs 9.7.4 edificio de 15 niveles

ETABS v9.7.4 File:EDIFICIO MODELO 15 PISOS Units: KN-m noviembre 19, 2014 19:43

#### PROJECT INFORMATION

Company Name= Microsoft

ETABS v9.7.4 File:EDIFICIO MODELO 15 PISOS Units: KN-m noviembre 19, 2014 19:43

#### STORY DATA

STORY	SIMILAR TO	HEIGHT	ELEVATION
N+15	N+14	3.000	45.000
N+14	N+13	3.000	42.000
N+13	N+12	3.000	39.000
N+12	N+11	3.000	36.000
N+11	None	3.000	33.000
N+10	None	3.000	30.000
N+9	N+10	3.000	27.000
N+8	N+10	3.000	24.000
N+7	N+10	3.000	21.000
N+6	N+10	3.000	18.000
N+5	N+10	3.000	15.000
N+4	N+10	3.000	12.000
N+3	N+10	3.000	9.000
N+2	N+10	3.000	6.000
N+1	N+10	3.000	3.000
BASE	None		0.000

#### STATIC LOAD CASES

STATIC	CASE	AUTO LAT	SELF WT	NOTIONAL	NOTIONAL
--------	------	----------	---------	----------	----------

CASE	TYPE	LOAD	MULTIPLIER	FACTOR	DIRECTION
SISMX	QUAKE	USER_LOADS	0.0000		
SISMY	QUAKE	USER_LOADS	0.0000		

A U T O S E I S M I C U S E R L O A D S

Case: SISMX

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Additional Eccentricity = 5%

SPECIFIED AUTO SEISMIC LOADS AT DIAPHRAGM CENTER OF MASS

STORY	DIAPHRAGM	FX	FY	MZ
N+15	D15	15336.00	0.00	0.000
N+14	D14	18404.00	0.00	0.000
N+13	D13	16870.00	0.00	0.000
N+12	D12	15197.00	0.00	0.000
N+11	D11	13663.00	0.00	0.000
N+10	D10	12130.00	0.00	0.000
N+9	D9	10596.00	0.00	0.000
N+8	D8	9202.00	0.00	0.000
N+7	D7	7808.00	0.00	0.000
N+6	D6	6413.00	0.00	0.000
N+5	D5	5019.00	0.00	0.000
N+4	D4	3904.00	0.00	0.000
N+3	D3	2649.00	0.00	0.000
N+2	D2	1673.00	0.00	0.000
N+1	D1	697.00	0.00	0.000

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
N+15	15336.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-23387.400
N+14	18404.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-28066.100
N+13	16870.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-25726.750
N+12	15197.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-23175.425
N+11	13663.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-20836.075
N+10	12130.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-18498.250
N+9	10596.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-16158.900
N+8	9202.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-14033.050
N+7	7808.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-11907.200
N+6	6413.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-9779.825
N+5	5019.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-7653.975
N+4	3904.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-5953.600
N+3	2649.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-4039.725
N+2	1673.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-2551.325
N+1	697.00	0.00	0.00	0.000	0.000	-1062.925

A U T O S E I S M I C U S E R L O A D S

Case: SISMY

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Additional Eccentricity = 5%

SPECIFIED AUTO SEISMIC LOADS AT DIAPHRAGM CENTER OF MASS

STORY	DIAPHRAGM	FX	FY	MZ
N+15	D15	0.00	15336.00	0.000
N+14	D14	0.00	18404.00	0.000
N+13	D13	0.00	16870.00	0.000
N+12	D12	0.00	15197.00	0.000
N+11	D11	0.00	13663.00	0.000
N+10	D10	0.00	12130.00	0.000
N+9	D9	0.00	10596.00	0.000
N+8	D8	0.00	9202.00	0.000
N+7	D7	0.00	7808.00	0.000
N+6	D6	0.00	6413.00	0.000
N+5	D5	0.00	5019.00	0.000
N+4	D4	0.00	3904.00	0.000
N+3	D3	0.00	2649.00	0.000
N+2	D2	0.00	1673.00	0.000
N+1	D1	0.00	697.00	0.000

