



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE MUROS CON
IRREGULARIDAD EN PLANTA: COMPARACIÓN
ENTRE ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO-
HISTORIA**

ALBERT EDUARDO CIFUENTES FERNANDEZ

Informe de Actividad de Graduación para optar al Grado de
Magíster en Ingeniería Estructural y Geotécnica

Profesor Supervisor:

DIEGO LÓPEZ GARCÍA GONZÁLEZ

Santiago de Chile, agosto, 2024.

(A mi familia y amigos, que me apoyaron mucho...)

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
INDICE DE FIGURAS.....	5
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
I. Introducción.....	1
I.1 Objetivo general.....	2
I.2 Objetivos específicos.....	2
II. DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL.....	4
II.1 Dimensiones y Distribución.....	4
II.2 Irregularidad en Planta.....	4
II.3 Altura Total.....	4
II.4 Descripción estructural por nivel.....	5
III. DESCRIPCIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL.....	10
III.1 Descripción del Modelo.....	10
III.2 Mallado del Modelo.....	10
III.3 Simplificaciones en el Modelo.....	13
III.4 Procedimientos de Análisis.....	13
III.5 Registros Sísmicos.....	14
III.6 Espectros de pseudo-aceleración de los registros sísmicos.....	17
III.6.1 Ecuación de equilibrio dinámico.....	18
III.6.2 Respuesta Dinámica: Solución de la Ecuación.....	18
III.6.3 Cálculo del Espectro de Pseudo-Aceleración.....	18
III.6.4 Representación del Espectro.....	19
IV. RESULTADOS OBTENIDOS.....	22
IV.1 - Periodos y Modos de Vibración.....	22
IV.2 Corte Basal - Sismo Constitución.....	23

IV.3 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa	
- Sismo Constitución.....	24
IV.4 Desplazamientos de entre pisos - Sismo Constitución.....	25
IV.5 Tensiones axiales horizontales en muros - Sismo Constitución	26
IV.6 Corte Basal - Sismo Concepción.....	35
IV.7 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa	
- Sismo Concepción	36
IV.8 Desplazamientos de entre pisos - Sismo Concepción	37
IV.9 Esfuerzos Axiales horizontales en muros - Sismo Concepción	38
IV.10 Corte Basal - Sismo Lloleó	47
IV.11 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa	
- Sismo Lloleó.....	48
IV.12 Desplazamientos de entre pisos - Sismo Lloleó.....	49
IV.13 Esfuerzos Axiales horizontales en muros - Sismo Lloleó.....	50
IV.14 Corte Basal - Sismo Santiago.....	59
IV.15 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa	
- Sismo Santiago	60
IV.16 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa	
- Sismo Santiago	61
IV.17 Esfuerzos Axiales horizontales en muros - Sismo Santiago	62
IV.18 Corte Basal - Sismo La Florida.....	71
IV.19 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa	
- Sismo La Florida	72
IV.20 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa	
- Sismo La florida	73
IV.21 Esfuerzos Axiales horizontales en muros - Sismo La Florida	74
V. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.....	83
BIBLIOGRAFIA.....	85

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2-1: Planta estructura 1° al 4° nivel	6
Figura 2-2: Planta estructura 5° nivel	7
Figura 2-3: Elevación fachada principal Arquitectura	8
Figura 2-4: Elevación lateral secundaria Arquitectura	8
Figura 2-5: Elevación posterior fachada Arquitectura	9
Figura 3-1: Mallado planta estructura 1° al 5° nivel	11
Figura 3-2: Modelado Vista 3D	12
Figura 3-3: Registro Tiempo Historia Sismo Constitución 2010	15
Figura 3-4: Registro Tiempo Historia Sismo Concepción 2010	15
Figura 3-5: Registro Tiempo Historia Sismo Llole	16
Figura 3-6: Registro Tiempo Historia Sismo Santiago	16
Figura 3-7: Registro Tiempo Historia Sismo La Florida	17
Figura 3-8: Espectro Sismo Constitución 2010	19
Figura 3-9: Espectro Sismo Concepción 2010	20
Figura 3-10: Espectro Sismo Llole	20
Figura 3-11: Espectro Sismo Santiago	21
Figura 3-12: Espectro Sismo La Florida	21
Figura 4-1: Corte Basal Sismo Constitución dirección X	23
Figura 4-2: Corte Basal Sismo Constitución dirección Y	23
Figura 4-3: Desplazamiento de piso en centro masa - Sismo Constitución dirección X	24
Figura 4-4: Desplazamiento de piso en centro masa - Sismo Constitución dirección Y	24
Figura 4-5: Desplazamientos de entre piso - Sismo Constitución dirección X	25
Figura 4-6: Desplazamientos de entre piso - Sismo Constitución dirección Y	25
Figura 4-7: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución Y-eje 1	26
Figura 4-8: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución Y-eje 1	26
Figura 4-9: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución Y-eje 2	27
Figura 4-10: Tensiones axiales horizontales-TH -Sismo Constitución Y- eje 2	27
Figura 4-11: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución Y-eje 5	28
Figura 4-12: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución Y-eje 5	28
Figura 4-13: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución Y eje-8	29
Figura 4-14: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución Y-eje 8	29
Figura 4-15: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución Y-eje 9	30
Figura 4-16: Tensiones axiales horizontales-TH Sismo Constitución Y-eje 9	30
Figura 4-17: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución X-eje A	31
Figura 4-18: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución X-eje A	31
Figura 4-19: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución X-eje B	32
Figura 4-20: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución X-eje B	32
Figura 4-21: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución X-eje C	33
Figura 4-22: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución X-eje C	33
Figura 4-23: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución X-eje D	34
Figura 4-24: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución X-eje D	34
Figura 4-25: Corte basal-sismo Concepción dirección X	35

Figura 4-26: Corte basal-sismo Concepción dirección Y	35
Figura 4-27: Desplazamiento de piso en centro masa - Sismo Concepción dirección X	36
Figura 4-28: Desplazamiento de piso en centro masa - Sismo Concepción dirección Y	36
Figura 4-29: Desplazamientos relativos de entre piso - Sismo Concepción dirección X	37
Figura 4-30: Desplazamientos relativos de entre piso - Sismo Concepción dirección Y	37
Figura 4-31: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción Y-eje 1	38
Figura 4-32: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción Y-eje 1	38
Figura 4-33: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción Y-eje 2	39
Figura 4-34: Tensiones axiales horizontales-TH -Sismo Concepción Y- eje 2	39
Figura 4-35: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción Y-eje 5	40
Figura 4-36: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción Y-eje 5	40
Figura 4-37: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción Y eje-8	41
Figura 4-38: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción Y-eje 8	41
Figura 4-39: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción Y-eje 9	42
Figura 4-40: Tensiones axiales horizontales-TH Sismo Concepción Y-eje 9	42
Figura 4-41: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción X-eje A	43
Figura 4-42: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción X-eje A	43
Figura 4-43: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción X-eje B	44
Figura 4-44: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción X-eje B	44
Figura 4-45: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción X-eje C	45
Figura 4-46: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción X-eje C	45
Figura 4-47: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción X-eje D	46
Figura 4-48: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción X-eje D	46
Figura 4-49: Corte Basal-Sismo Llolleo dirección X	47
Figura 4-50: Corte Basal-Sismo Llolleo dirección Y	47
Figura 4-51: Desplazamiento Centro Masa-Sismo Llolleo dirección X	48
Figura 4-52: Desplazamiento Centro Masa-Sismo Llolleo dirección Y	48
Figura 4-53: Desplazamientos relativos de entre piso Sismo Llolleo dirección X	49
Figura 4-54: Desplazamientos relativos de entre piso - Sismo Llolleo dirección Y	49
Figura 4-55: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Llolleo Y-eje 1	50
Figura 4-56: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo Y-eje 1	50
Figura 4-57: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Llolleo Y-eje 2	51
Figura 4-58: Tensiones axiales horizontales-TH -Sismo Llolleo Y- eje 2	51
Figura 4-59: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Llolleo Y-eje 5	52
Figura 4-60: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo Y-eje 5	52
Figura 4-61: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Llolleo Y eje-8	53
Figura 4-62: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo Y-eje 8	53
Figura 4-63: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo Y-eje 8	54
Figura 4-64: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo Y-eje 8	54
Figura 4-65: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo Y-eje 8	55
Figura 4-66: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo Y-eje 8	55
Figura 4-67: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Llolleo X-eje B	56
Figura 4-68: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo X-eje	56
Figura 4-69: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Llolleo X-eje C	57
Figura 4-70: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo X-eje C	57
Figura 4-71: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Llolleo X-eje D	58

Figura 4-72: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo X-eje D	58
Figura 4-73: Corte Basal-Sismo Santiago dirección X	59
Figura 4-74: Corte Basal-Sismo Santiago dirección Y	59
Figura 4-75: Desplazamiento Centro Masa-Sismo Santiago dirección X	60
Figura 4-76: Desplazamiento Centro Masa-Sismo Santiago dirección Y	60
Figura 4-77: Desplazamientos relativos entre Piso - Sismo Santiago dirección X	61
Figura 4-78: Desplazamientos relativos entre Piso - Sismo Santiago dirección Y	61
Figura 4-79: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago Y-eje 1	62
Figura 4-80: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago Y-eje 1	62
Figura 4-81: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago Y-eje 2	63
Figura 4-82: Tensiones axiales horizontales-TH -Sismo Santiago Y- eje 2	63
Figura 4-83: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago Y-eje 5	64
Figura 4-84: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago Y-eje 5	64
Figura 4-85: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago Y eje-8	65
Figura 4-86: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago Y-eje 8	65
Figura 4-87: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago Y-eje 9	66
Figura 4-88: Tensiones axiales horizontales-TH Sismo Santiago Y-eje 9	66
Figura 4-89: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago X-eje A	67
Figura 4-90: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago X-eje A	67
Figura 4-91: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago dirección X-eje B	68
Figura 4-92: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago X-eje B	68
Figura 4-93: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago X-eje C	69
Figura 4-94: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago X-eje C	69
Figura 4-95: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago X-eje D	70
Figura 4-96: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago X-eje D	70
Figura 4-97: Corte Basal-Sismo La Florida dirección X	71
Figura 4-98: Corte Basal-Sismo La Florida dirección Y	71
Figura 4-99: Desplazamiento Centro Masa-Sismo La Florida dirección X	72
Figura 4-100: Desplazamiento Centro Masa-Sismo La Florida dirección Y	72
Figura 4-101: Desplazamientos relativos entre Piso - Sismo La Florida dirección X	73
Figura 4-102: Desplazamientos relativos entre Piso - Sismo La Florida dirección Y	73
Figura 4-103: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida Y-eje 1	74
Figura 4-104: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida Y-eje 1	74
Figura 4-105: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida Y-eje 2	75
Figura 4-106: Tensiones axiales horizontales-TH -Sismo La Florida Y- eje 2	75
Figura 4-107: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida Y-eje 5	76
Figura 4-108:Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida Y-eje 5	76
Figura 4-109: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida Y eje-8	77
Figura 4-110: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida Y-eje 8	77
Figura 4-111: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida Y-eje 9	78
Figura 4-112: Tensiones axiales horizontales-TH Sismo La Florida Y-eje 9	78
Figura 4-113: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida X-eje A	79
Figura 4-114: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida X-eje A	79
Figura 4-115: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida X-eje B	80
Figura 4-116: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida X-eje B	80
Figura 4-117: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida X-eje C	81

Figura 4-118: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida X-eje C	81
Figura 4-119: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida X-eje D	82
Figura 4-120: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida X-eje D	82

RESUMEN

El diseño y análisis de estructuras de edificios sometidos a cargas sísmicas es una tarea fundamental en la ingeniería civil, especialmente en regiones con alta actividad sísmica como Chile. Los edificios de hormigón armado, debido a su resistencia y durabilidad, son una elección común en la construcción de edificaciones de varios niveles. Sin embargo, la presencia de irregularidades en planta introduce desafíos adicionales en el comportamiento sísmico de estas estructuras, requiriendo métodos de análisis avanzados para garantizar su seguridad y desempeño adecuado.

En el presente trabajo se analizó un edificio de cinco niveles de hormigón armado que presenta irregularidades en planta. Se utilizaron dos métodos principales de análisis: el análisis modal espectral y el análisis tiempo-historia, aplicando diferentes registros sísmicos obtenidos de eventos ocurridos en Chile.

En primera instancia, se calcularon los espectros de pseudo-aceleración de estos registros sísmicos, los cuales sirvieron como base para realizar el análisis modal espectral utilizando el software ETABS. El análisis modal espectral permite obtener una estimación de la respuesta dinámica del edificio considerando la superposición de modos de vibración, siendo una herramienta ampliamente utilizada en el diseño sismorresistente.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis tiempo-historia, que implica la aplicación directa de los registros sísmicos en el modelo estructural para obtener la respuesta temporal del edificio bajo dichos eventos. Este método, aunque más detallado y preciso, es computacionalmente más exigente.

Este análisis comparativo permitió evaluar la precisión y confiabilidad del análisis modal espectral en la estimación de la respuesta sísmica de estructuras con irregularidad en planta, proporcionando valiosa información para la optimización de métodos de diseño y análisis en ingeniería sismorresistente.

ABSTRACT

The design and analysis of building structures subjected to seismic loads is a crucial task in civil engineering, especially in regions with high seismic activity such as Chile. Reinforced concrete buildings, due to their strength and durability, are a common choice in construction of multi-story buildings. However, horizontal irregularities introduce additional challenges in the seismic analysis of these structures, requiring advanced analysis methods to ensure their safety and adequate performance.

This work focuses on the seismic analysis of a five-story reinforced concrete building with horizontal irregularities. Two main analysis methods were used: modal spectral analysis and time-history analysis. Different seismic records obtained from Chilean events were considered.

First, the pseudo-acceleration spectra of these seismic records were calculated, which served as the basis for performing the modal spectral analysis using the ETABS software. Modal spectral analysis makes possible the assessment of the dynamic response of the building considering the superposition of the vibration modes, and is a widely used tool in seismic-resistant design.

Subsequently, a time-history analysis was carried out, which involved the direct application of the seismic records to the structural model to obtain the time-varying response. This method, although more detailed and precise, is computationally more demanding.

This comparative analysis made possible the evaluation of the accuracy and reliability of modal spectral analysis in estimating the seismic response of structures with horizontal irregularities, providing valuable information for the optimization of design and analysis methods.

I. INTRODUCCIÓN

En el campo de la ingeniería estructural el análisis sísmico es una herramienta esencial para la evaluación y diseño de estructuras capaces de soportar eventos sísmicos. Este aspecto es particularmente crítico en regiones con alta actividad sísmica como Chile, donde los edificios deben ser diseñados no solo para resistir las cargas estáticas sino también las dinámicas que resultan de los terremotos.

Los edificios de hormigón armado son una elección común en la construcción de edificaciones de varios niveles debido a su resistencia y durabilidad. Sin embargo, la presencia de irregularidades en la planta de estos edificios introduce complejidades adicionales en su comportamiento sísmico. Estas irregularidades pueden generar torsiones y otros efectos dinámicos que complican el análisis y diseño, requiriendo métodos de análisis avanzados para garantizar la seguridad y el desempeño adecuado de las estructuras.

Existe una discusión en la comunidad de ingeniería estructural sobre la precisión del análisis modal espectral para estructuras con irregularidad en planta. El objetivo de este trabajo consiste en comparar resultados obtenidos del análisis modal espectral de un edificio de cinco niveles de hormigón armado que presenta irregularidades en planta con resultados obtenidos mediante análisis tiempo-historia lineal. Se emplearán registros sísmicos obtenidos de eventos ocurridos en Chile, proporcionando una base realista y precisa para la evaluación estructural.

En primer lugar, se calcularán los espectros de pseudo-aceleración de los registros sísmicos, los cuales se utilizarán en el análisis modal espectral mediante el software ETABS. Este enfoque permite estimar la respuesta dinámica del edificio considerando la superposición de modos de vibración, lo cual es crucial para el diseño sismorresistente.

Posteriormente, se realizará un análisis tiempo-historia, que implica la aplicación directa de los registros sísmicos en el modelo estructural para obtener la respuesta en el tiempo del edificio. Aunque este método es más detallado y preciso, también es computacionalmente más exigente.

A través de este análisis comparativo, se evaluará la precisión y confiabilidad del análisis modal espectral en la estimación de la respuesta sísmica de una estructura con irregularidad en planta. Los resultados obtenidos proporcionarán información valiosa para la optimización de métodos de diseño y análisis en ingeniería sismorresistente, contribuyendo al desarrollo de edificaciones más seguras y eficientes en regiones sísmicamente activas.

I.1 Objetivo general

El objetivo principal de este estudio consiste en verificar la capacidad del análisis modal espectral para estimar adecuadamente la respuesta estructural “exacta” obtenida del análisis tiempo-historia. Para ello, se compararán resultados tales como esfuerzos axiales en los muros, desplazamientos relativos entre pisos y desplazamientos de piso.

I.2 Objetivos específicos

- Calcular los espectros de pseudo-aceleración de diferentes sismos ocurridos en Chile.
- Realizar un análisis modal espectral utilizando el software ETABS para evaluar las frecuencias naturales y los modos de vibración del edificio.
- Realizar un análisis de tiempo historia para simular la respuesta estructural del edificio bajo estas excitaciones sísmicas.

- Comparar los resultados del análisis modal espectral con los obtenidos del análisis tiempo historia, con énfasis en esfuerzos axiales en los muros, desplazamientos de entrepiso y desplazamientos de techo.

II. DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL

La estructura consiste en un sistema basado en muros de hormigón armado, los cuales se conectan por vigas y losas de la misma materialidad

A nivel de cielo de cada uno de los pisos hay una losa de hormigón armado, la cual actúa como diafragma rígido y además permite distribuir las cargas verticales a los muros para que éstos a su vez descarguen a las fundaciones.

Las fundaciones consisten en zapatas corridas bajo los muros que conectan con el resto de la estructura

II.1 Dimensiones y Distribución

El edificio presenta una planta con dimensiones de 16 metros de ancho por 18.5 metros de largo, distribuidos en 5 niveles, cada uno con una altura de piso de 2.56 metros. La estructura tiene una irregularidad en planta debido a la disposición de los elementos estructurales y funcionales.

II.2 Irregularidad en Planta

La distribución en planta del edificio no es simétrica, lo que se debe a la disposición de los muros de carga y otros elementos estructurales. Además, presenta marcadas irregularidades (entrantes).

El edificio cuenta con una escalera central que conecta todos los niveles, desde la planta baja hasta el quinto piso.

II.3 Altura Total

Con cinco niveles y una altura de piso de 2.56 metros, la altura total del edificio es de aproximadamente 12.8 metros. Esta altura, junto con las dimensiones en planta, define

el volumen total de la edificación y afecta tanto el diseño estructural como la distribución de las cargas.

II.4 Descripción estructural por nivel

Cubierta: La cubierta del edificio está conformada por una losa de hormigón armado de 12 cm de espesor, que actúa como un diafragma rígido. Esta losa está apoyada en muros de hormigón armado, asegurando una distribución uniforme de las cargas hacia los elementos de soporte.

Plantas 2° a 4°: En estos niveles se emplean losas de hormigón armado de 15 cm de espesor, que funcionan como diafragmas rígidos. Estas losas transfieren las cargas verticales a los muros de hormigón armado, los cuales dirigen las cargas hacia las fundaciones. En las áreas de pasillos, las losas tienen un espesor de 18 cm.

Planta Baja: En el primer nivel, la losa de hormigón armado de 15 cm de espesor también actúa como un diafragma rígido. Las cargas verticales se transmiten a través de los muros de hormigón armado hacia las fundaciones, garantizando una adecuada transferencia de cargas.

Cimentación: La cimentación se compone de zapatas corridas de diferentes espesores, interconectadas por vigas de cimentación.

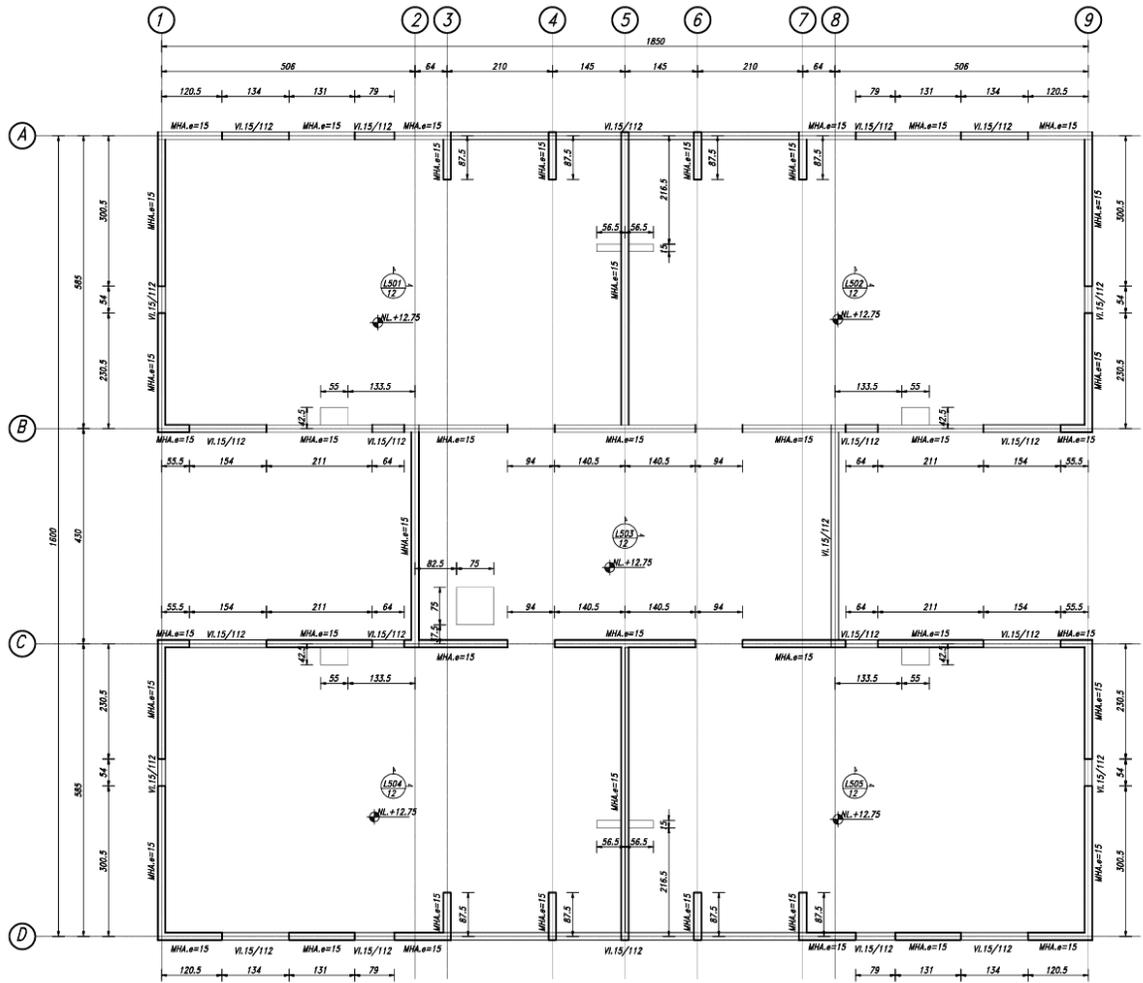


Figura 2-1: Planta estructural 1° al 4° nivel

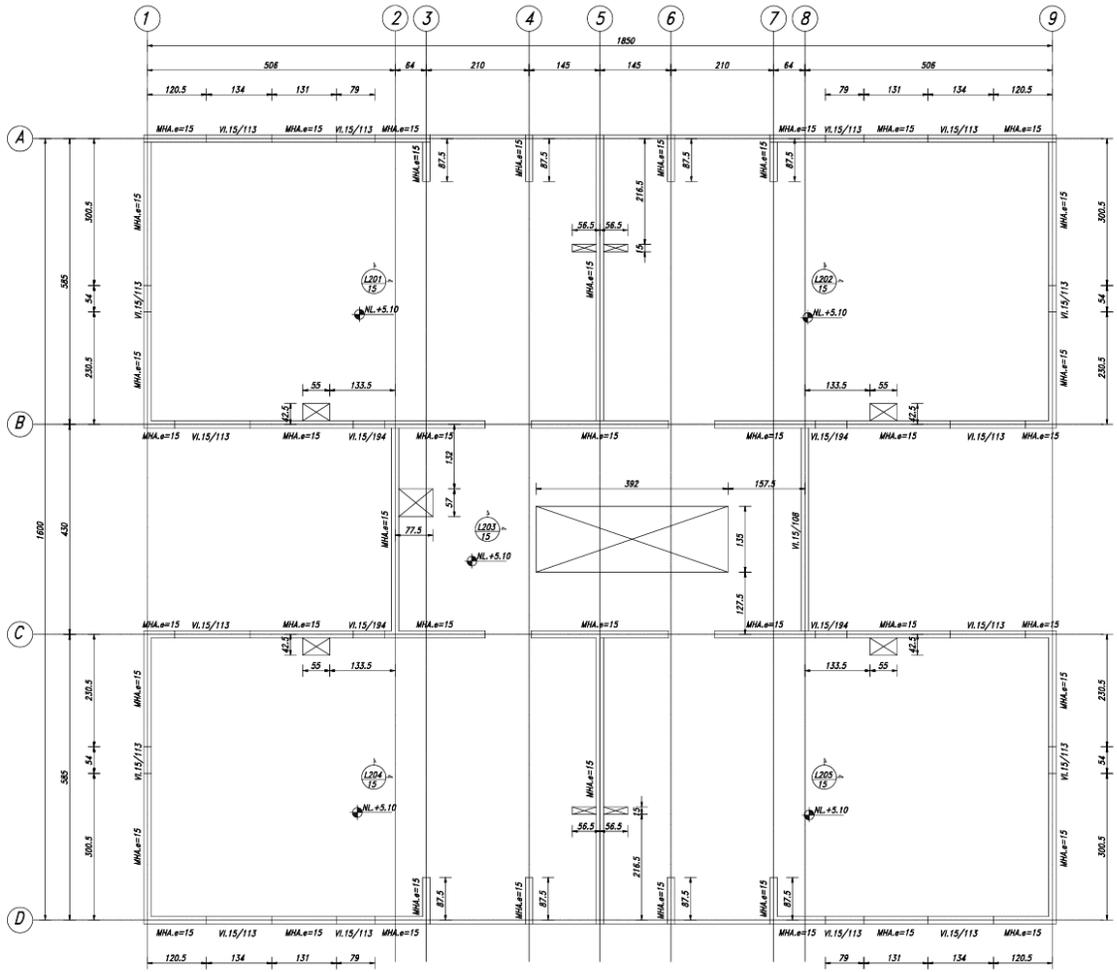


Figura 2-2: Planta estructural 5° nivel

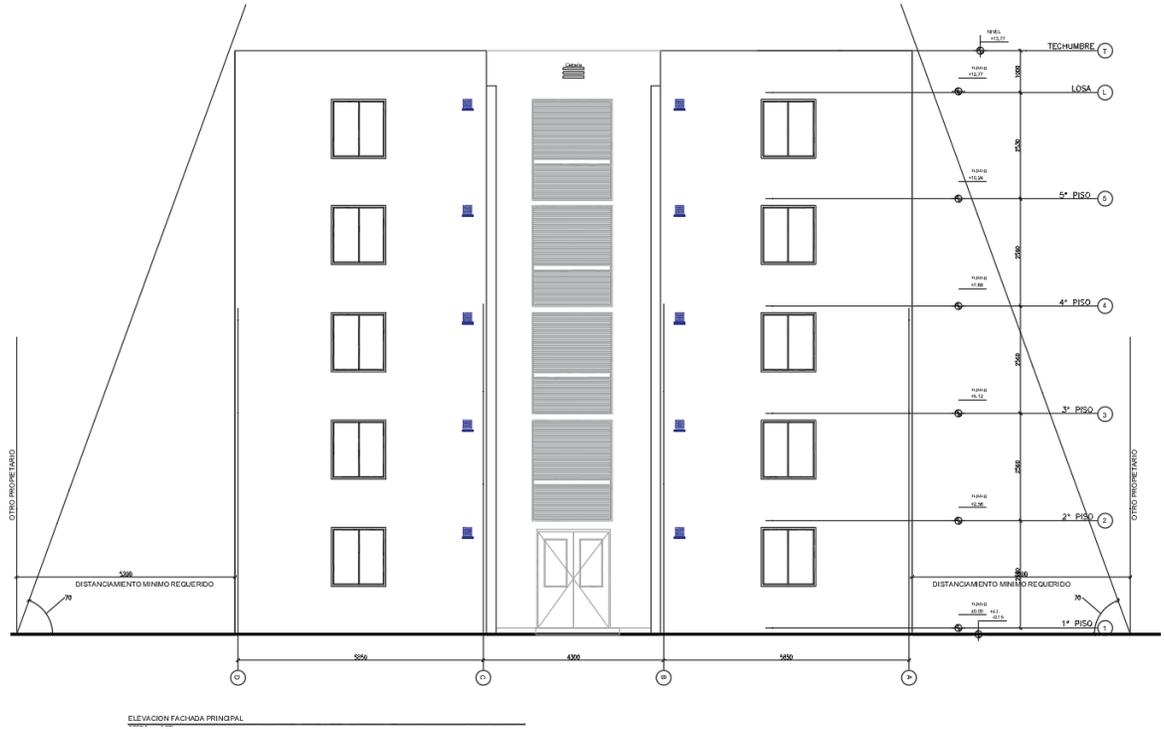


Figura 2-3: Elevación fachada principal Arquitectura

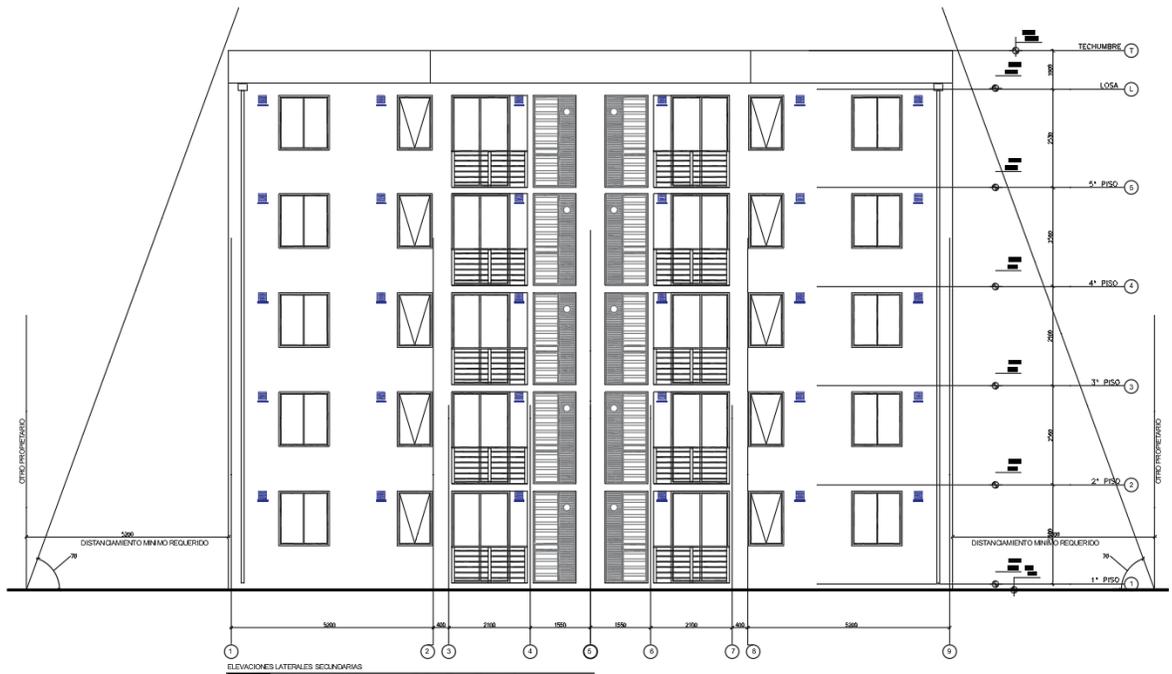


Figura 2-4: Elevación lateral secundaria Arquitectura

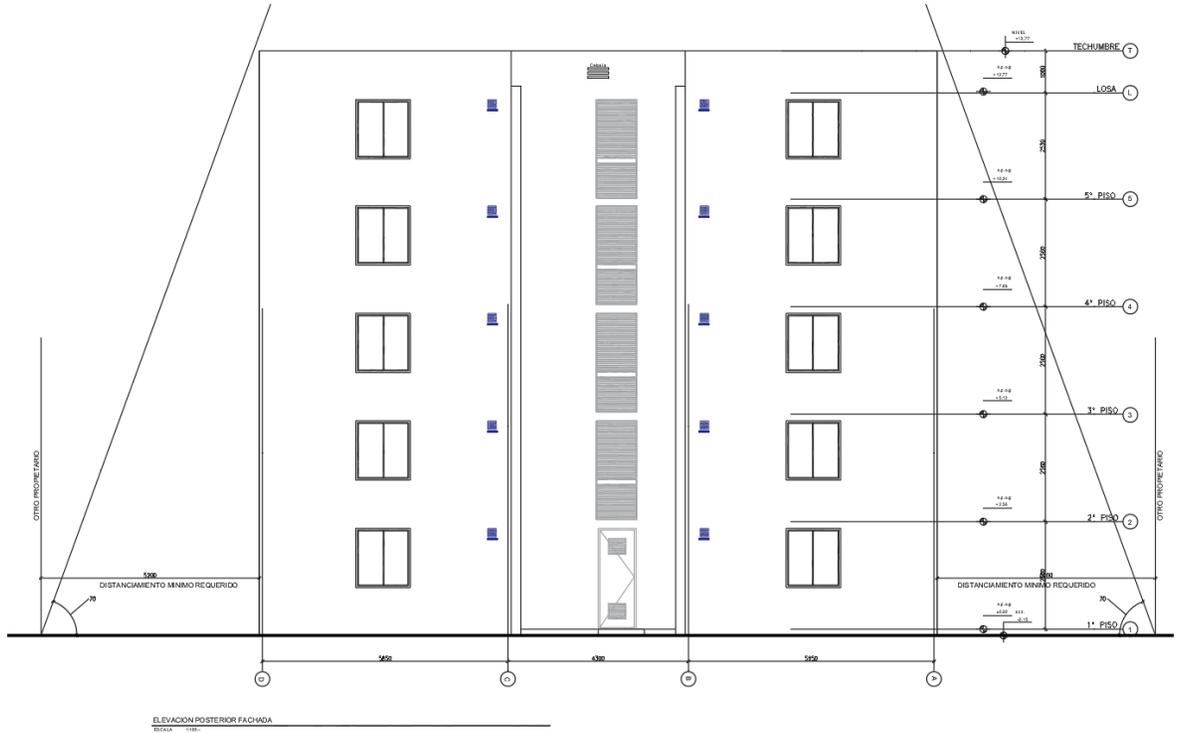


Figura 2-5: Elevación posterior fachada Arquitectura

III. DESCRIPCIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL

El modelado estructural del edificio fue desarrollado utilizando el software ETABS, una herramienta ampliamente reconocida en el campo de la ingeniería estructural por su capacidad para realizar análisis dinámicos y estáticos precisos. En este capítulo se describe el modelo estructural, incluyendo el proceso de mallado, las simplificaciones realizadas, los procedimientos de análisis aplicados y el uso de registros sísmicos.

III.1 Descripción del Modelo

El modelo del edificio en ETABS incluye todos los elementos estructurales relevantes, como muros de hormigón armado, losas, vigas y zapatas de cimentación. Las dimensiones generales del edificio son 16 metros de ancho por 18.5 metros de largo, con una altura total de 12.8 metros distribuidos en cinco niveles, cada uno con una altura de 2.56 metros. La estructura presenta irregularidades en planta y una escalera central, elementos que se han modelado cuidadosamente para reflejar correctamente su impacto en el comportamiento dinámico del edificio.

III.2 Mallado del Modelo

El mallado es un aspecto crucial en el modelado estructural, ya que determina la precisión de los resultados del análisis. En este modelo se utilizó un mallado fino establecido de forma manual con elementos rectangulares, de forma de capturar adecuadamente las respuestas dinámicas y estáticas de la estructura a fin de que el modelo refleje con precisión las propiedades geométricas y materiales del edificio.

Elementos de losa: se empleó un mallado de elementos shell para las losas de cada nivel.

Muros de hormigón armado: los muros fueron modelados utilizando elementos shell con un mallado adecuado para capturar la distribución de esfuerzos y deformaciones. Las vigas y columnas también fueron modeladas con elementos shell, asegurando una adecuada transferencia de cargas entre los diferentes componentes estructurales.

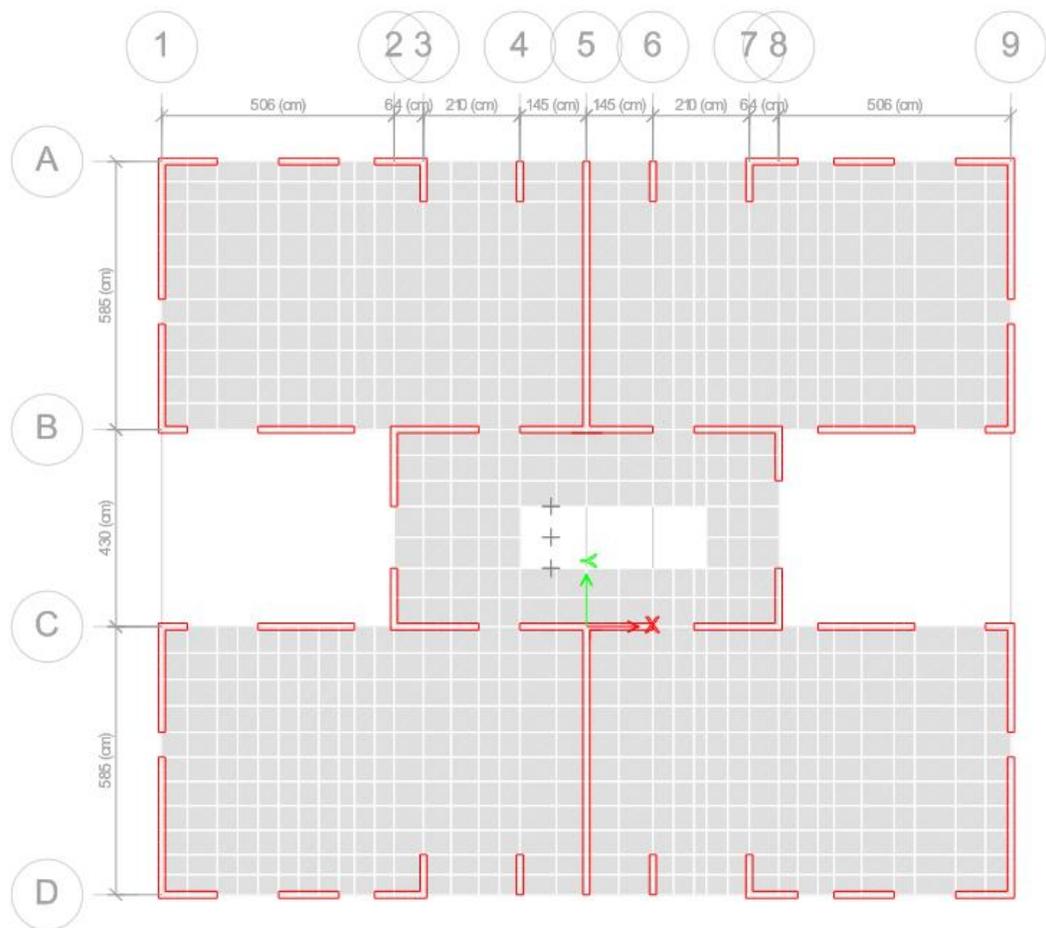


Figura 3-1: Mallado planta estructura 1º al 5º nivel

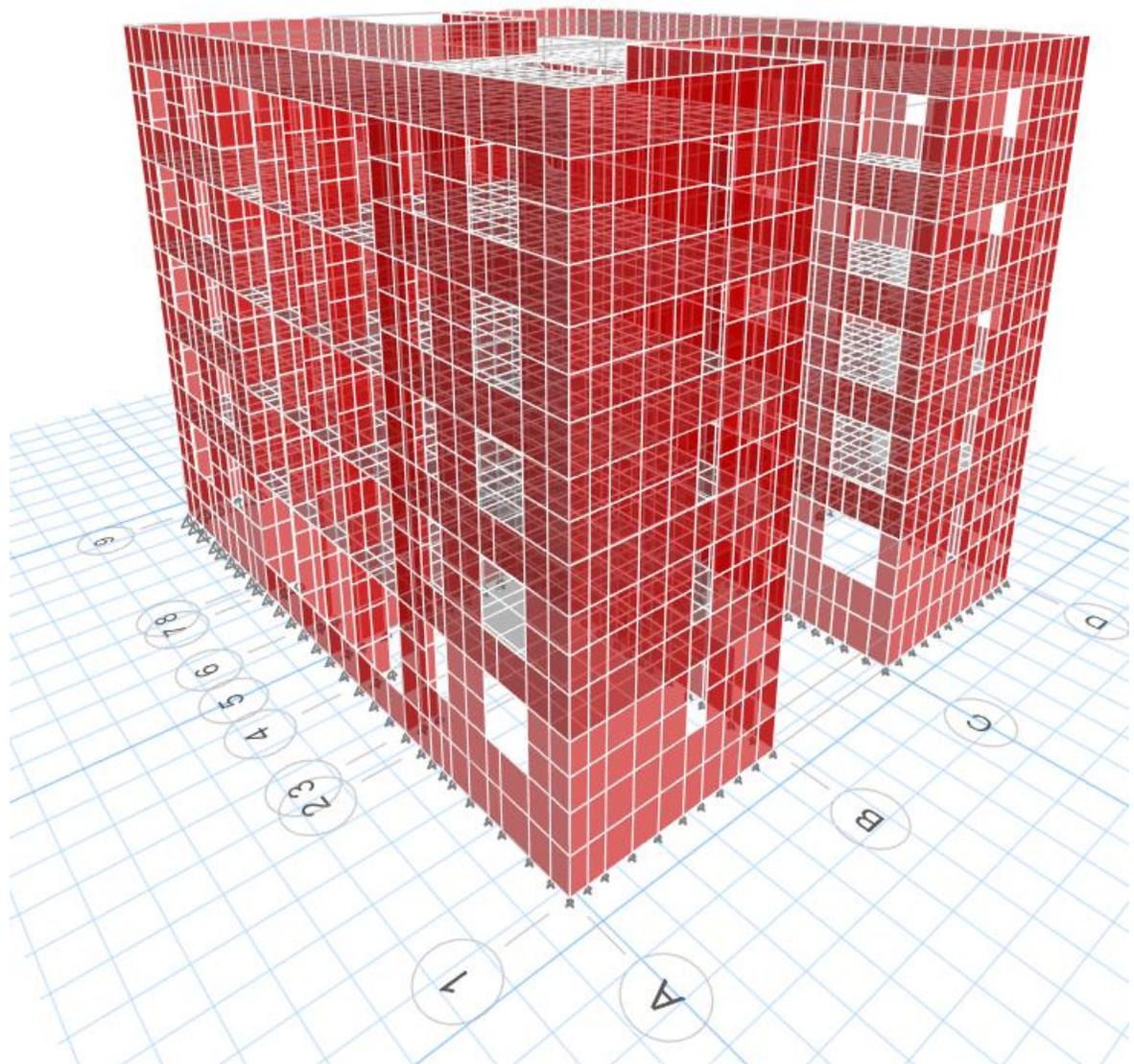


Figura 3-2: Modelado Vista 3D

III.3 Simplificaciones en el Modelo

Para facilitar el análisis sin comprometer significativamente la precisión, se realizaron ciertas simplificaciones en el modelado:

- Homogeneización de materiales: se asumió homogeneidad en las propiedades del hormigón armado para simplificar la modelación y el análisis.
- Reducción de complejidad geométrica: elementos menores como pequeñas aberturas y detalles no críticos se omitieron para reducir la complejidad del modelo.
- Suposición de diafragma rígido: esta suposición implica que las losas son capaces de distribuir las cargas horizontales de manera uniforme entre los diferentes elementos verticales de soporte, como muros y columnas.

Al modelar las losas como diafragmas rígidos se considera que éstas tienen suficiente rigidez en su plano para no experimentar deformaciones significativas bajo cargas laterales. Esto permite que las losas mantengan su forma y transfieran eficientemente las fuerzas sísmicas a los muros y columnas. Esta aproximación simplifica el análisis estructural y es adecuada para losas que, debido a su espesor y configuración, presentan una alta rigidez en su plano.

III.4 Procedimientos de Análisis

El análisis estructural del modelo se llevó a cabo mediante los siguientes procedimientos:

- Análisis Modal Espectral (AME): este análisis permite evaluar la respuesta dinámica del edificio considerando la superposición de modos de vibración.
- Análisis Tiempo-Historia (TH): se realizaron análisis tiempo-historia para evaluar la respuesta en el tiempo del edificio bajo registros sísmicos específicos. Este método

implica la aplicación directa de los registros sísmicos en el modelo estructural para obtener una respuesta detallada y precisa.

III.5 Registros Sísmicos

Para el análisis tiempo-historia, se seleccionaron varios registros sísmicos representativos de eventos ocurridos en Chile. Estos registros fueron seleccionados de manera de asegurar que su contenido frecuencial sea adecuado para el análisis estructural realista del edificio.

Se define en este estudio la dirección X como la componente sísmica de dirección Este-Oeste y la dirección Y a la componente Norte-Sur del registro sísmico.