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
N+15	0.00	15336.00	0.00	0.000	0.000	53062.560
N+14	0.00	18404.00	0.00	0.000	0.000	63677.840
N+13	0.00	16870.00	0.00	0.000	0.000	58370.200
N+12	0.00	15197.00	0.00	0.000	0.000	52581.620
N+11	0.00	13663.00	0.00	0.000	0.000	47273.980
N+10	0.00	12130.00	0.00	0.000	0.000	41969.800
N+9	0.00	10596.00	0.00	0.000	0.000	36662.160
N+8	0.00	9202.00	0.00	0.000	0.000	31838.920
N+7	0.00	7808.00	0.00	0.000	0.000	27015.680
N+6	0.00	6413.00	0.00	0.000	0.000	22188.980
N+5	0.00	5019.00	0.00	0.000	0.000	17365.740
N+4	0.00	3904.00	0.00	0.000	0.000	13507.840
N+3	0.00	2649.00	0.00	0.000	0.000	9165.540
N+2	0.00	1673.00	0.00	0.000	0.000	5788.580
N+1	0.00	697.00	0.00	0.000	0.000	2411.620

M A S S   S O U R C E   D A T A

MASS            LATERAL        LUMP MASS

FROM MASS ONLY AT STORIES

Loads Yes Yes

M A S S S O U R C E L O A D S

LOAD MULTIPLIER  
MUERTA 1.0000

D I A P H R A G M M A S S D A T A

STORY	DIAPHRAGM	MASS-X	MASS-Y	MMI	X-M	Y-M
N+15	D15	1.732E+02	1.732E+02	9.203E+04	36.223	12.413
N+14	D14	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+13	D13	1.732E+02	1.732E+02	9.203E+04	36.223	12.413
N+12	D12	1.732E+02	1.732E+02	9.203E+04	36.223	12.413
N+11	D11	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+10	D10	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+9	D9	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+8	D8	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+7	D7	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+6	D6	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+5	D5	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+4	D4	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+3	D3	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+2	D2	2.598E+02	2.598E+02	1.380E+05	36.223	12.413
N+1	D1	1.815E+03	1.815E+03	9.052E+05	34.600	14.010

A S S E M B L E D P O I N T M A S S E S

STORY	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
N+15	1.210E+03	1.210E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.203E+04
N+14	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+13	1.210E+03	1.210E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.203E+04
N+12	1.210E+03	1.210E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.203E+04
N+11	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+10	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+9	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+8	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+7	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+6	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+5	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+4	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+3	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+2	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.380E+05
N+1	1.815E+03	1.815E+03	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	9.052E+05
BASE	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
Totals	2.541E+04	2.541E+04	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.700E+06

## CENTERS OF CUMULATIVE MASS &amp; CENTERS OF RIGIDITY

STORY LEVEL	DIAPHRAGM NAME	MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
N+15	D15	1.732E+02	36.223	12.413	33.342	13.746
N+14	D14	2.598E+02	36.223	12.413	33.301	13.755
N+13	D13	1.732E+02	36.223	12.413	33.249	13.762
N+12	D12	1.732E+02	36.223	12.413	33.185	13.769
N+11	D11	2.598E+02	36.223	12.413	33.114	13.778
N+10	D10	2.598E+02	36.223	12.413	33.038	13.789
N+9	D9	2.598E+02	36.223	12.413	32.960	13.803
N+8	D8	2.598E+02	36.223	12.413	32.885	13.824
N+7	D7	2.598E+02	36.223	12.413	32.816	13.852
N+6	D6	2.598E+02	36.223	12.413	32.759	13.893
N+5	D5	2.598E+02	36.223	12.413	32.722	13.951
N+4	D4	2.598E+02	36.223	12.413	32.715	14.033
N+3	D3	2.598E+02	36.223	12.413	32.749	14.143
N+2	D2	2.598E+02	36.223	12.413	32.809	14.275
N+1	D1	1.815E+03	34.600	14.010	32.782	14.355

## MODAL PERIODS AND FREQUENCIES

MODE NUMBER	PERIOD (TIME)	FREQUENCY (CYCLES/TIME)	CIRCULAR FREQ (RADIAN/TIME)
Mode 1	1.54212	0.64846	4.07438
Mode 2	1.53397	0.65190	4.09602
Mode 3	1.13876	0.87814	5.51755
Mode 4	0.45090	2.21781	13.93489
Mode 5	0.43447	2.30166	14.46174
Mode 6	0.29983	3.33524	20.95590
Mode 7	0.22616	4.42161	27.78182
Mode 8	0.21261	4.70351	29.55303
Mode 9	0.14353	6.96740	43.77749
Mode 10	0.14193	7.04591	44.27073
Mode 11	0.13458	7.43038	46.68644
Mode 12	0.10397	9.61798	60.43156

## MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS

MODE NUMBER	X-TRANS %MASS <SUM>	Y-TRANS %MASS <SUM>	Z-TRANS %MASS <SUM>	RX-ROTN %MASS <SUM>	RY-ROTN %MASS <SUM>	RZ-ROTN %MASS <SUM>
Mode 1	0.94 <1>	69.18 <69>	0.00 <0>	97.56 <98>	1.30 <1>	0.43 <0>
Mode 2	71.27 <72>	0.93 <70>	0.00 <0>	1.31 <99>	98.35 <100>	0.00 <0>
Mode 3	0.01 <72>	0.41 <71>	0.00 <0>	0.59 <99>	0.02 <100>	68.06 <68>
Mode 4	15.09 <87>	0.00 <71>	0.00 <0>	0.00 <99>	0.09 <100>	0.00 <68>
Mode 5	0.00 <87>	16.45 <87>	0.00 <0>	0.30 <100>	0.00 <100>	0.09 <69>
Mode 6	0.00 <87>	0.11 <87>	0.00 <0>	0.00 <100>	0.00 <100>	18.28 <87>
Mode 7	5.99 <93>	0.00 <87>	0.00 <0>	0.00 <100>	0.22 <100>	0.00 <87>
Mode 8	0.00 <93>	5.98 <93>	0.00 <0>	0.20 <100>	0.00 <100>	0.04 <87>
Mode 9	2.80 <96>	0.00 <93>	0.00 <0>	0.00 <100>	0.01 <100>	0.09 <87>
Mode 10	0.04 <96>	0.04 <93>	0.00 <0>	0.00 <100>	0.00 <100>	6.28 <93>
Mode 11	0.00 <96>	2.77 <96>	0.00 <0>	0.01 <100>	0.00 <100>	0.03 <93>
Mode 12	1.46 <98>	0.00 <96>	0.00 <0>	0.00 <100>	0.01 <100>	0.00 <93>

MODAL LOAD PARTICIPATION RATIOS  
(STATIC AND DYNAMIC RATIOS ARE IN PERCENT)

TYPE	NAME	STATIC	DYNAMIC
Load	MUERTA	0.0101	0.0000
Load	VIVA	0.0100	0.0000
Load	SISMX	99.9932	13.9326
Load	SISMY	99.9916	14.3536
Load	PP	0.0000	0.0000
Acce1	UX	99.9937	97.6158
Acce1	UY	99.9861	95.8756
Acce1	UZ	0.0000	0.0000
Acce1	RX	100.0000	99.9848
Acce1	RY	100.0000	99.9964
Acce1	RZ	89.9707	93.3012

TOTAL REACTIVE FORCES (RECOVERED LOADS) AT ORIGIN

LOAD	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
MUERTA	5.524E-07	4.283E-08	2.492E+05	3.491E+06	-8.622E+06	-5.015E-06
VIVA	1.279E-07	1.120E-08	5.933E+04	8.313E+05	-2.053E+06	-1.112E-06
SISMX	-1.396E+05	-7.826E-08	1.114E-07	7.017E-06	-4.427E+06	1.946E+06
SISMY	2.546E-06	-1.396E+05	3.523E-07	4.427E+06	5.868E-05	-5.537E+06
PP	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