Registros de alta intensidad:

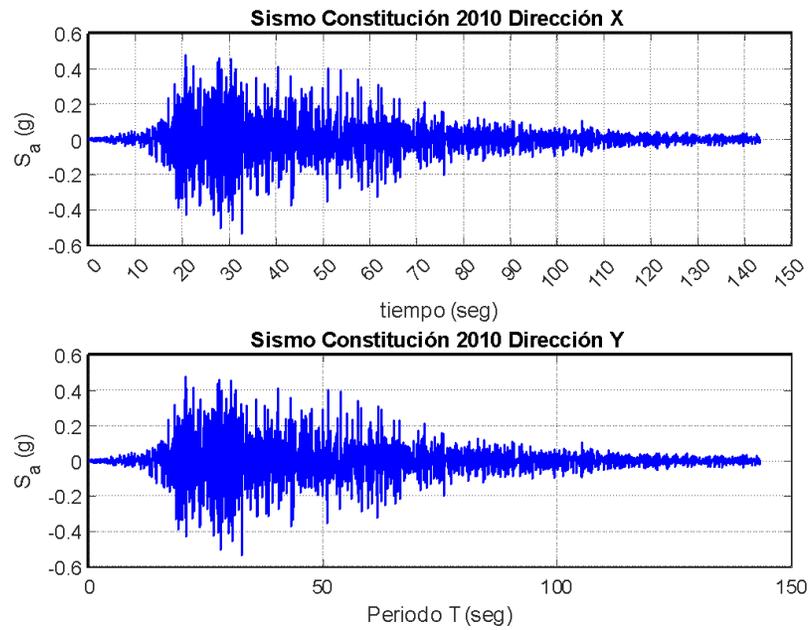


Figura 3-3: Registro Sismo Constitución 2010

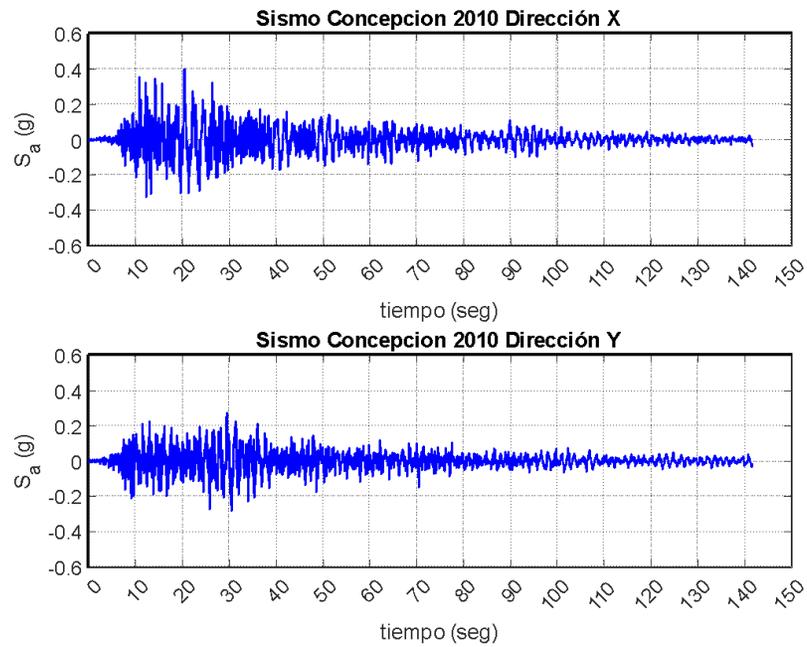


Figura 3-4: Registro Sismo Concepción 2010

Registros de intensidad moderada:

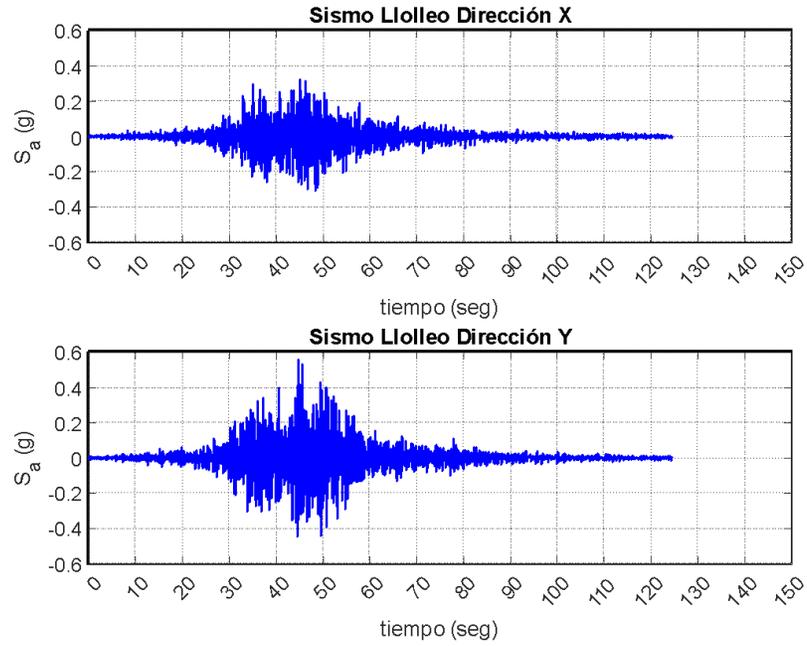


Figura 3-5: Registro Sismo Lollo

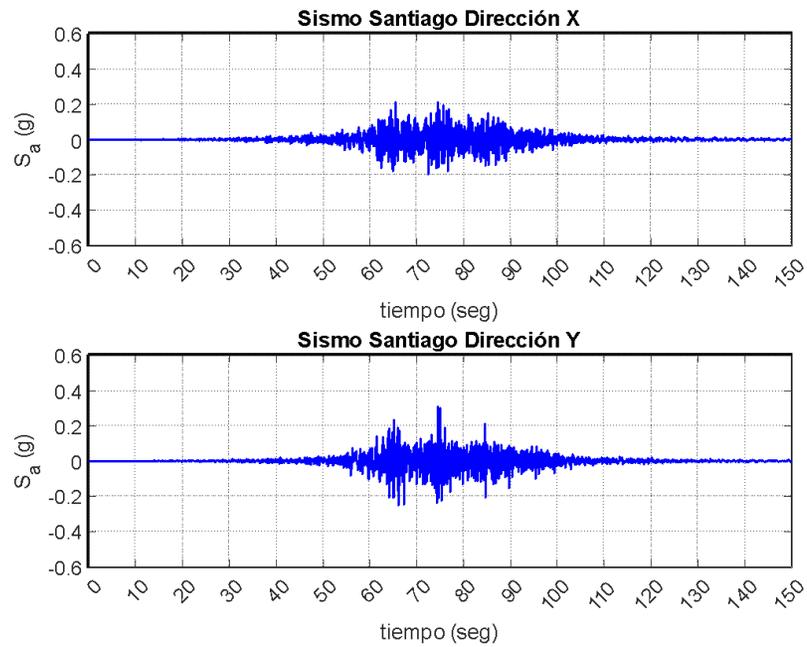


Figura 3-6: Registro Sismo Santiago

Registro de menor intensidad:

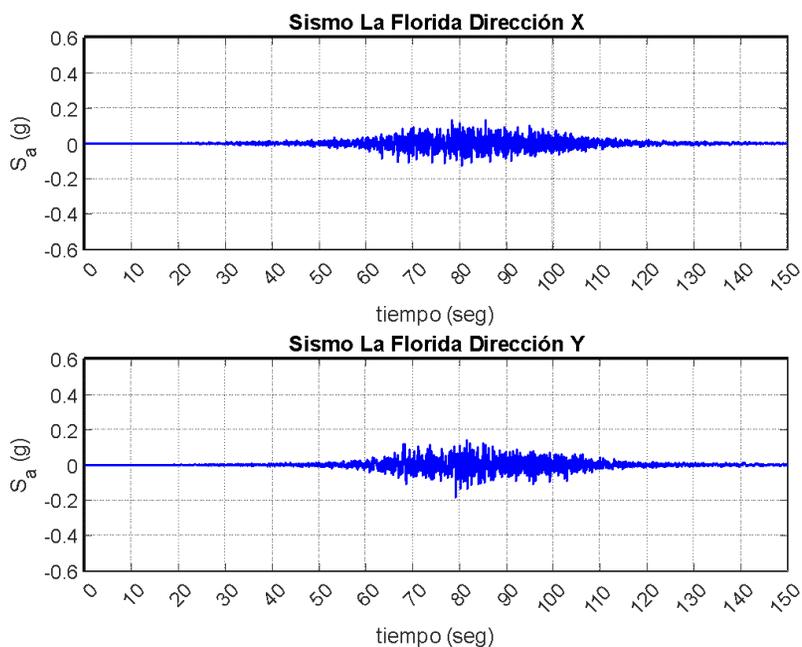


Figura 3-7: Registro Tiempo Historia Sismo La Florida

III.6 Espectros de pseudo-aceleración de los registros sísmicos

El espectro de pseudo-aceleración es una representación gráfica que muestra la máxima aceleración esperada en una estructura para diferentes períodos de vibración, considerando un cierto amortiguamiento y una excitación sísmica específica. Este procedimiento se basa en la teoría del sistema de un grado de libertad (SDOF) y la ecuación de equilibrio dinámico.

Modelo de un Grado de Libertad (SDOF):

El modelo SDOF se utiliza para simplificar la representación de la respuesta dinámica de una estructura bajo cargas sísmicas. En este modelo se considera una masa única (representativa de la masa total de la estructura), un resorte que representa la rigidez estructural, y un amortiguador que simula el efecto de la disipación de energía.

III.6.1 Ecuación de equilibrio dinámico

La ecuación de movimiento de un sistema SDOF se describe por la ecuación diferencial:

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = -m\ddot{u}_g(t)$$

donde:

m : es la masa del sistema,

c : es el coeficiente de amortiguamiento,

k : es la rigidez del sistema,

$u(t)$: es el desplazamiento relativo de la masa respecto a la base,

$\ddot{u}_g(t)$: es la aceleración del suelo o aceleración sísmica en la base.

III.6.2 Respuesta Dinámica: Solución de la Ecuación

Para determinar la respuesta dinámica del sistema SDOF es necesario resolver la ecuación de movimiento para cada valor del período de vibración T (relacionado con la rigidez y la masa del sistema). La solución de la ecuación proporciona la respuesta en términos de desplazamiento, velocidad y aceleración en función del tiempo.

III.6.3 Cálculo del Espectro de Pseudo-Aceleración

El espectro de pseudo-aceleración se obtiene al calcular la pseudo-aceleración máxima que experimenta el sistema SDOF para distintos períodos de vibración T . Para cada período, se simula la respuesta del sistema a la excitación sísmica definida por $\ddot{u}_g(t)$, y se registra la pseudo-aceleración máxima alcanzada.

III.6.4 Representación del Espectro

Los resultados se representan en una gráfica donde el eje horizontal corresponde al período de vibración T y el eje vertical a la pseudo-aceleración, $S_a(T)$. Esta representación proporciona una visión clara de cómo varía la demanda de pseudo-aceleración con respecto al período de la estructura, y es utilizada para el diseño y evaluación de estructuras sismorresistentes.

Registros de alta intensidad:

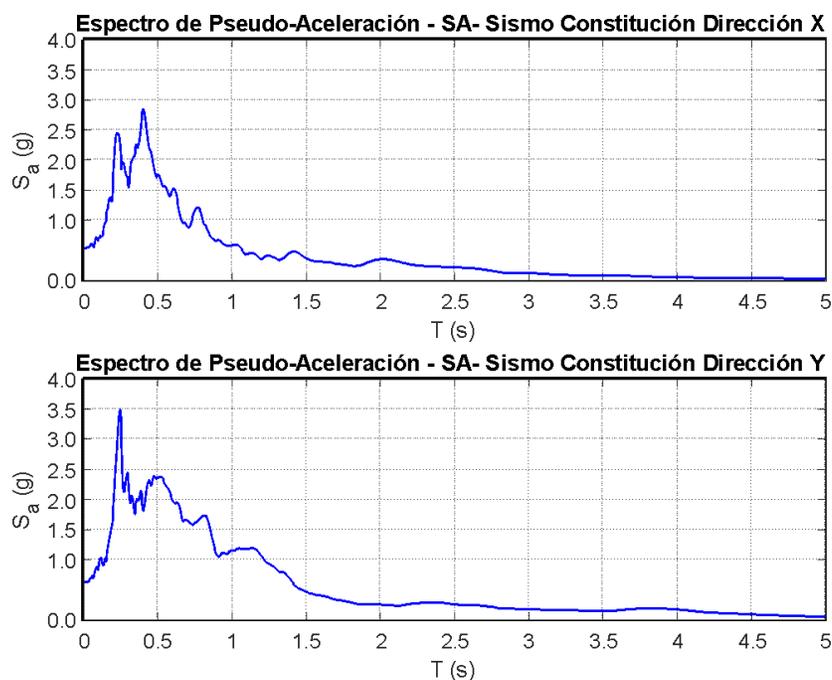


Figura 3-8: Espectro Sismo Constitución 2010

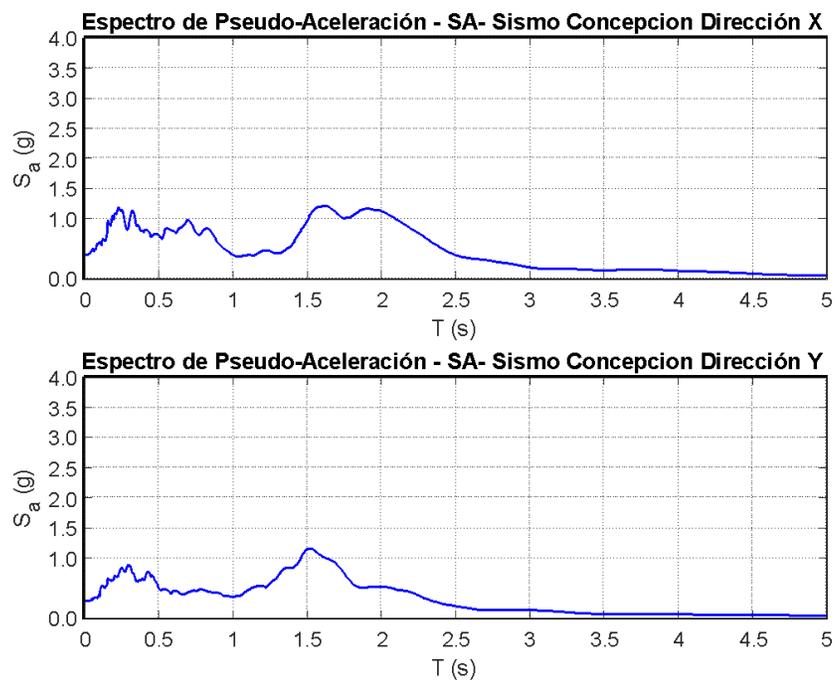


Figura 3-9: Espectro Sismo Concepción 2010

Registros de intensidad moderada:

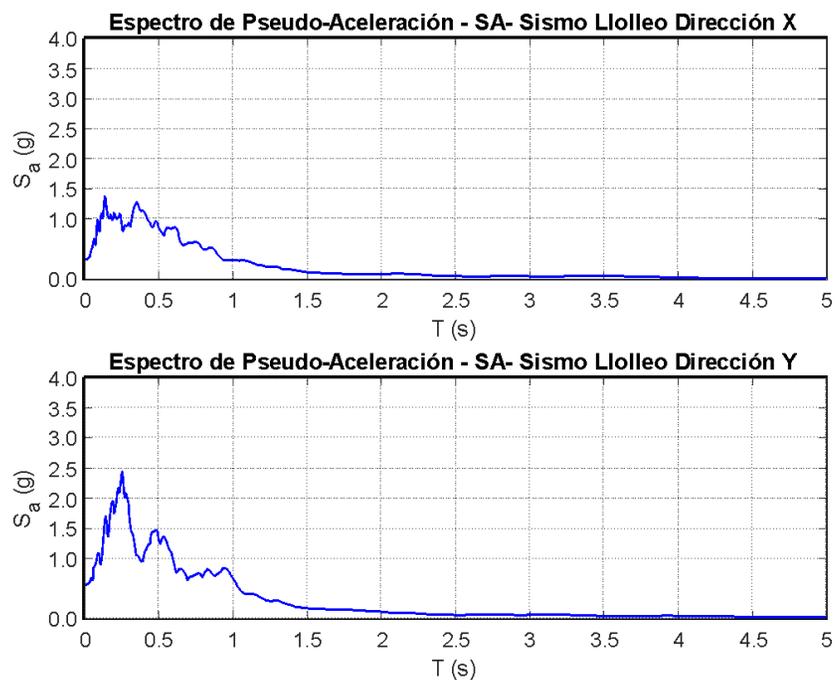


Figura 3-10: Espectro Sismo Lolleo

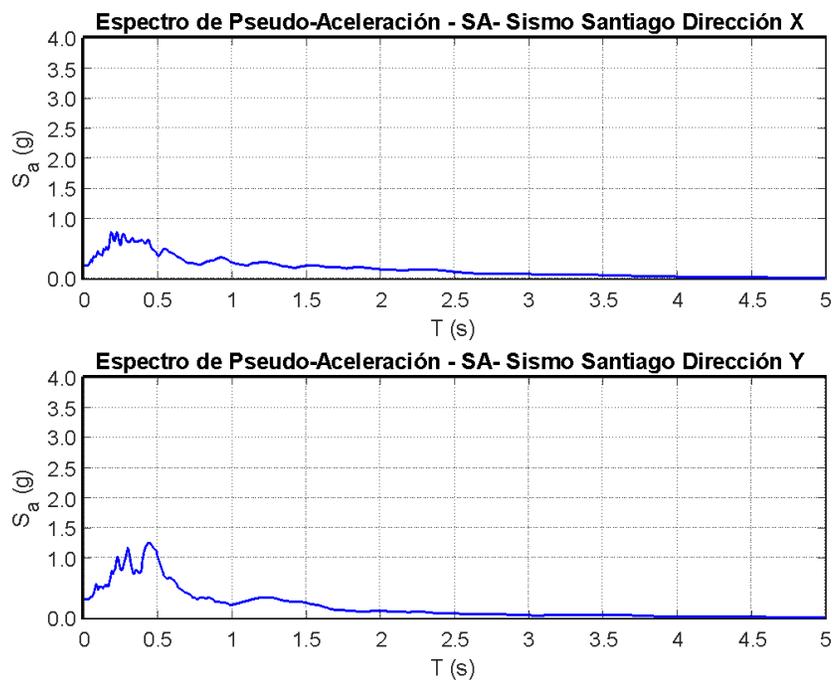


Figura 3-11: Espectro Sismo Santiago

Registro de menor intensidad:

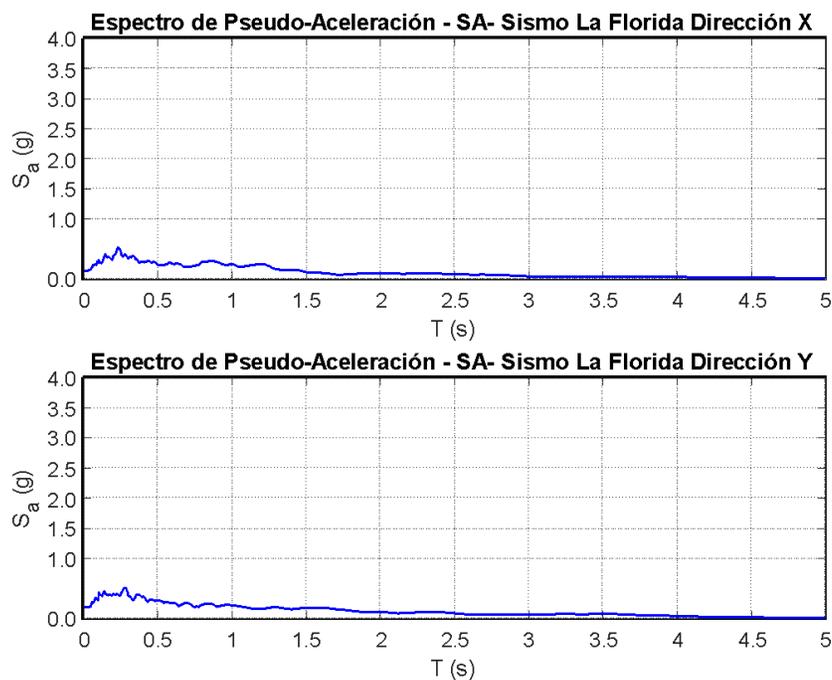


Figura 3-12: Espectro Sismo La Florida

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos de los análisis realizados proporcionan información valiosa sobre el comportamiento dinámico y estático del edificio. Los parámetros clave evaluados incluyen:

IV.1 - Periodos y Modos de Vibración

A continuación, se muestra una tabla con los principales modos y periodos obtenidos de la modelación de la estructura en el software Etabs.

Caso	Modo	Periodo (segundos)	UX	UY	Sum.UX	Sum.UY
Modal	1	0.16	0.70%	81.50%	0.70%	81.50%
Modal	2	0.16	80.90%	0.70%	81.50%	82.20%
Modal	3	0.13	0.00%	0.80%	81.50%	83.00%
Modal	4	0.05	0.00%	0.70%	81.50%	83.70%
Modal	5	0.05	0.00%	13.60%	81.50%	97.30%
Modal	6	0.05	15.10%	0.00%	96.60%	97.30%
Modal	7	0.04	0.00%	0.10%	96.70%	97.30%
Modal	8	0.04	0.00%	0.00%	96.70%	97.30%
Modal	9	0.04	0.00%	0.00%	96.70%	97.30%
Modal	10	0.03	0.00%	0.50%	96.70%	97.90%
Modal	11	0.03	0.00%	0.00%	96.70%	97.90%
Modal	12	0.03	0.00%	0.00%	96.70%	97.90%
Modal	13	0.03	0.00%	0.00%	96.70%	97.90%
Modal	14	0.03	0.00%	0.10%	96.70%	97.90%
Modal	15	0.03	0.00%	0.00%	96.70%	98.00%

IV.2 Corte Basal - Sismo Constitución

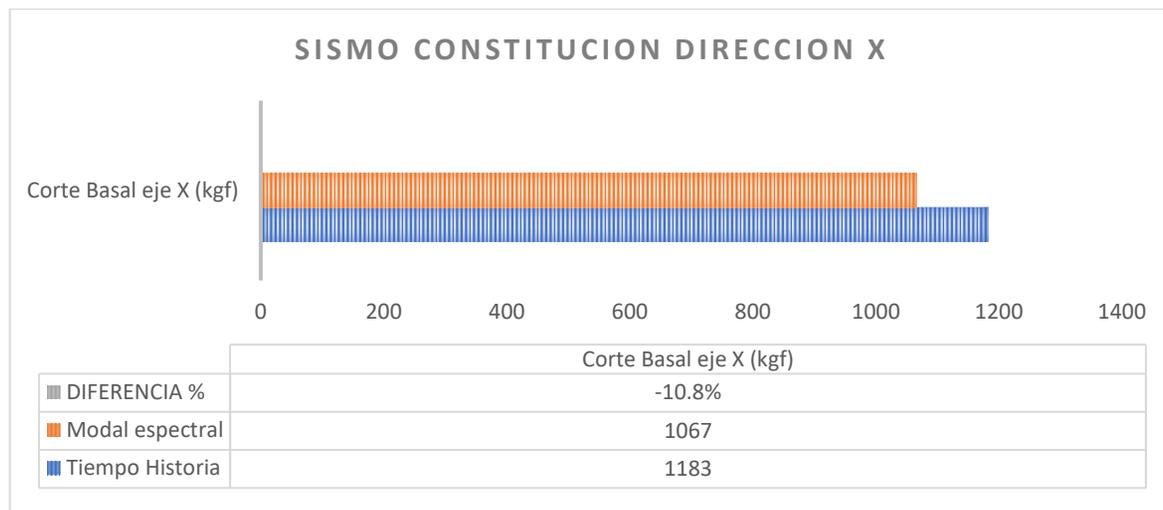


Figura 4-1: Corte Basal Sismo Constitución dirección X

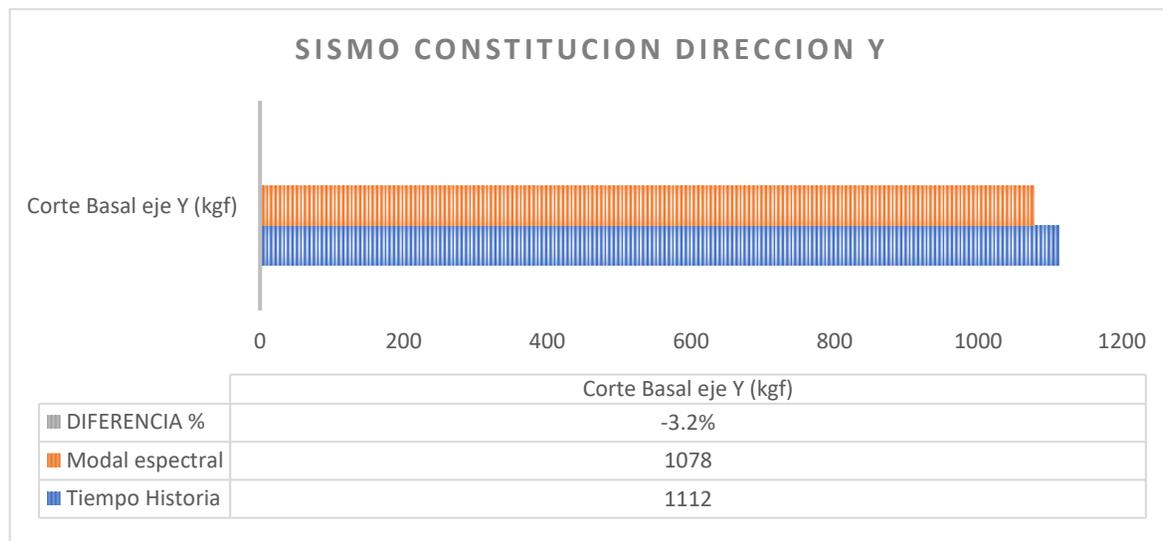


Figura 4-2: Corte Basal Sismo Constitución dirección Y

IV.3 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa - Sismo Constitución.

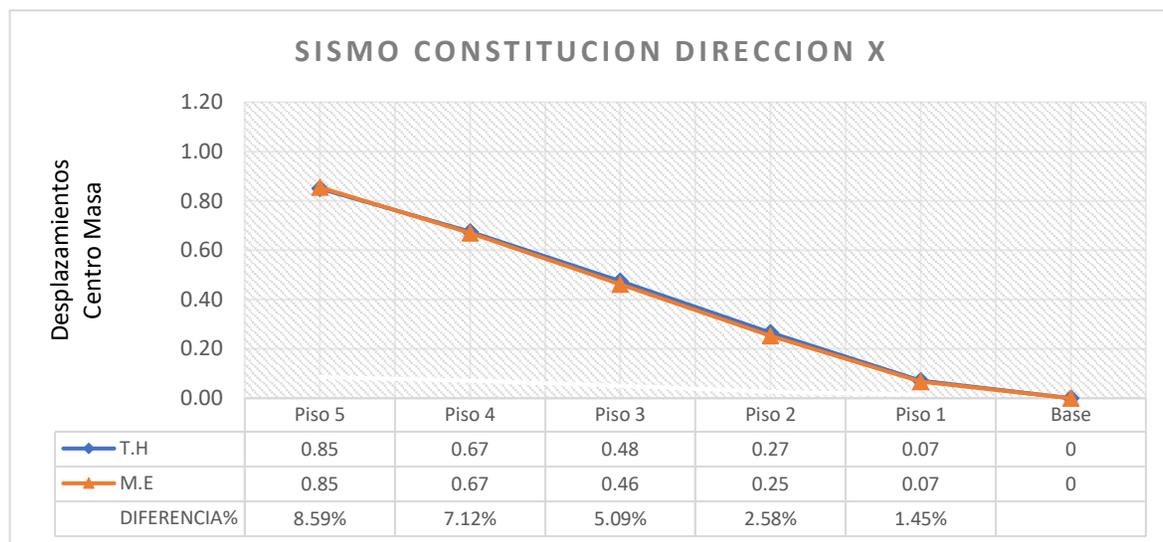


Figura 4-3: Desplazamiento de piso en centro masa - Sismo Constitución dirección X

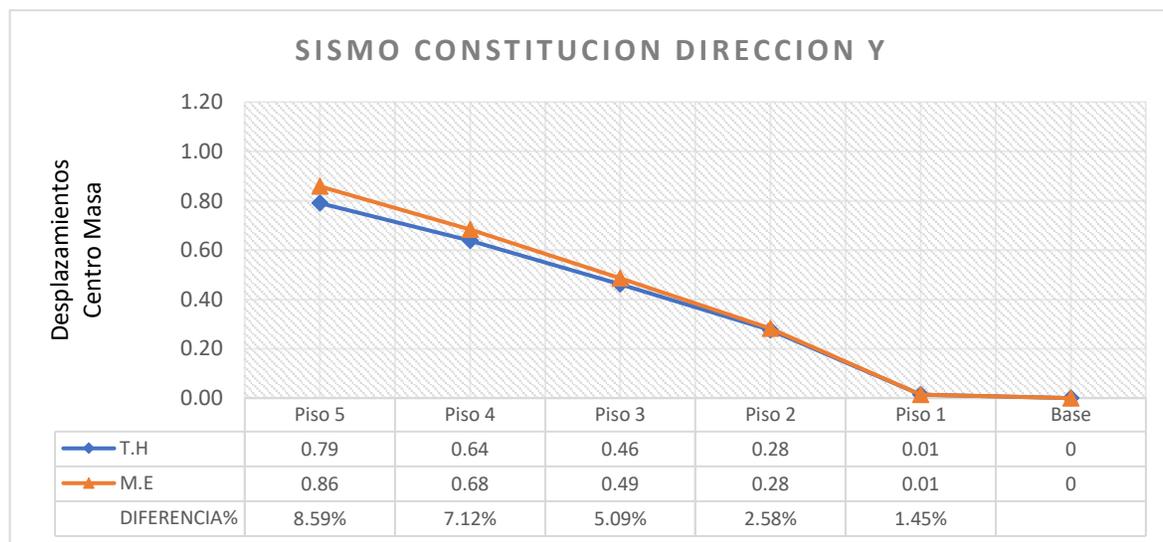


Figura 4-4: Desplazamiento de piso en centro masa - Sismo Constitución dirección Y