S T O R Y F O R C E S

STORY	LOAD	P	VX	VY	T	MX	MY
N+15	SISMX	2.011E-09	-1.534E+04	-2.619E-08	2.138E+05	-4.683E-09	-4.601E+04
N+14	SISMX	9.112E-09	-3.374E+04	-3.210E-08	4.703E+05	3.309E-07	-1.472E+05
N+13	SISMX	2.008E-08	-5.061E+04	-4.175E-08	7.054E+05	7.966E-07	-2.991E+05
N+12	SISMX	2.874E-08	-6.581E+04	-5.148E-08	9.172E+05	1.288E-06	-4.965E+05
N+11	SISMX	3.909E-08	-7.947E+04	-5.821E-08	1.108E+06	1.781E-06	-7.349E+05
N+10	SISMX	4.503E-08	-9.160E+04	-6.710E-08	1.277E+06	2.329E-06	-1.010E+06
N+9	SISMX	5.874E-08	-1.022E+05	-7.088E-08	1.424E+06	2.902E-06	-1.316E+06
N+8	SISMX	6.208E-08	-1.114E+05	-7.508E-08	1.553E+06	3.470E-06	-1.650E+06
N+7	SISMX	6.937E-08	-1.192E+05	-7.701E-08	1.661E+06	4.047E-06	-2.008E+06
N+6	SISMX	7.896E-08	-1.256E+05	-7.793E-08	1.751E+06	4.645E-06	-2.385E+06
N+5	SISMX	9.084E-08	-1.306E+05	-7.842E-08	1.821E+06	5.201E-06	-2.777E+06
N+4	SISMX	9.904E-08	-1.345E+05	-7.875E-08	1.875E+06	5.732E-06	-3.180E+06
N+3	SISMX	1.056E-07	-1.372E+05	-7.865E-08	1.912E+06	6.243E-06	-3.592E+06
N+2	SISMX	1.090E-07	-1.389E+05	-7.838E-08	1.935E+06	6.669E-06	-4.009E+06
N+1	SISMX	1.114E-07	-1.396E+05	-7.826E-08	1.946E+06	7.017E-06	-4.427E+06
N+15	SISMY	1.167E-08	1.853E-07	-1.534E+04	-6.086E+05	4.601E+04	-3.897E-07
N+14	SISMY	3.090E-08	5.307E-07	-3.374E+04	-1.339E+06	1.472E+05	2.054E-07
N+13	SISMY	5.320E-08	7.965E-07	-5.061E+04	-2.008E+06	2.991E+05	1.188E-06
N+12	SISMY	8.027E-08	1.060E-06	-6.581E+04	-2.611E+06	4.965E+05	2.885E-06
N+11	SISMY	1.151E-07	1.375E-06	-7.947E+04	-3.154E+06	7.349E+05	4.785E-06
N+10	SISMY	1.465E-07	1.633E-06	-9.160E+04	-3.635E+06	1.010E+06	7.624E-06
N+9	SISMY	1.727E-07	1.854E-06	-1.022E+05	-4.055E+06	1.316E+06	1.195E-05
N+8	SISMY	2.110E-07	2.039E-06	-1.114E+05	-4.421E+06	1.650E+06	1.550E-05
N+7	SISMY	2.337E-07	2.187E-06	-1.192E+05	-4.730E+06	2.008E+06	2.073E-05
N+6	SISMY	2.587E-07	2.318E-06	-1.256E+05	-4.985E+06	2.385E+06	2.622E-05

N+5	SISMY	2.827E-07	2.406E-06	-1.306E+05	-5.184E+06	2.777E+06	3.213E-05
N+4	SISMY	3.144E-07	2.474E-06	-1.345E+05	-5.339E+06	3.180E+06	3.773E-05
N+3	SISMY	3.325E-07	2.522E-06	-1.372E+05	-5.444E+06	3.592E+06	4.438E-05
N+2	SISMY	3.456E-07	2.546E-06	-1.389E+05	-5.511E+06	4.009E+06	5.142E-05
N+1	SISMY	3.523E-07	2.546E-06	-1.396E+05	-5.537E+06	4.427E+06	5.868E-05

## STORY DRIFTS

STORY	DIRECTION	LOAD	MAX DRIFT
N+15	X	SISMX	1/84
N+14	X	SISMX	1/75
N+13	X	SISMX	1/69
N+12	X	SISMX	1/64
N+11	X	SISMX	1/60
N+10	X	SISMX	1/56
N+9	X	SISMX	1/54
N+8	X	SISMX	1/53
N+7	X	SISMX	1/53
N+6	X	SISMX	1/54
N+5	X	SISMX	1/57
N+4	X	SISMX	1/62
N+3	X	SISMX	1/72
N+2	X	SISMX	1/91
N+1	X	SISMX	1/154
N+15	Y	SISMY	1/56
N+14	Y	SISMY	1/51
N+13	Y	SISMY	1/48
N+12	Y	SISMY	1/46
N+11	Y	SISMY	1/44
N+10	Y	SISMY	1/42
N+9	Y	SISMY	1/41
N+8	Y	SISMY	1/41
N+7	Y	SISMY	1/42
N+6	Y	SISMY	1/43
N+5	Y	SISMY	1/46
N+4	Y	SISMY	1/51
N+3	Y	SISMY	1/60
N+2	Y	SISMY	1/78
N+1	Y	SISMY	1/144