IV.4 Desplazamientos de entre pisos - Sismo Constitución

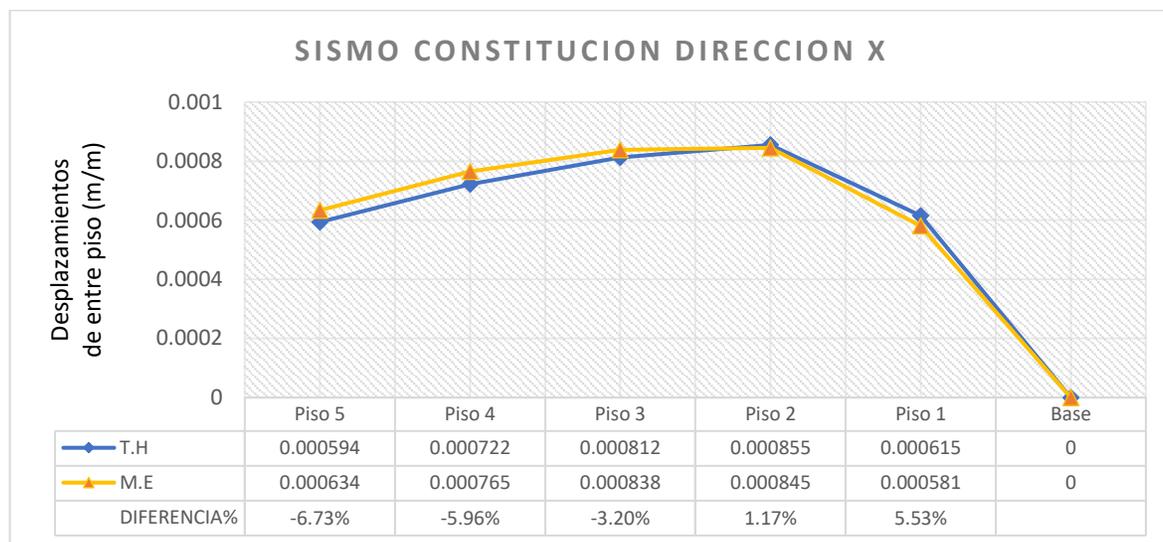


Figura 4-5: Desplazamientos de entre piso - Sismo Constitución dirección X

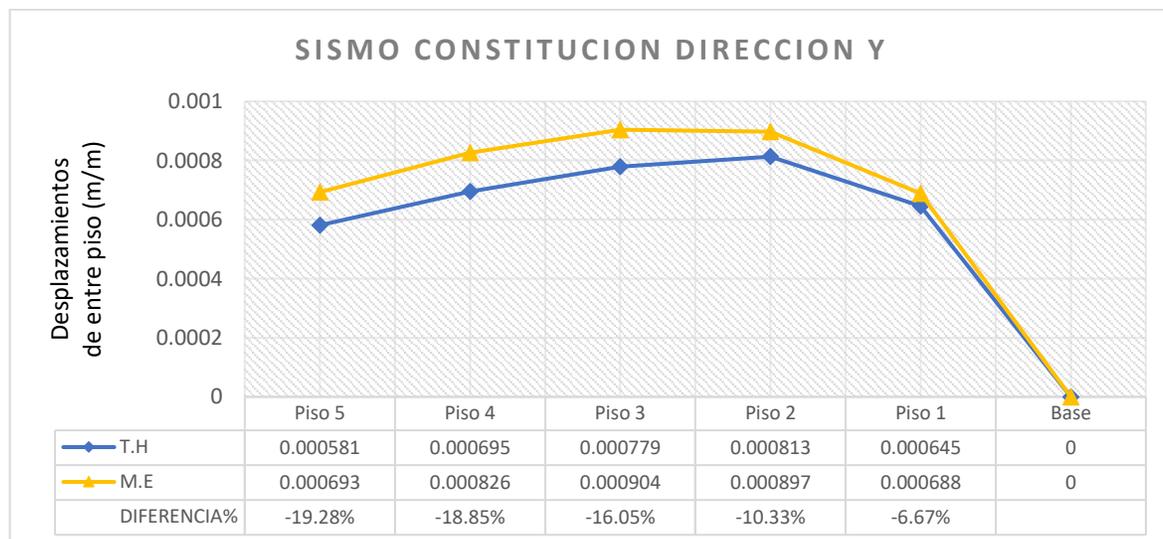


Figura 4-6: Desplazamientos de entre piso - Sismo Constitución dirección Y

IV.5 Tensiones axiales horizontales en muros - Sismo Constitución

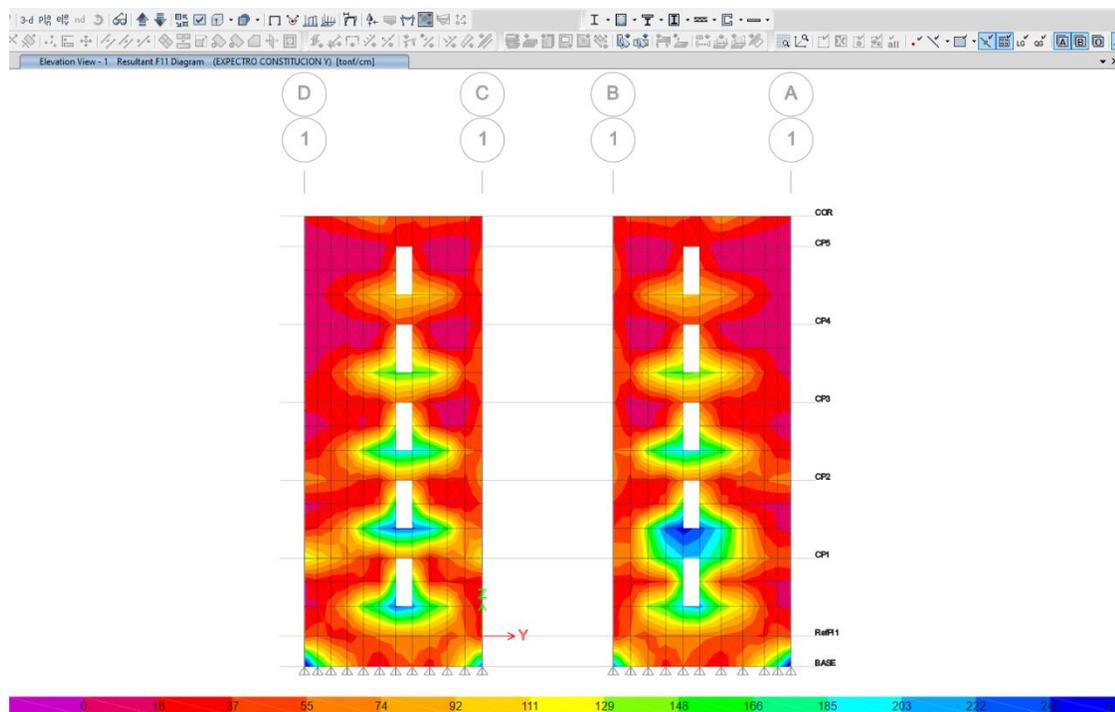


Figura 4-7: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución Y-eje 1

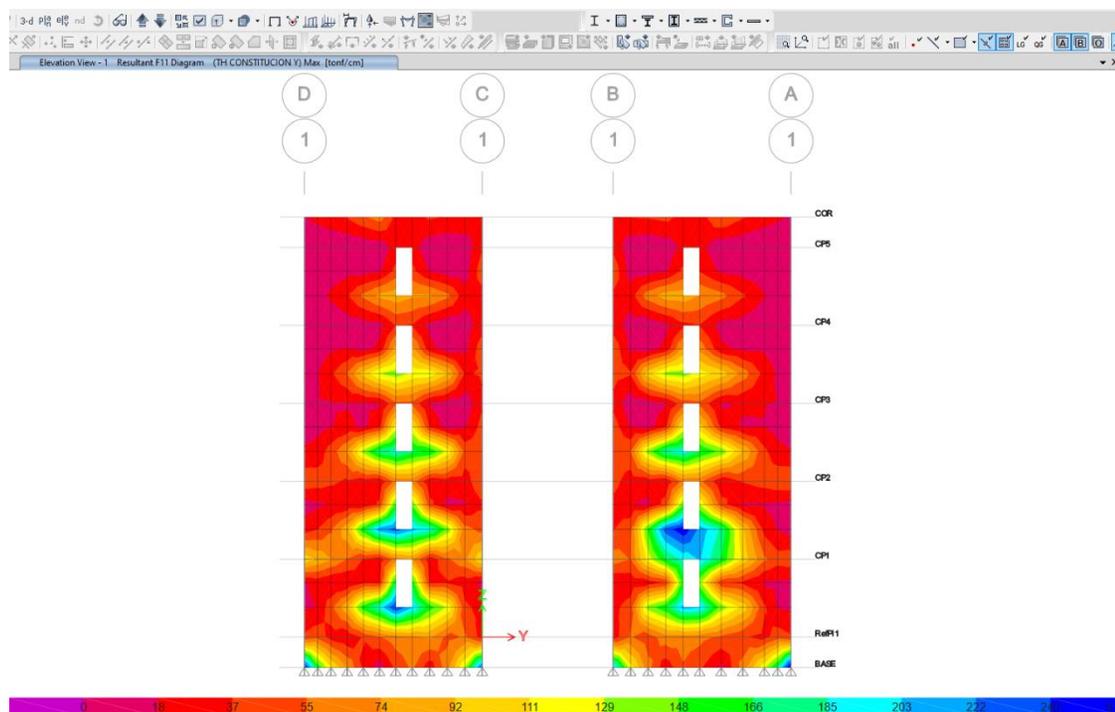


Figura 4-8: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución Y-eje 1

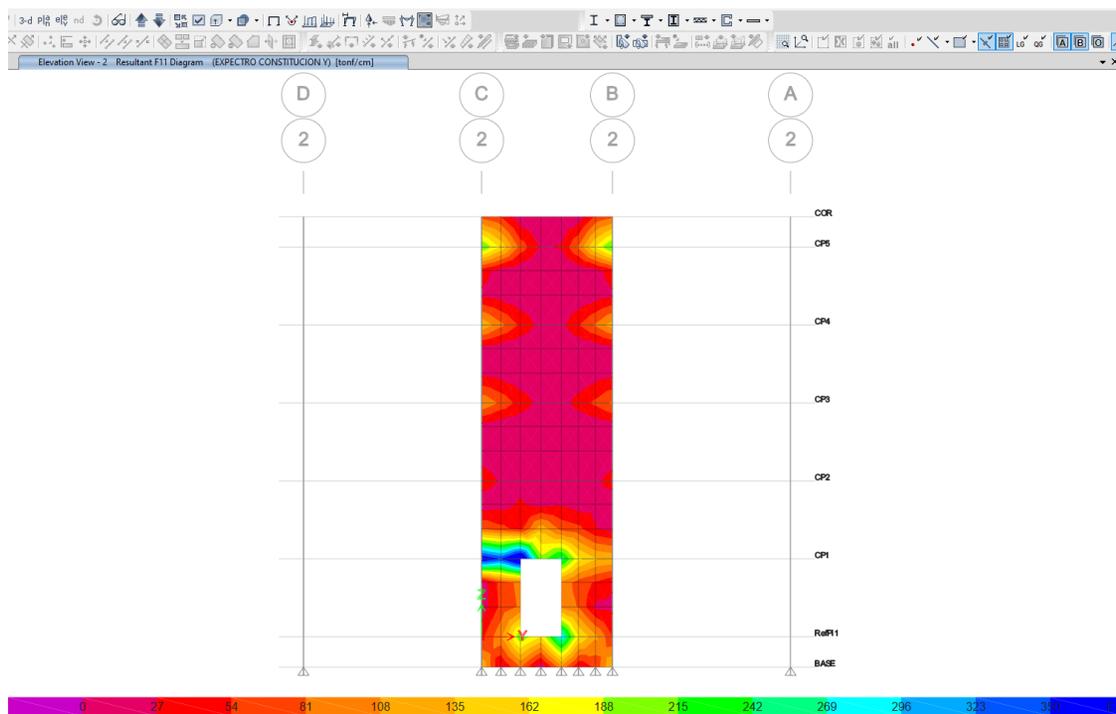


Figura 4-9: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución Y-eje 2

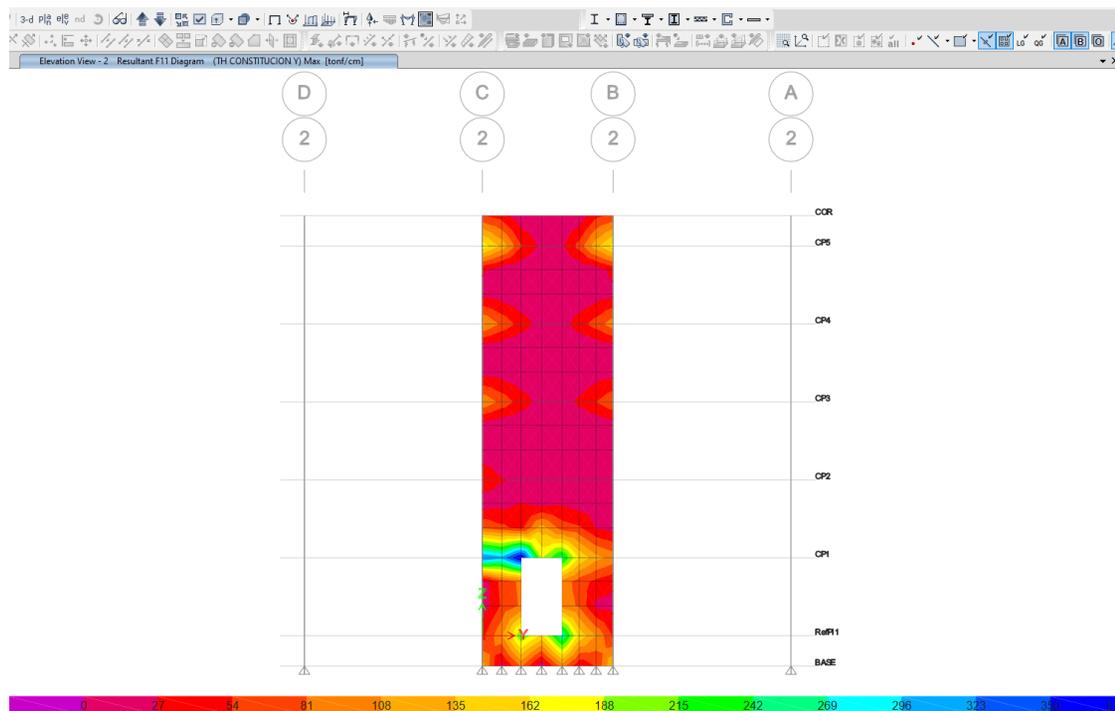


Figura 4-10: Tensiones axiales horizontales-TH -Sismo Constitución Y- eje 2

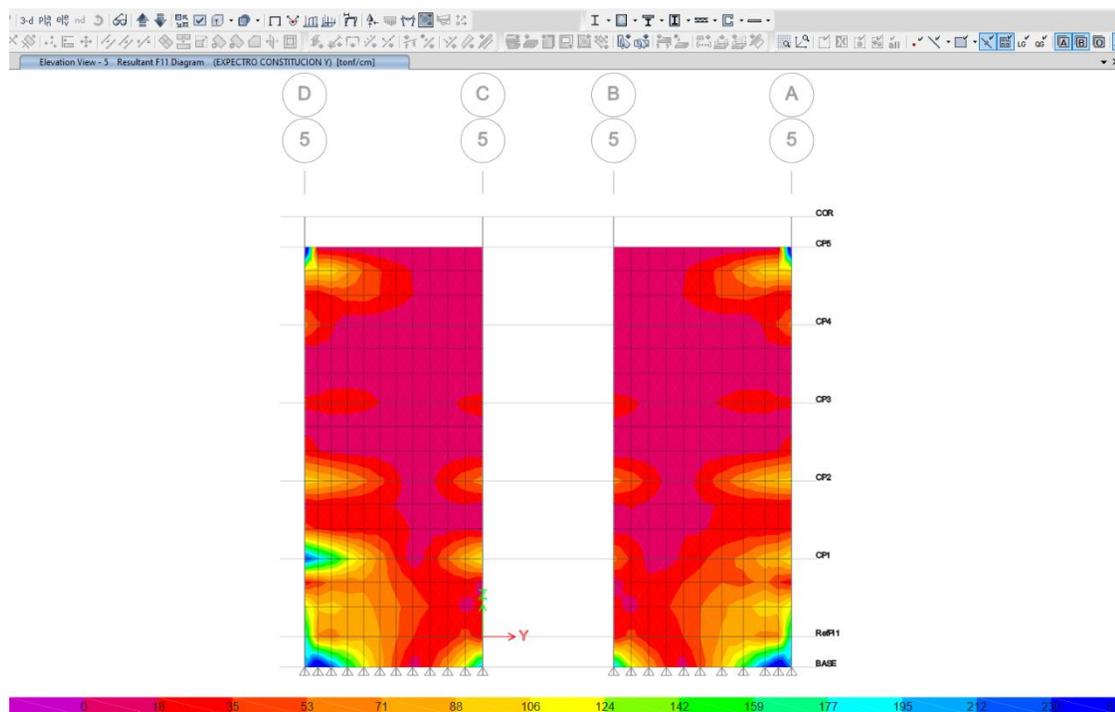


Figura 4-11: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución Y-eje 5

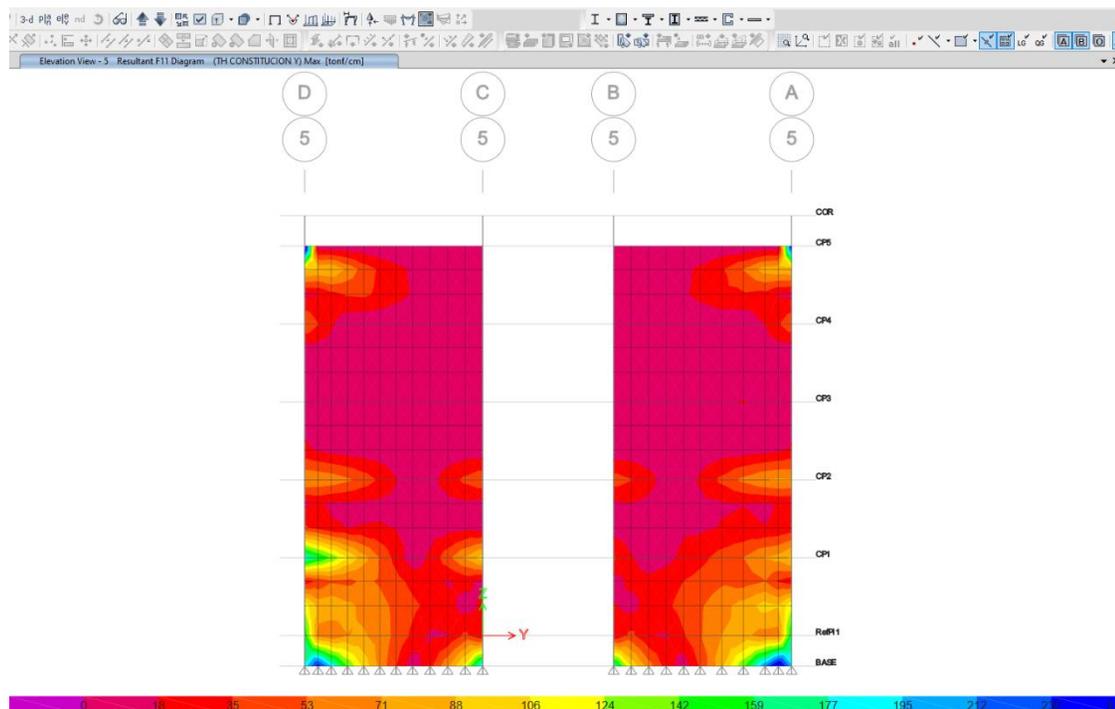


Figura 4-12: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución Y-eje 5

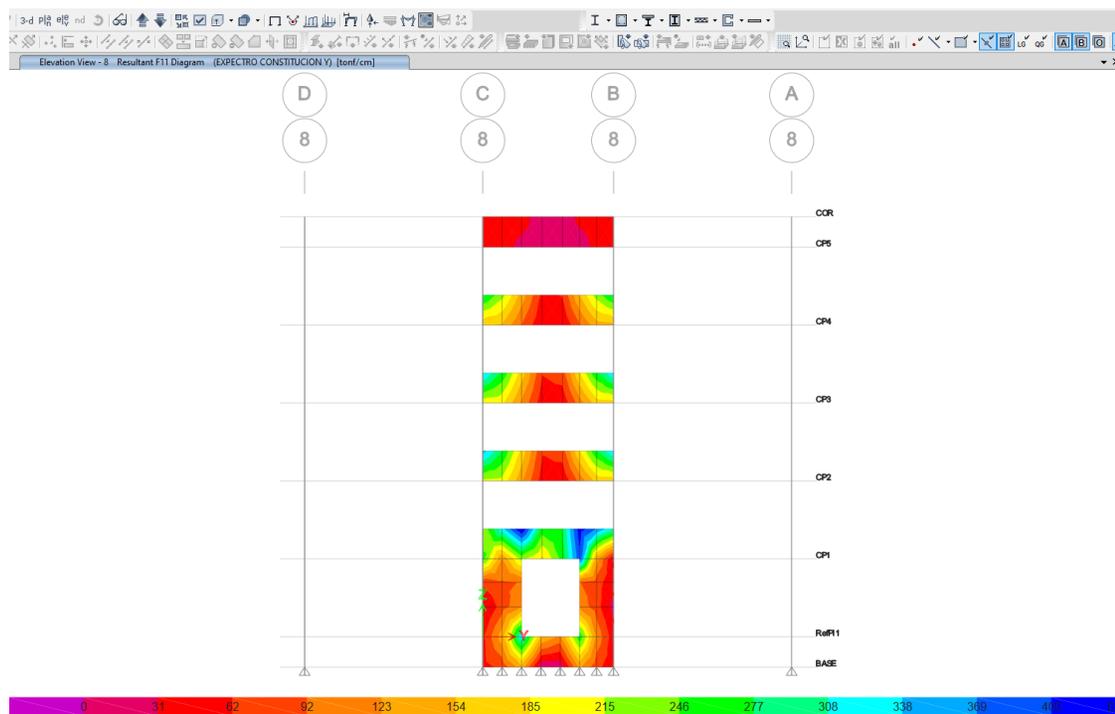


Figura 4-13: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución Y eje-8

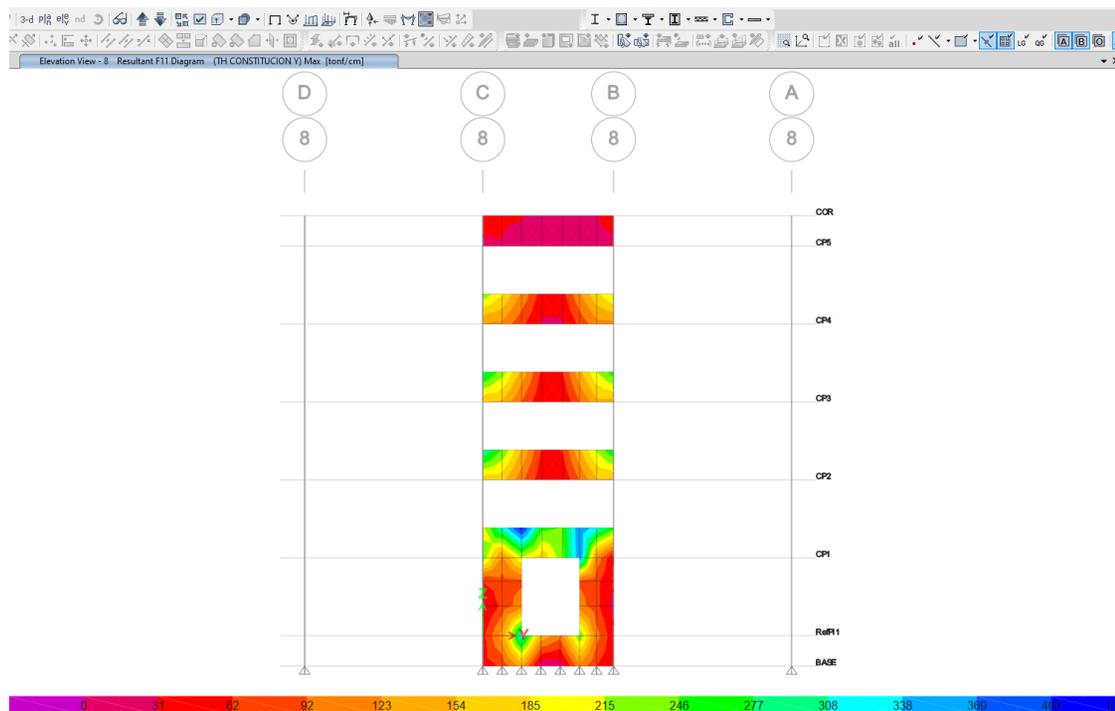


Figura 4-14: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución Y-eje 8

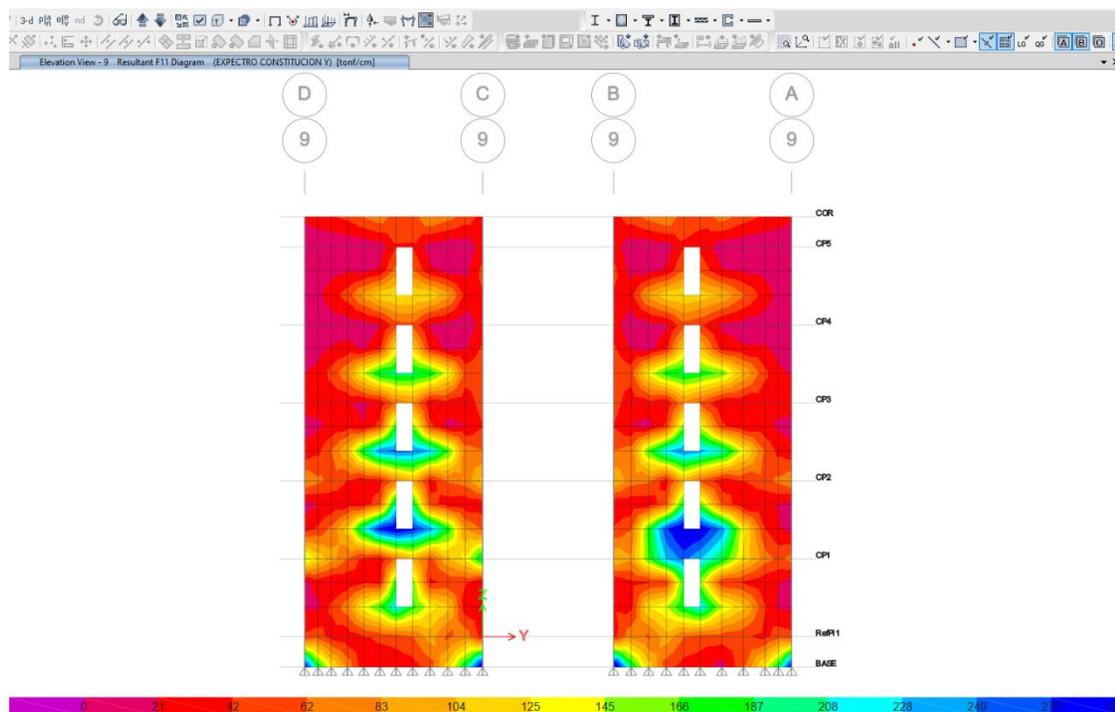


Figura 4-15: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución Y-eje 9

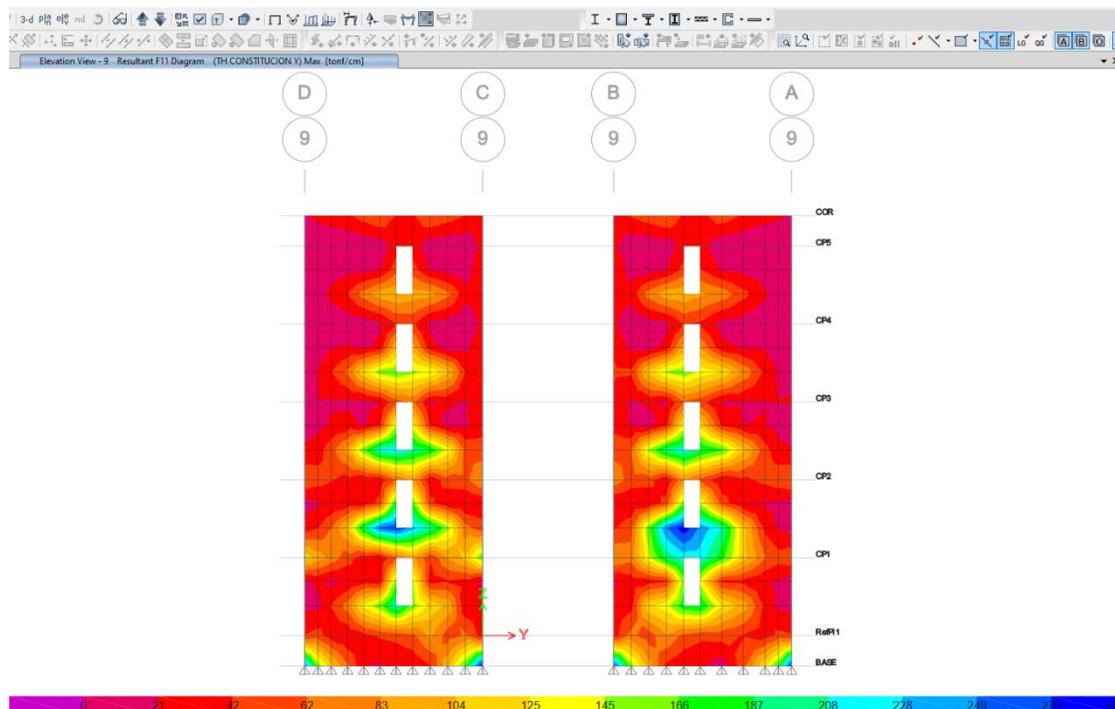


Figura 4-16: Tensiones axiales horizontales-TH Sismo Constitución Y-eje 9

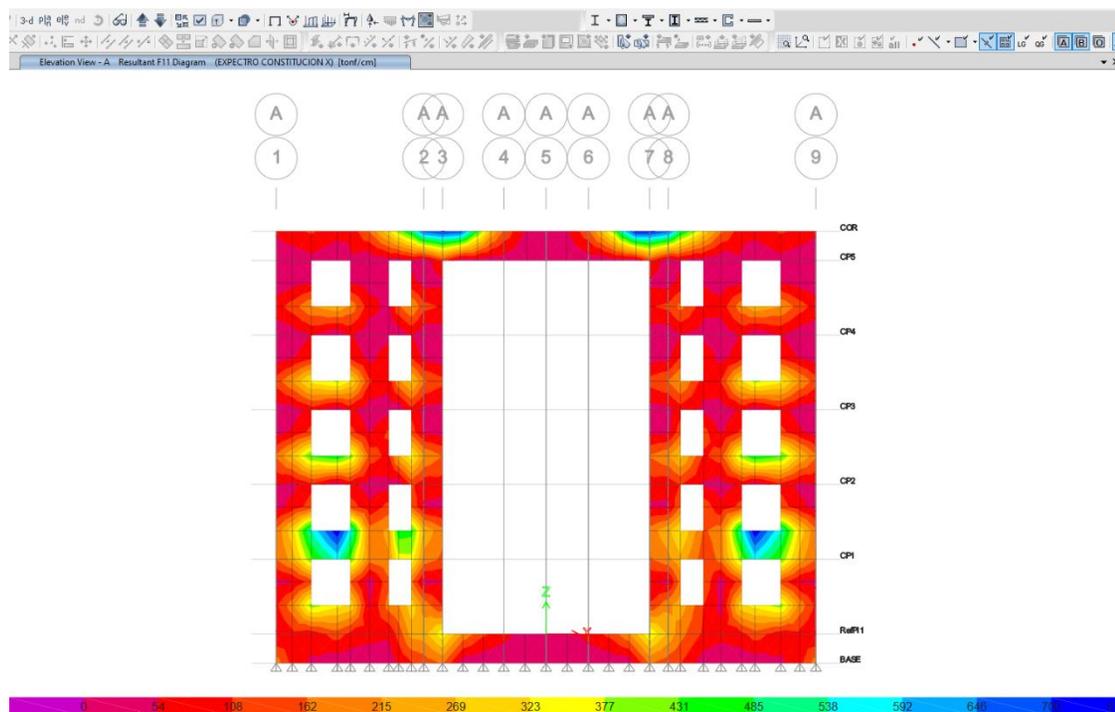


Figura 4-17: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución X-eje A

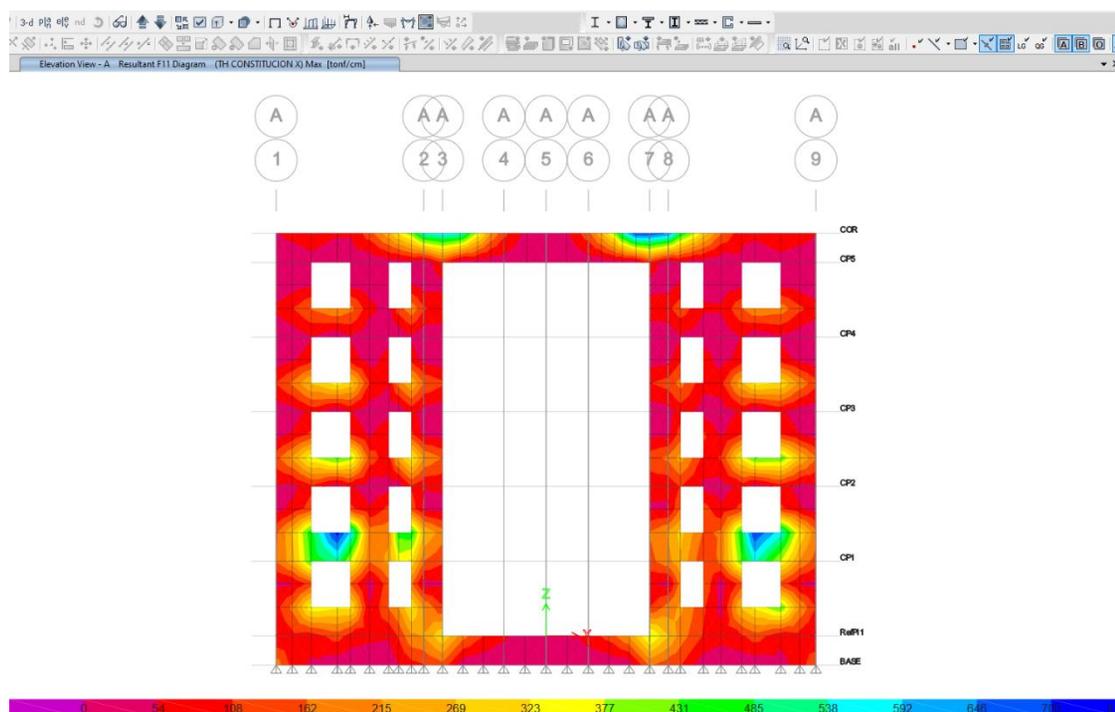


Figura 4-18: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución X-eje A

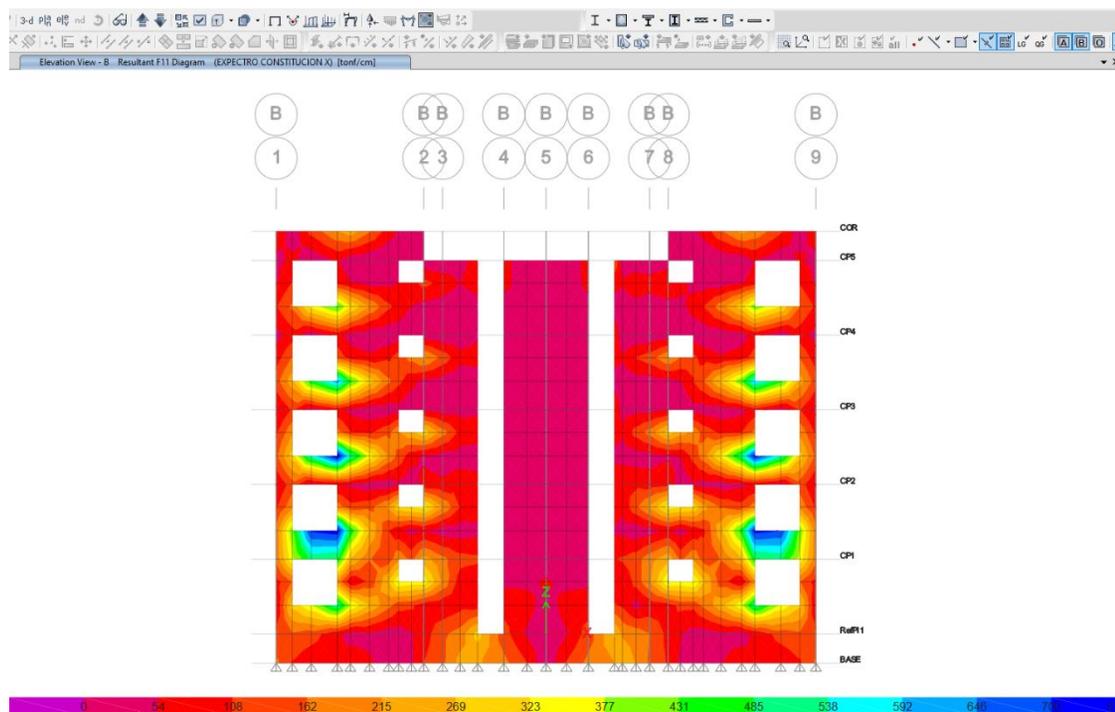


Figura 4-19: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución X-eje B

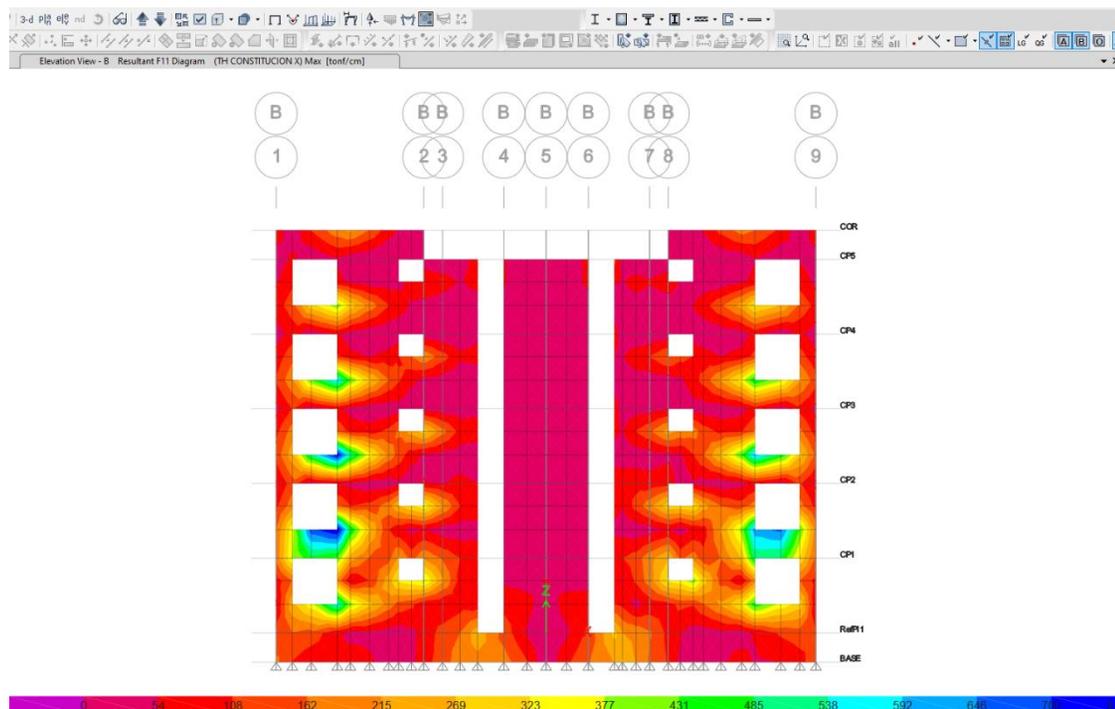


Figura 4-20: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución X-eje B

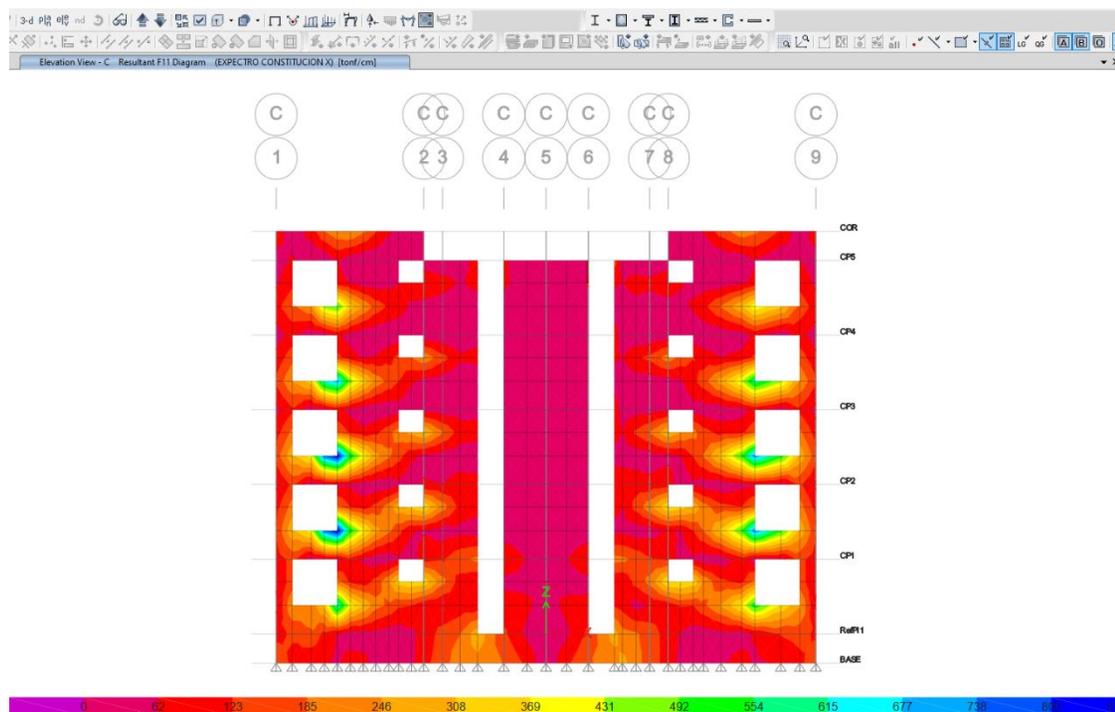


Figura 4-21: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución X-eje C

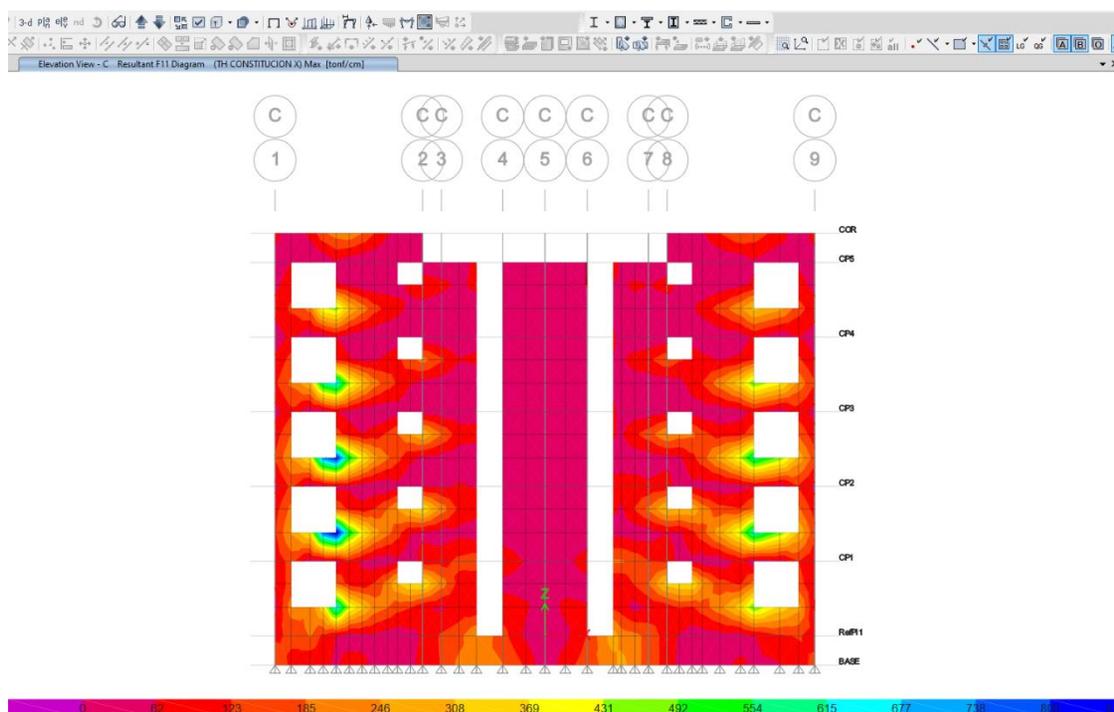


Figura 4-22: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución X-eje C

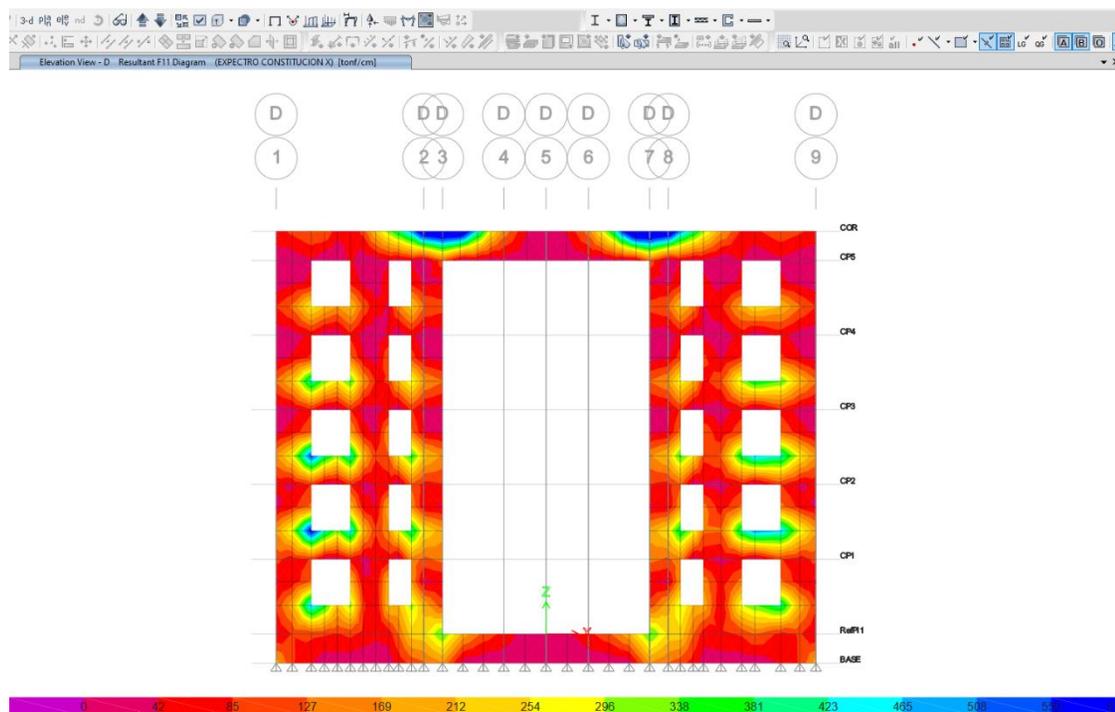


Figura 4-23: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Constitución X-eje D

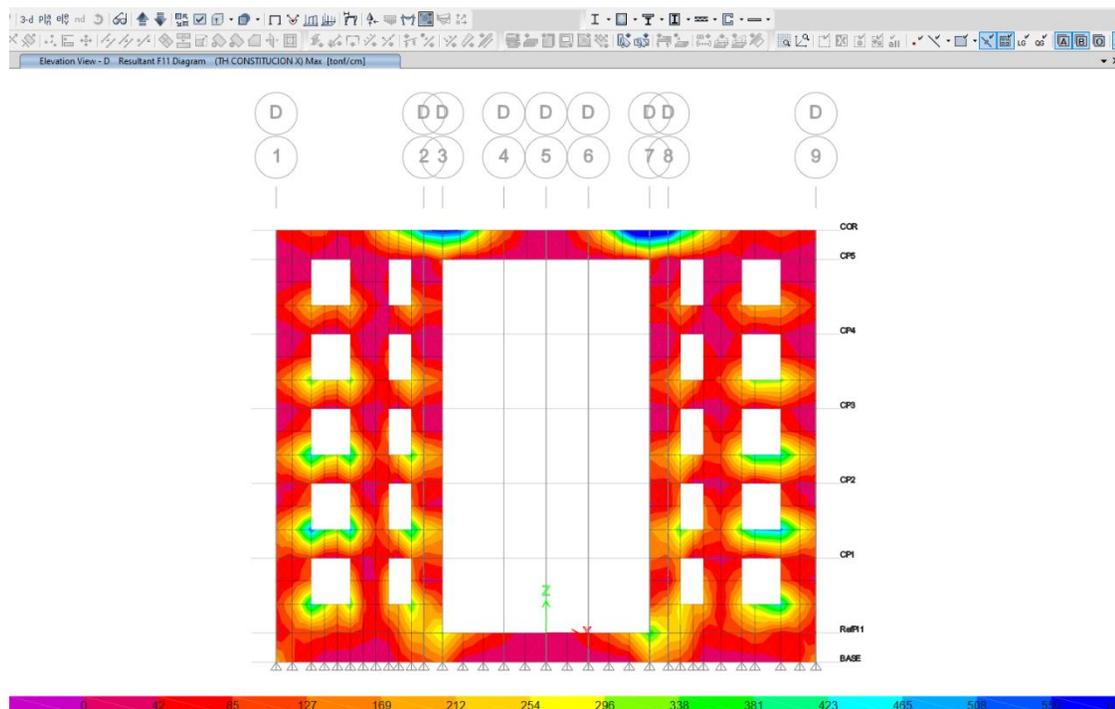


Figura 4-24: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Constitución X-eje D

IV.6 Corte Basal - Sismo Concepción

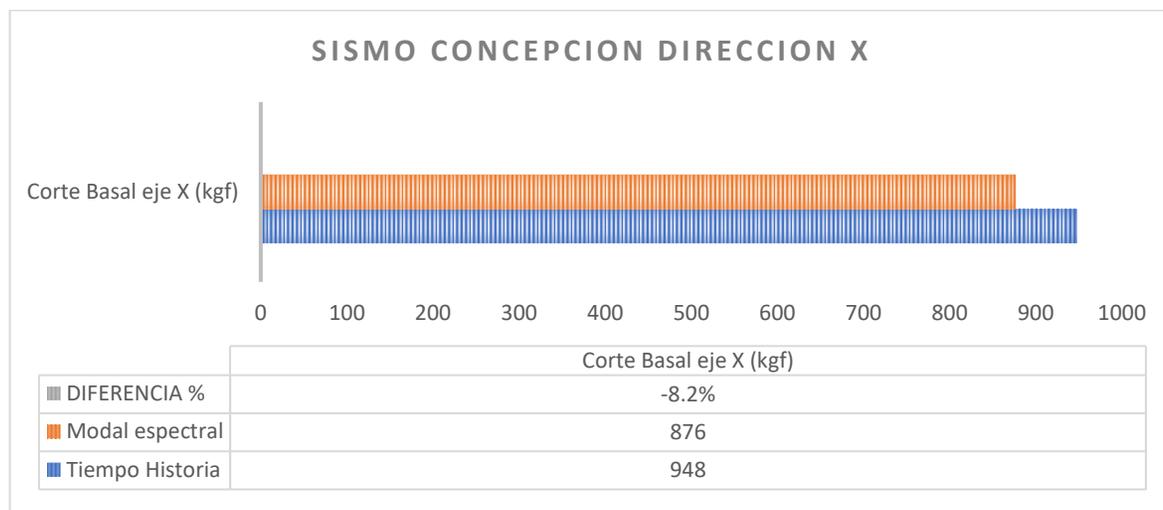


Figura 4-25: Corte basal-sismo Concepción dirección X

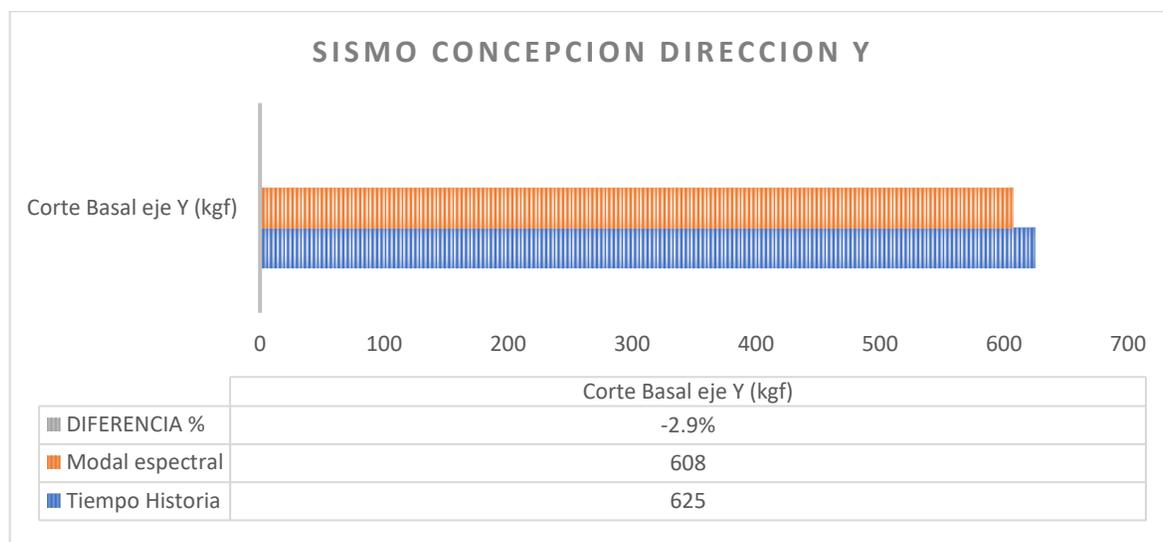


Figura 4-26: Corte basal-sismo Concepción dirección Y

IV.7 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa - Sismo Concepción

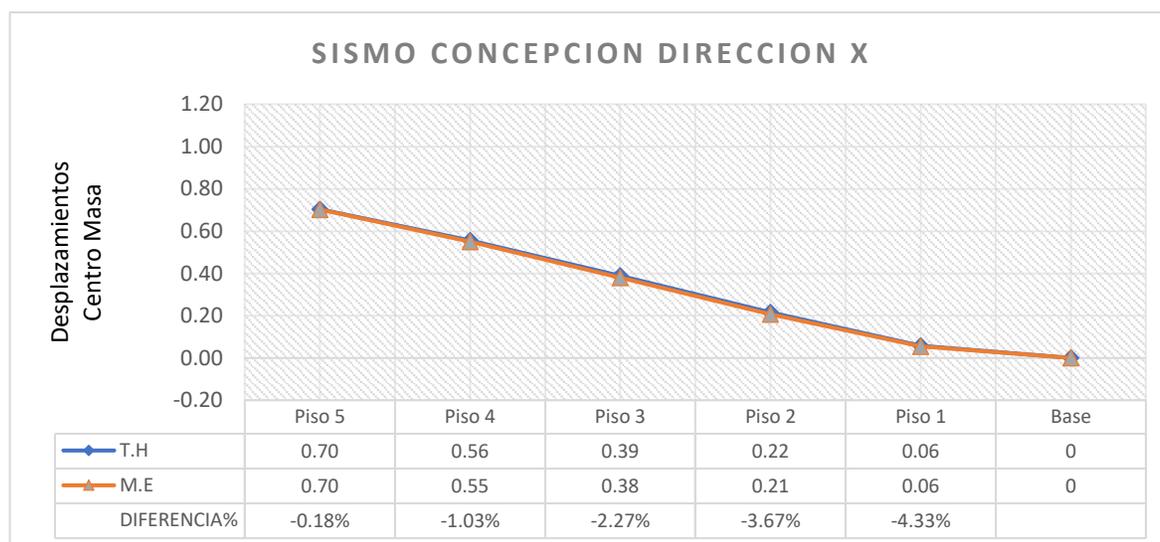


Figura 4-27: Desplazamiento de piso en centro masa - Sismo Concepción dirección X

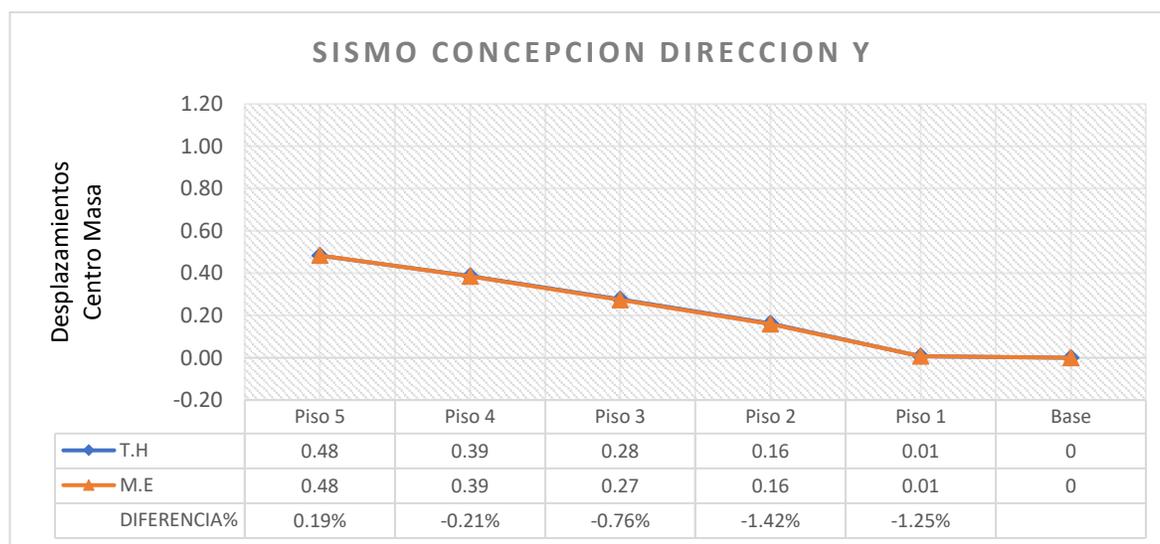


Figura 4-28: Desplazamiento de piso en centro masa - Sismo Concepción dirección Y

IV.8 Desplazamientos de entre pisos - Sismo Concepción

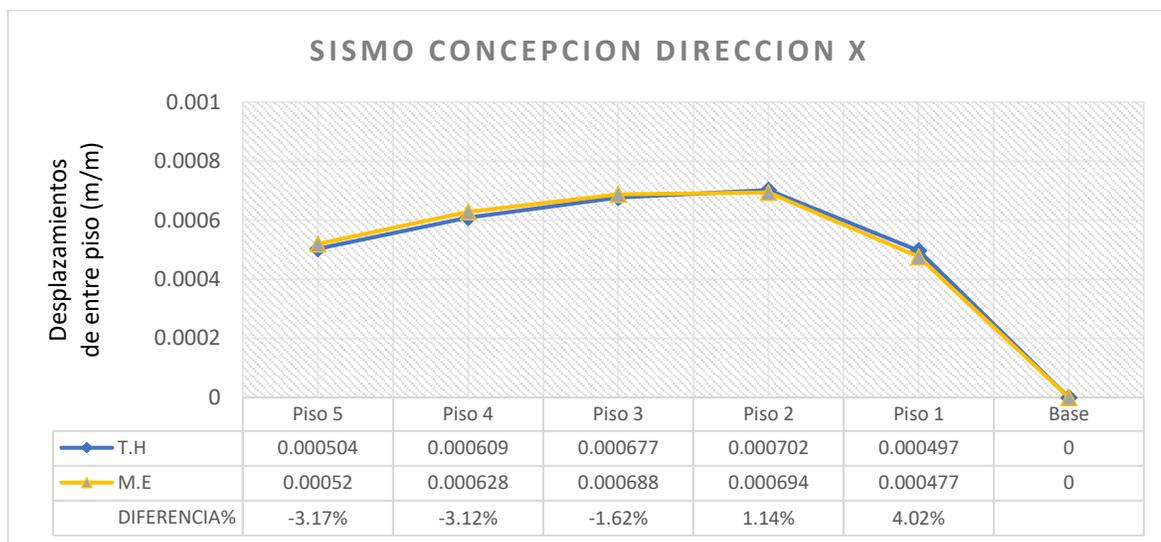


Figura 4-29: Desplazamientos relativos de entre piso - Sismo Concepción dirección X



Figura 4-30: Desplazamientos relativos de entre piso - Sismo Concepción dirección Y