## DISPLACEMENTS AT DIAPHRAGM CENTER OF MASS

STORY	DIAPHRAGM	LOAD	UX	UY	RZ
N+15	D15	SISMX	0.6861	-0.0008	-0.00015
N+14	D14	SISMX	0.6506	-0.0007	-0.00014
N+13	D13	SISMX	0.6109	-0.0006	-0.00012
N+12	D12	SISMX	0.5677	-0.0006	-0.00011
N+11	D11	SISMX	0.5210	-0.0005	-0.00010
N+10	D10	SISMX	0.4709	-0.0004	-0.00008
N+9	D9	SISMX	0.4180	-0.0004	-0.00007
N+8	D8	SISMX	0.3630	-0.0003	-0.00006
N+7	D7	SISMX	0.3066	-0.0002	-0.00004
N+6	D6	SISMX	0.2502	-0.0002	-0.00003
N+5	D5	SISMX	0.1949	-0.0001	-0.00002
N+4	D4	SISMX	0.1423	-0.0001	-0.00001
N+3	D3	SISMX	0.0941	0.0000	0.00000

N+2	D2	SISMX	0.0525	0.0000	0.00000
N+1	D1	SISMX	0.0194	0.0000	0.00000
N+15	D15	SISMY	0.0066	0.7263	0.00519
N+14	D14	SISMY	0.0063	0.6837	0.00487
N+13	D13	SISMY	0.0058	0.6369	0.00451
N+12	D12	SISMY	0.0054	0.5871	0.00414
N+11	D11	SISMY	0.0049	0.5345	0.00376
N+10	D10	SISMY	0.0044	0.4793	0.00335
N+9	D9	SISMY	0.0039	0.4220	0.00294
N+8	D8	SISMY	0.0034	0.3634	0.00252
N+7	D7	SISMY	0.0028	0.3044	0.00210
N+6	D6	SISMY	0.0023	0.2462	0.00168
N+5	D5	SISMY	0.0018	0.1900	0.00129
N+4	D4	SISMY	0.0013	0.1373	0.00092
N+3	D3	SISMY	0.0009	0.0897	0.00060
N+2	D2	SISMY	0.0005	0.0491	0.00032
N+1	D1	SISMY	0.0000	0.0172	0.00011

## STORY MAXIMUM AND AVERAGE LATERAL DISPLACEMENTS

STORY	LOAD	DIR	MAXIMUM	AVERAGE	RATIO
N+15	SISMX	X	0.6886	0.6864	1.003
N+14	SISMX	X	0.6529	0.6509	1.003
N+13	SISMX	X	0.6129	0.6111	1.003
N+12	SISMX	X	0.5696	0.5680	1.003
N+11	SISMX	X	0.5226	0.5212	1.003
N+10	SISMX	X	0.4723	0.4711	1.003
N+9	SISMX	X	0.4192	0.4182	1.002
N+8	SISMX	X	0.3639	0.3631	1.002
N+7	SISMX	X	0.3074	0.3067	1.002
N+6	SISMX	X	0.2507	0.2502	1.002
N+5	SISMX	X	0.1952	0.1949	1.002
N+4	SISMX	X	0.1425	0.1423	1.001
N+3	SISMX	X	0.0942	0.0941	1.000
N+2	SISMX	X	0.0525	0.0525	1.000
N+1	SISMX	X	0.0195	0.0194	1.002
N+15	SISMY	Y	0.8841	0.7112	1.243
N+14	SISMY	Y	0.8315	0.6694	1.242
N+13	SISMY	Y	0.7740	0.6237	1.241
N+12	SISMY	Y	0.7130	0.5750	1.240
N+11	SISMY	Y	0.6486	0.5235	1.239
N+10	SISMY	Y	0.5811	0.4695	1.238
N+9	SISMY	Y	0.5112	0.4134	1.237
N+8	SISMY	Y	0.4398	0.3560	1.235
N+7	SISMY	Y	0.3681	0.2983	1.234
N+6	SISMY	Y	0.2974	0.2413	1.232
N+5	SISMY	Y	0.2292	0.1863	1.230
N+4	SISMY	Y	0.1653	0.1346	1.228
N+3	SISMY	Y	0.1078	0.0880	1.225
N+2	SISMY	Y	0.0589	0.0482	1.222
N+1	SISMY	Y	0.0208	0.0170	1.224