IV.9 Esfuerzos Axiales horizontales en muros - Sismo Concepción

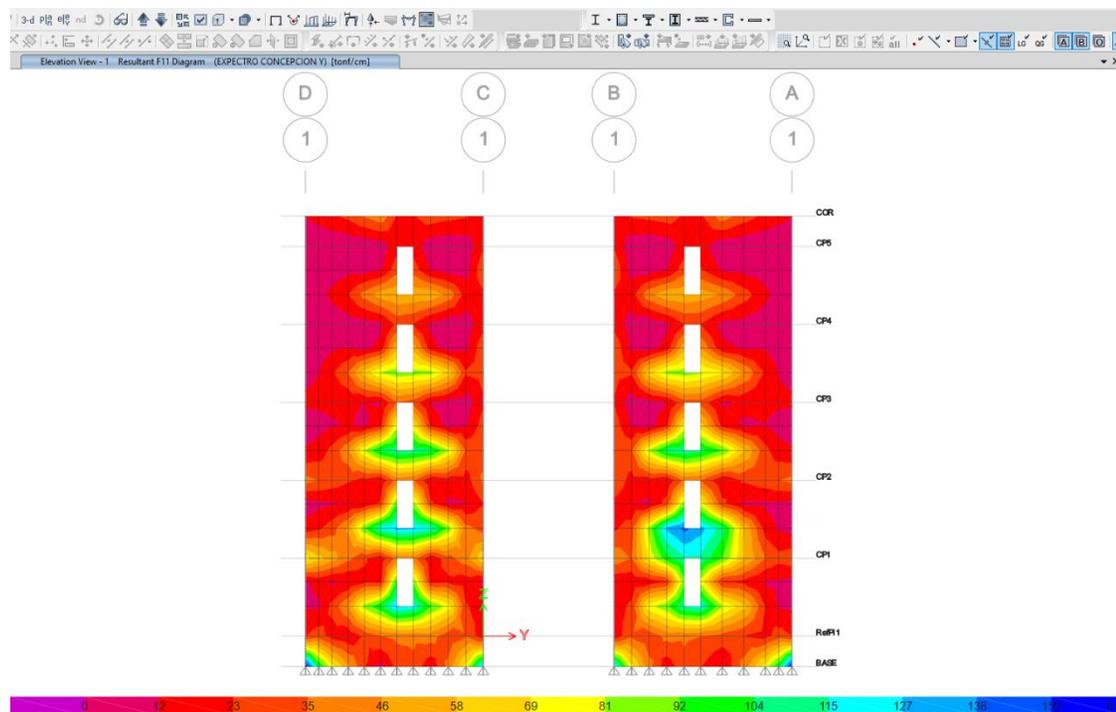


Figura 4-31: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción Y-eje 1

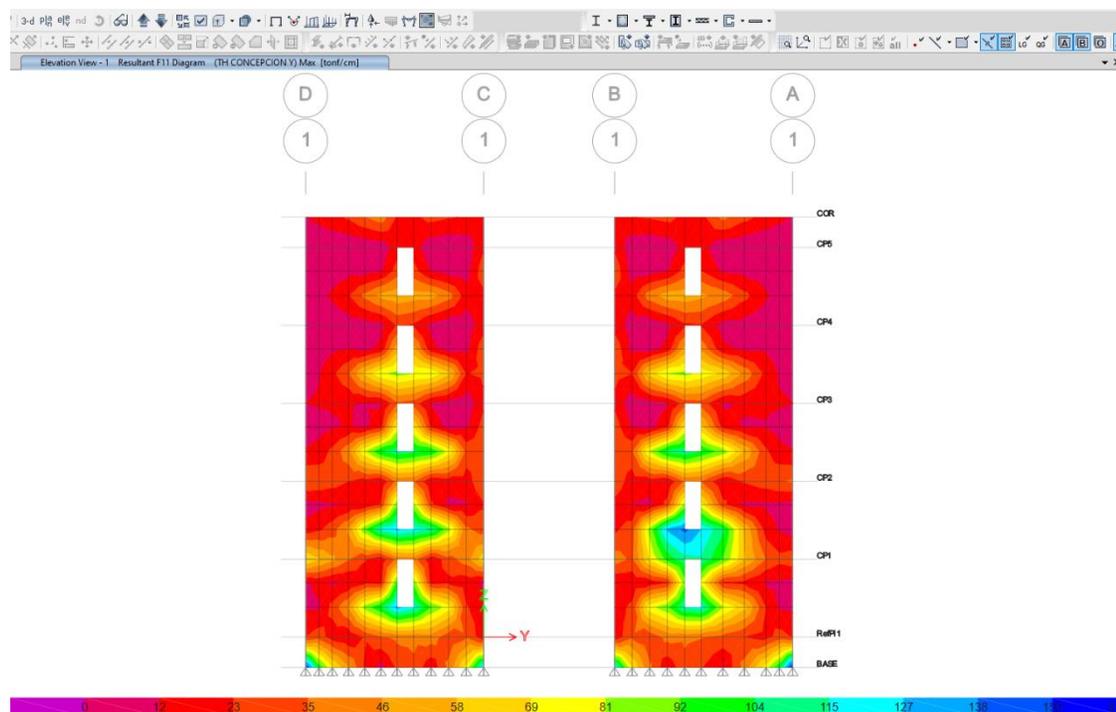


Figura 4-32: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción Y-eje 1

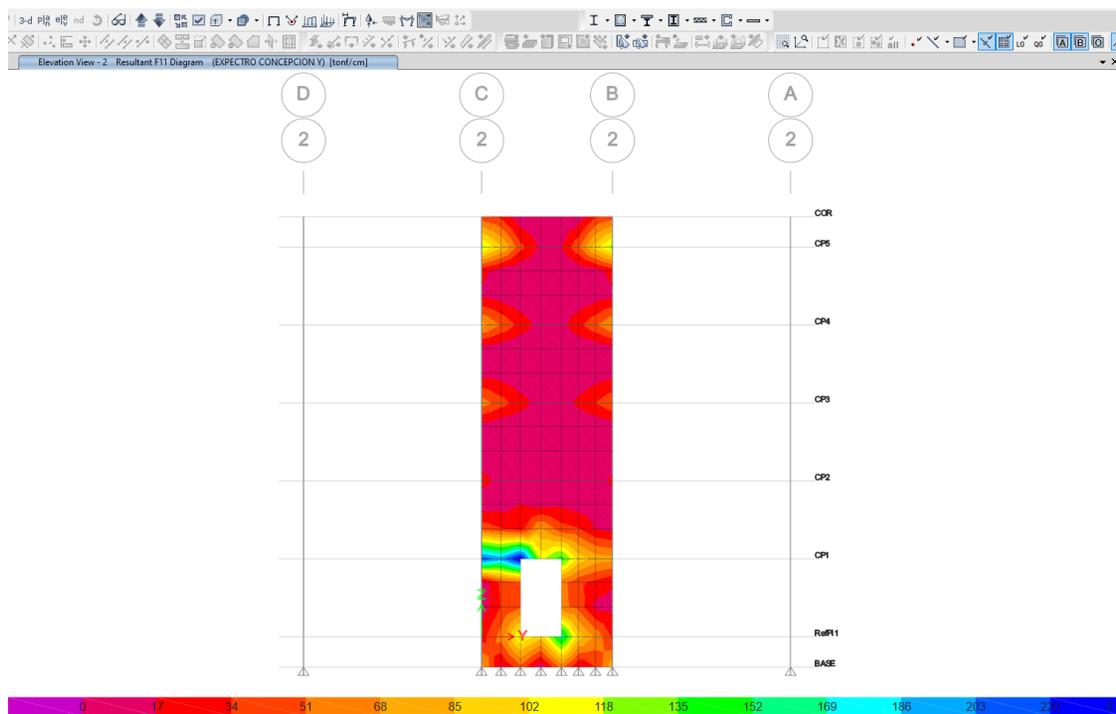


Figura 4-33: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción Y-eje 2

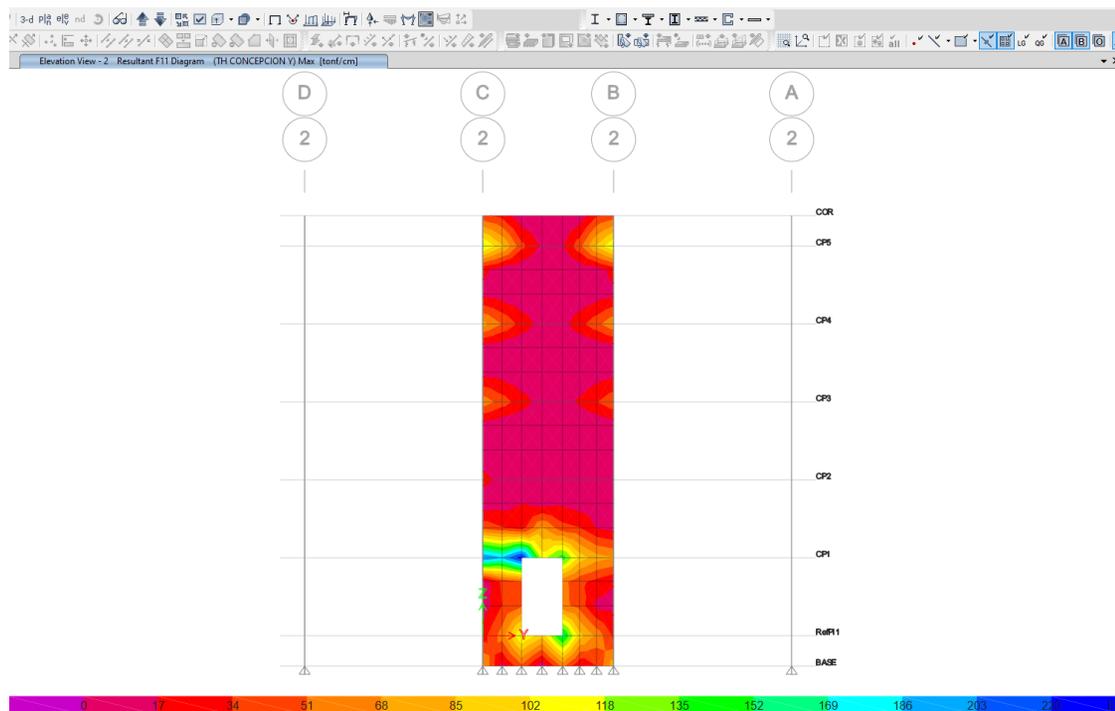


Figura 4-34: Tensiones axiales horizontales-TH -Sismo Concepción Y- eje 2

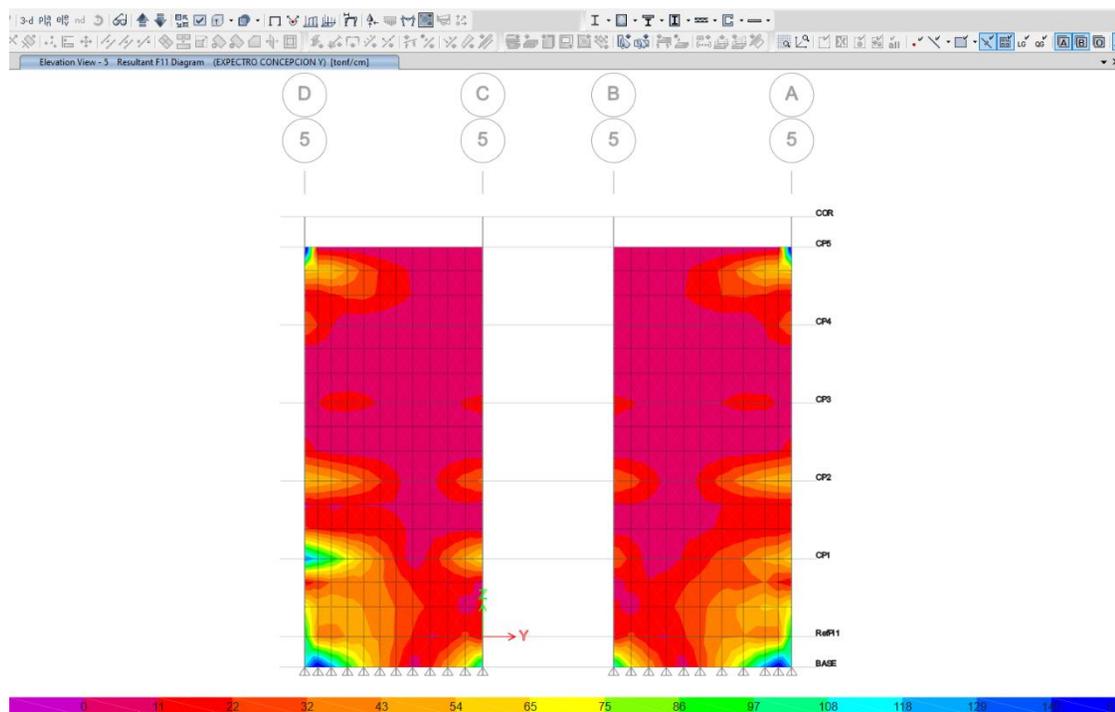


Figura 4-35: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción Y-eje 5

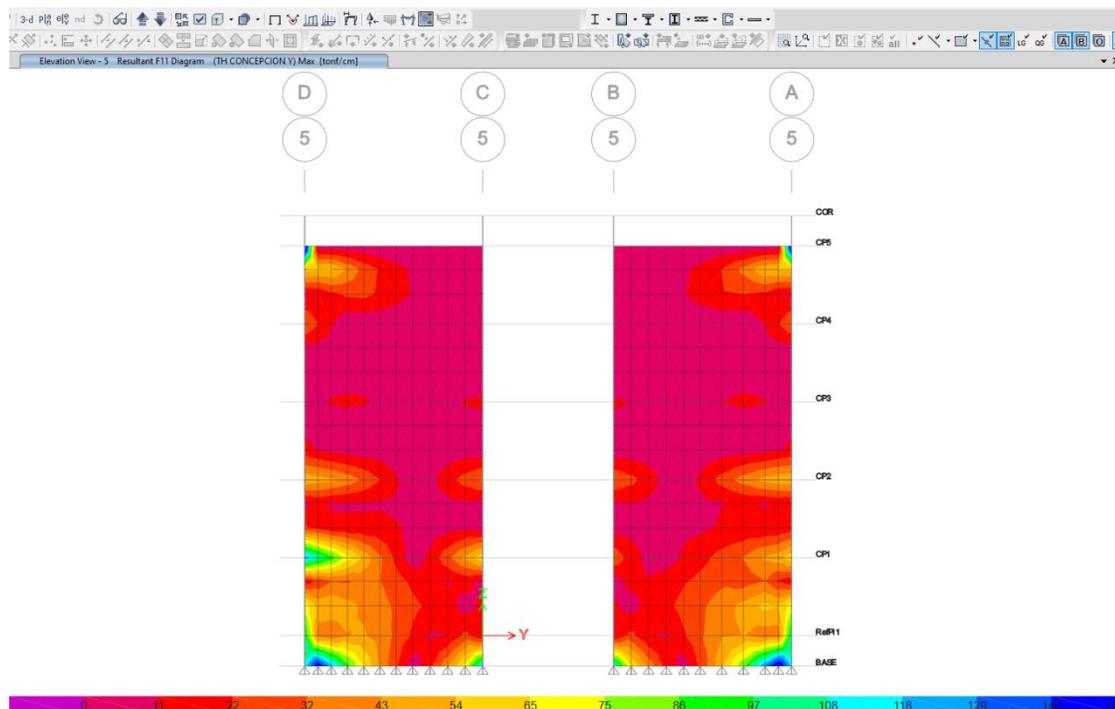


Figura 4-36: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción Y-eje 5

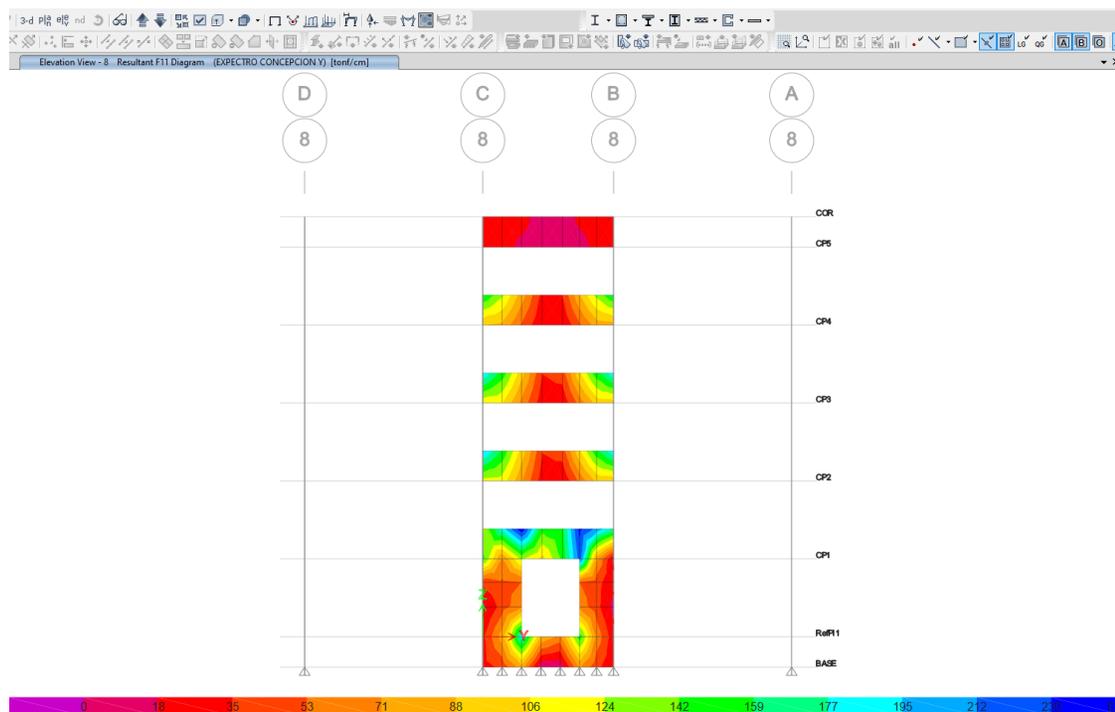


Figura 4-37: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción Y eje-8

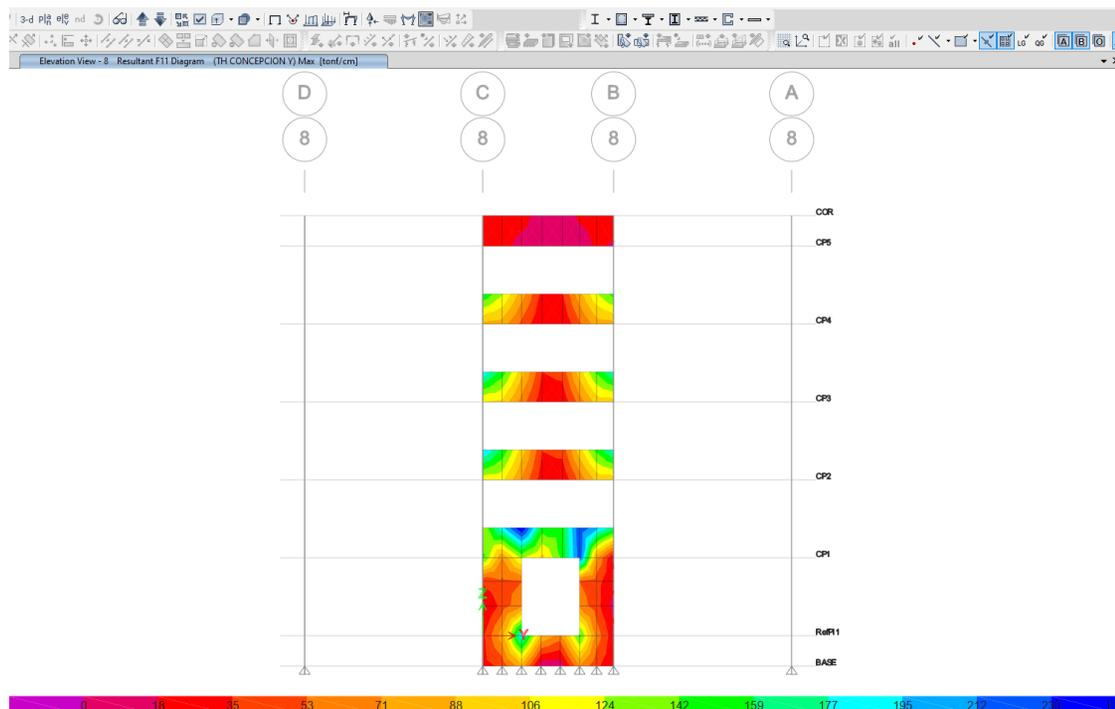


Figura 4-38: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción Y-eje 8

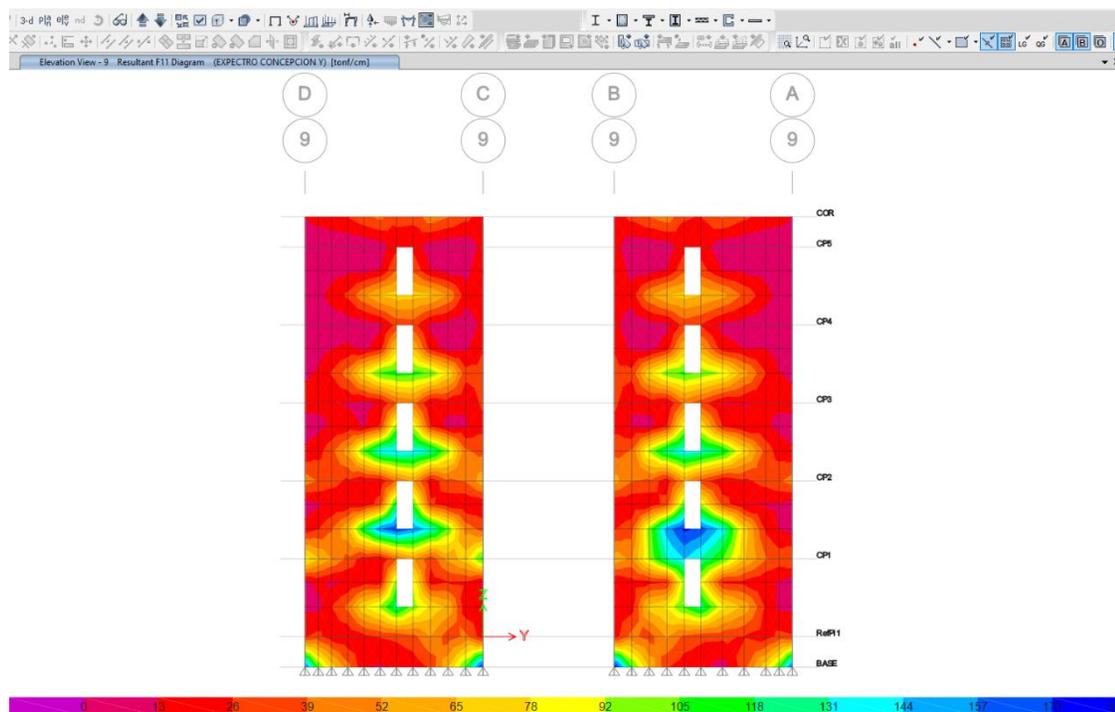


Figura 4-39: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción Y-eje 9

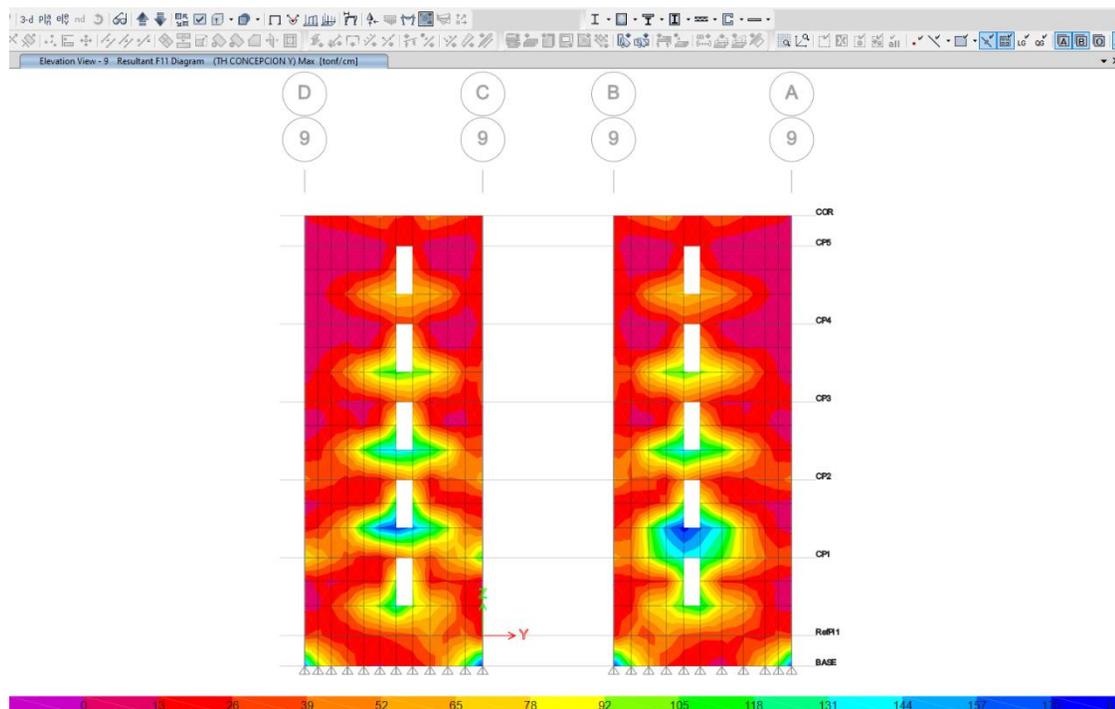


Figura 4-40: Tensiones axiales horizontales-TH Sismo Concepción Y-eje 9

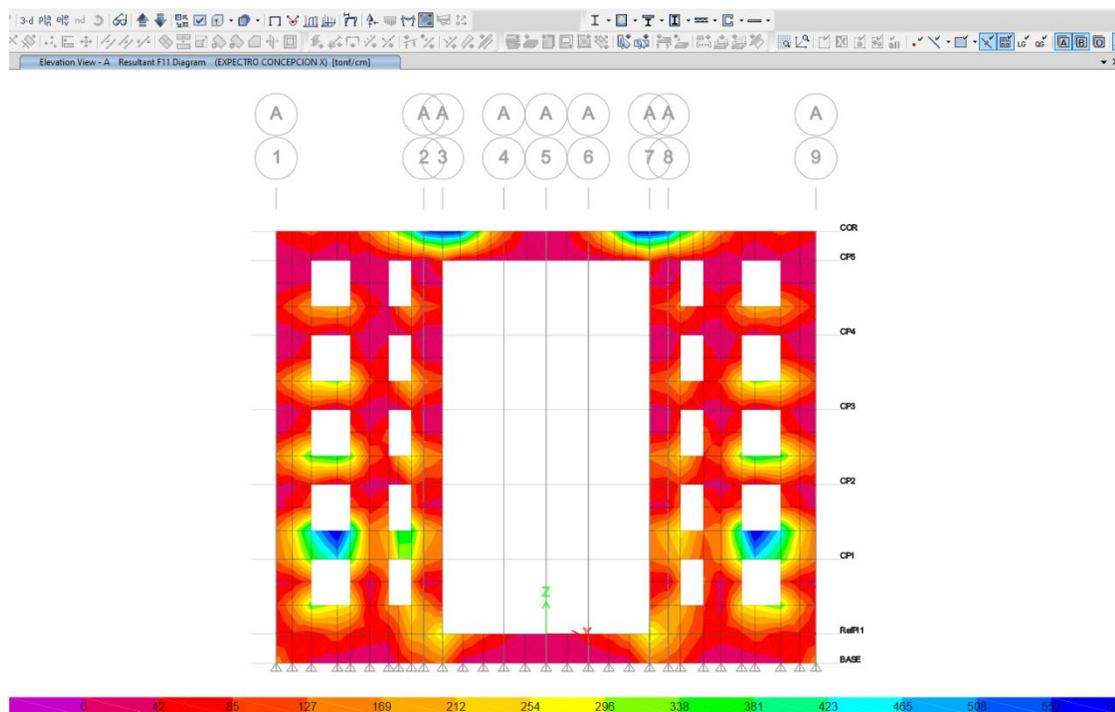


Figura 4-41: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción X-eje A

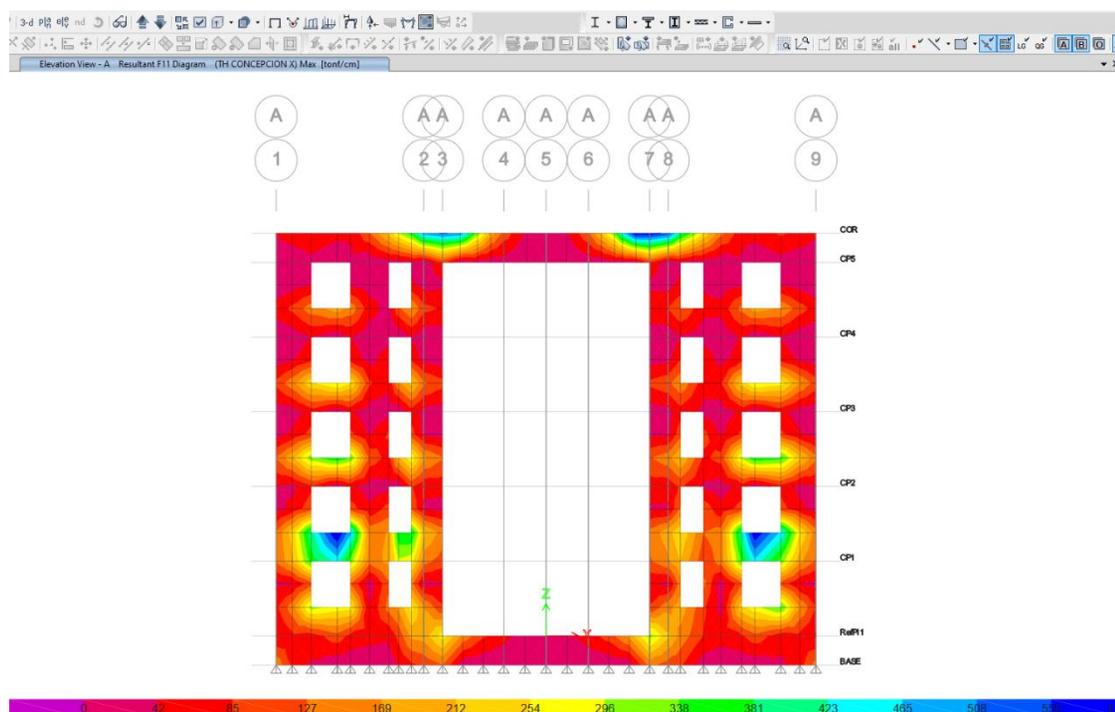


Figura 4-42: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción X-eje A

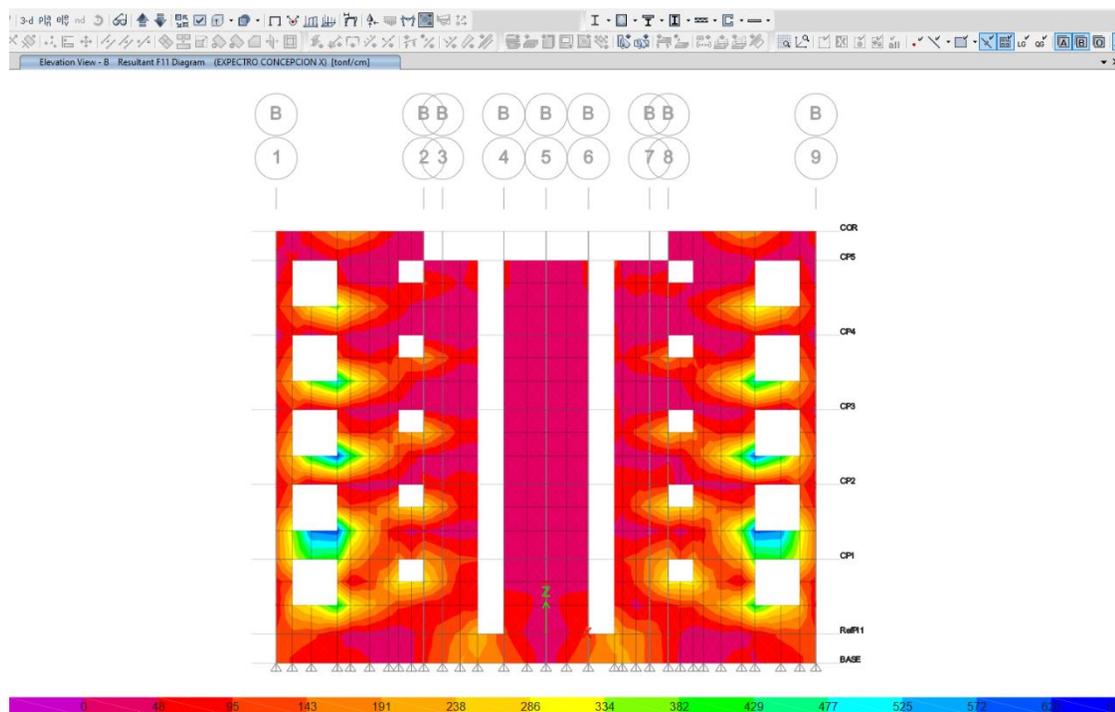


Figura 4-43: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción X-eje B

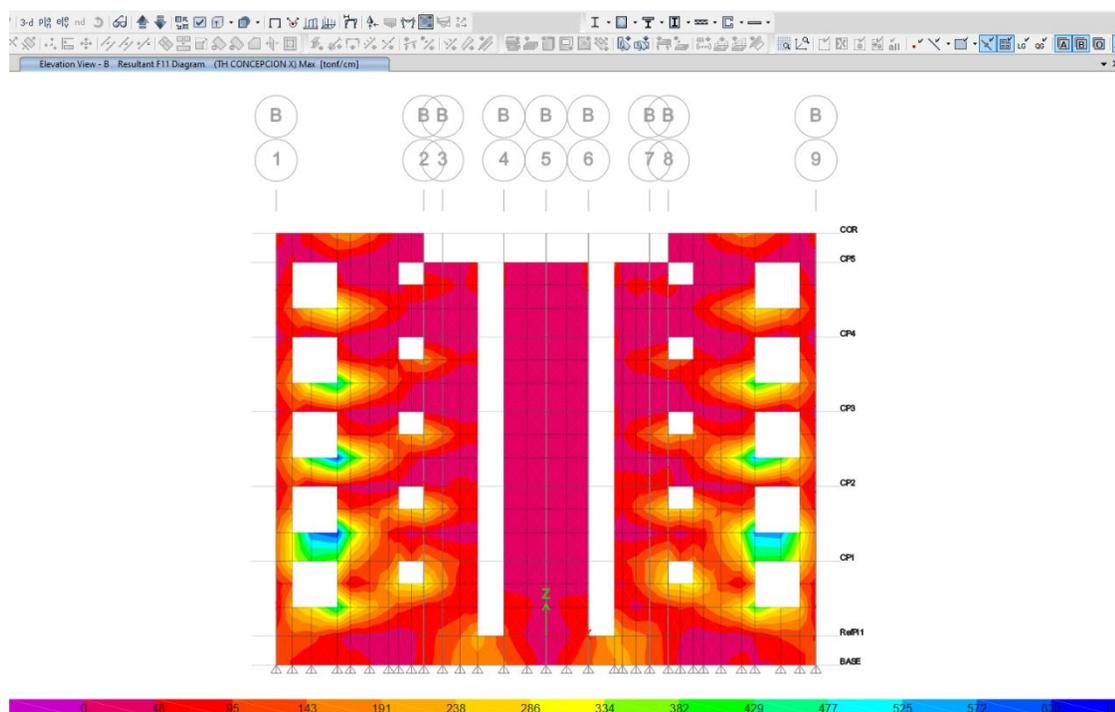


Figura 4-44: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción X-eje B

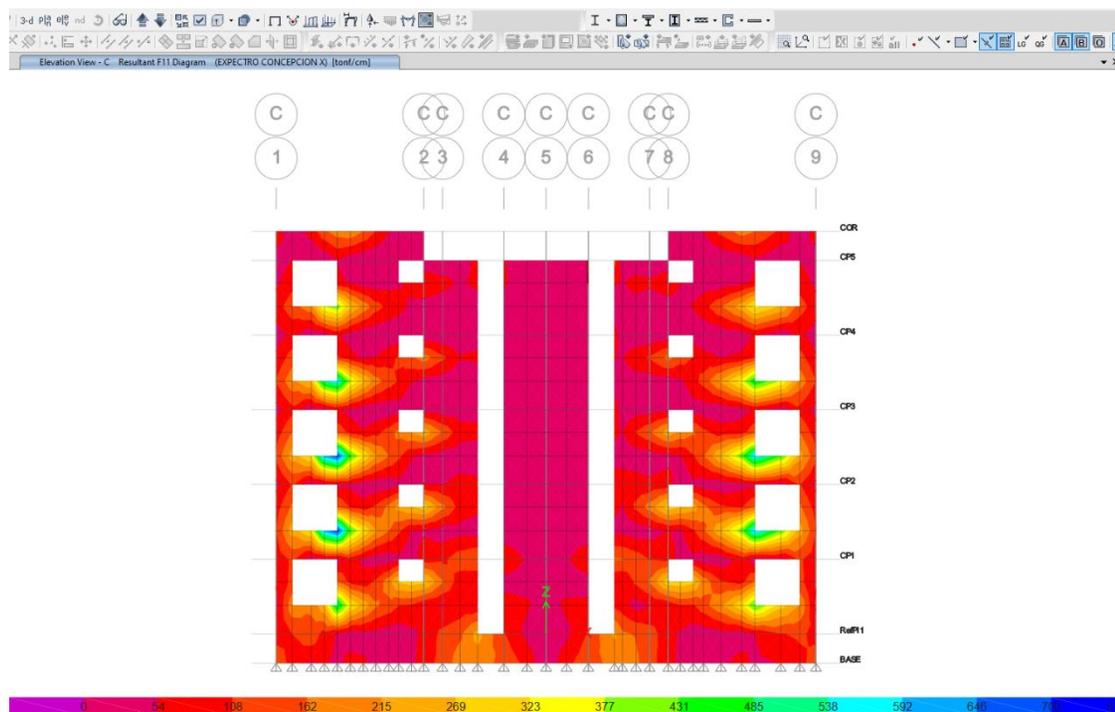


Figura 4-45: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción X-eje C

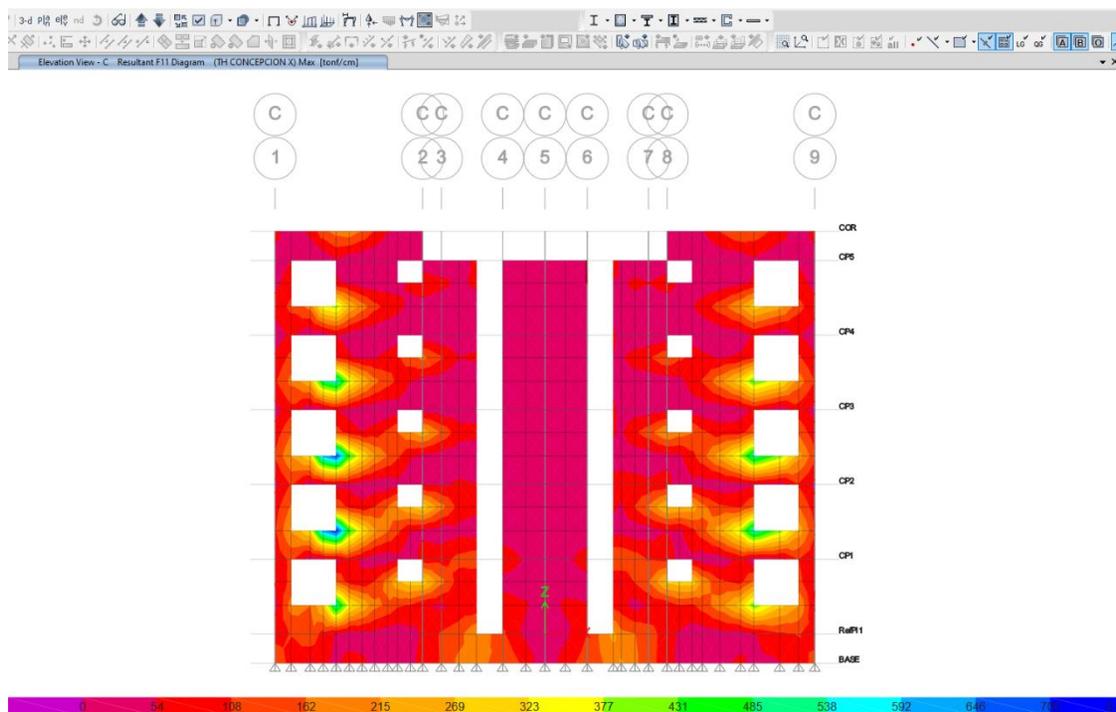


Figura 4-46: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción X-eje C

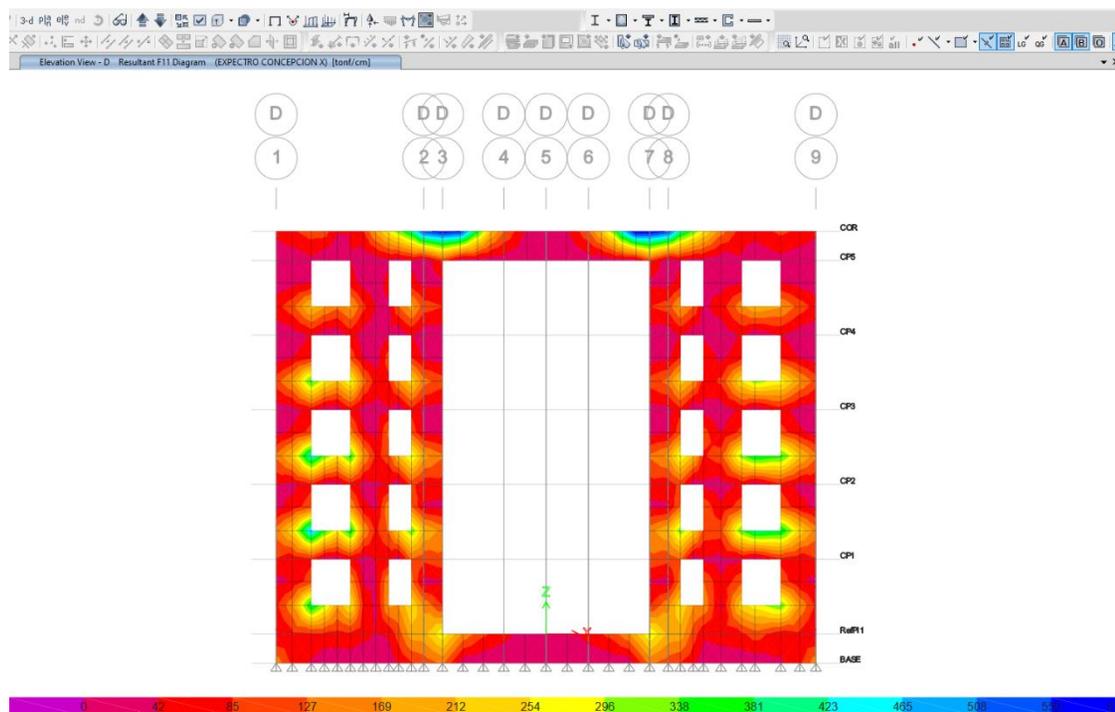


Figura 4-47: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Concepción X-eje D

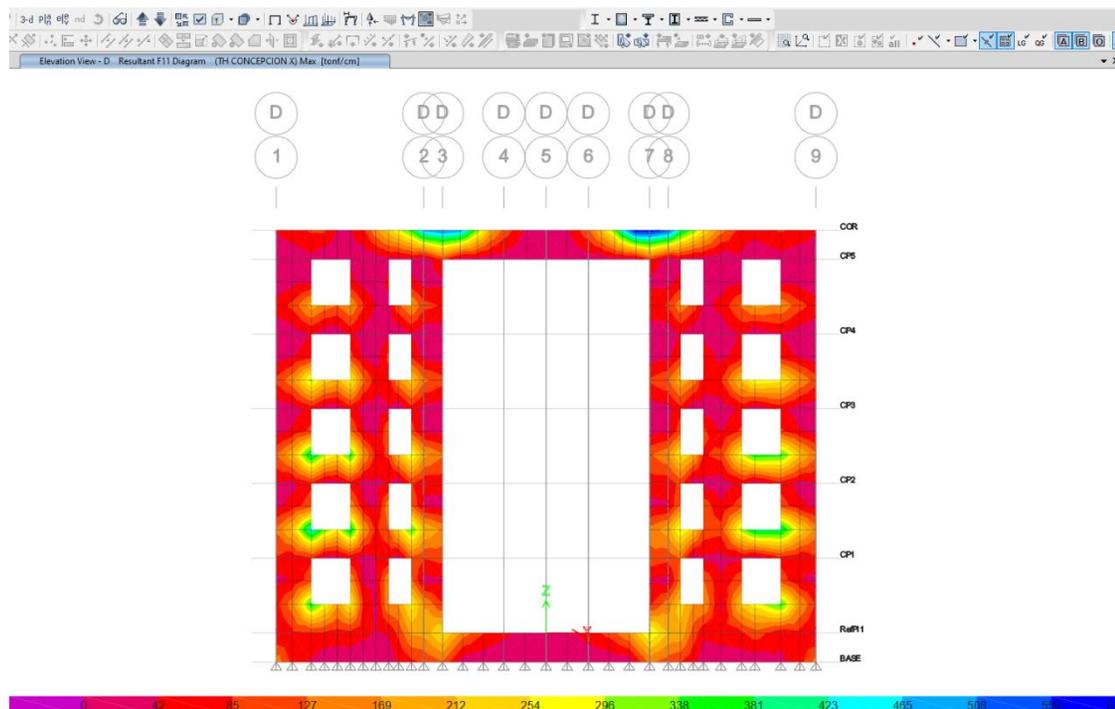


Figura 4-48: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Concepción X-eje D

IV.10 Corte Basal - Sismo Lollole

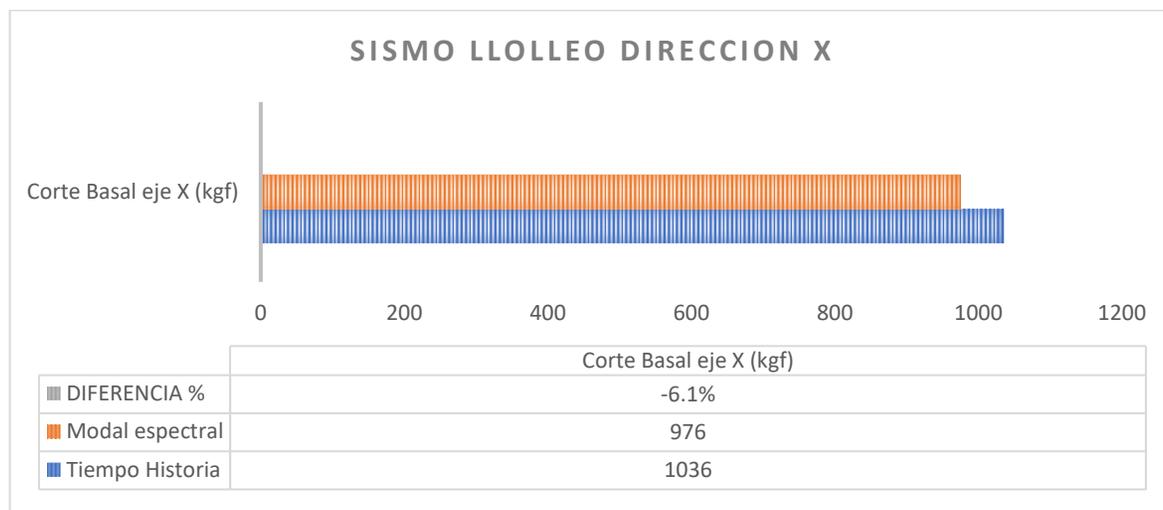


Figura 4-49: Corte Basal-Sismo Lollole dirección X

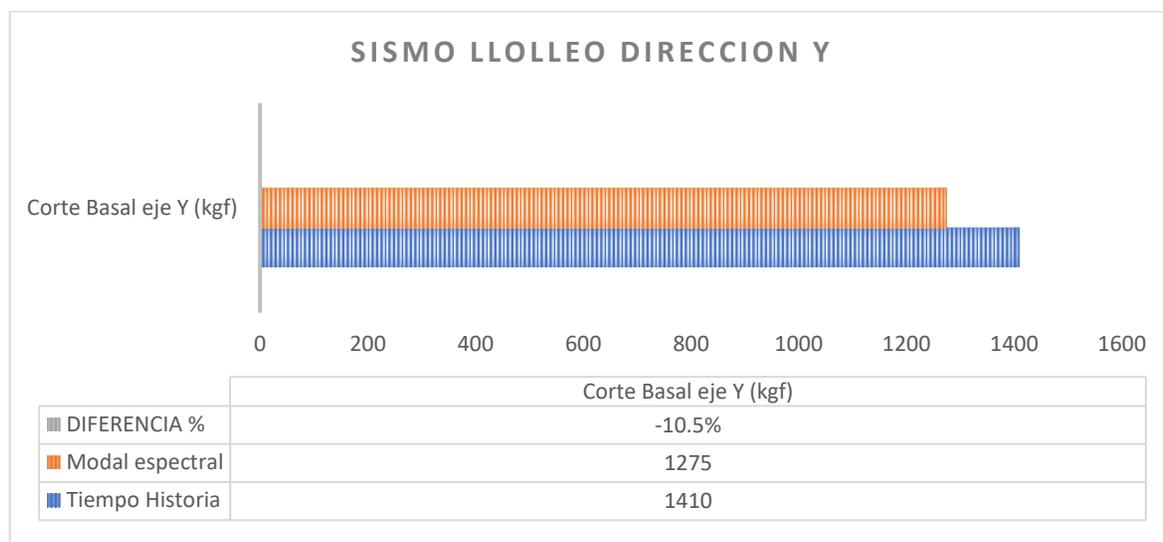


Figura 4-50: Corte Basal-Sismo Lollole dirección Y

IV.11 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa - Sismo Lollole

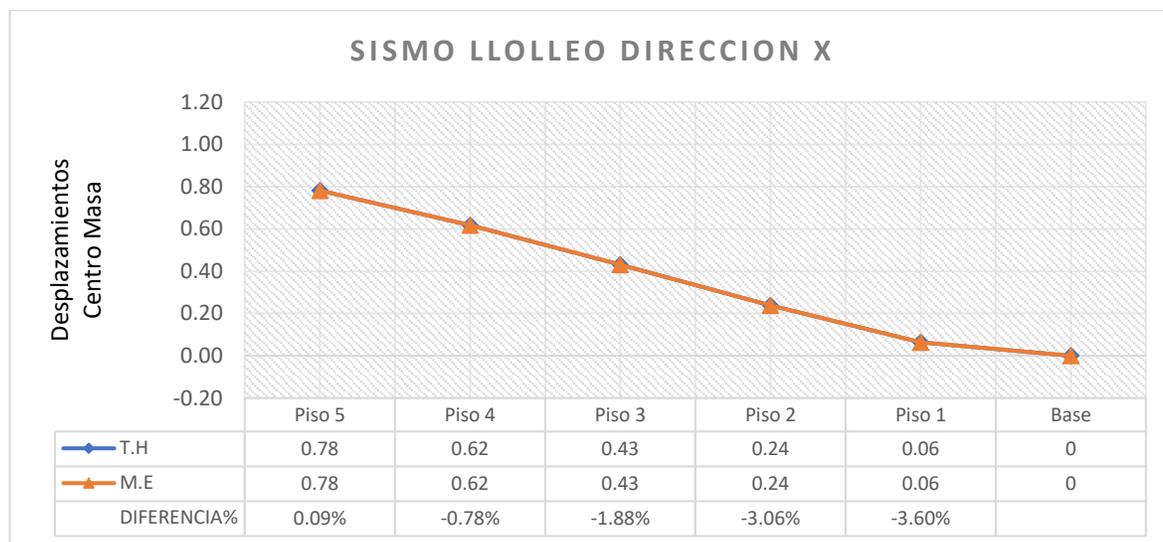


Figura 4-51: Desplazamiento Centro Masa-Sismo Lollole dirección X



Figura 4-52: Desplazamiento Centro Masa-Sismo Lollole dirección Y

IV.12 Desplazamientos de entre pisos - Sismo Lolloe

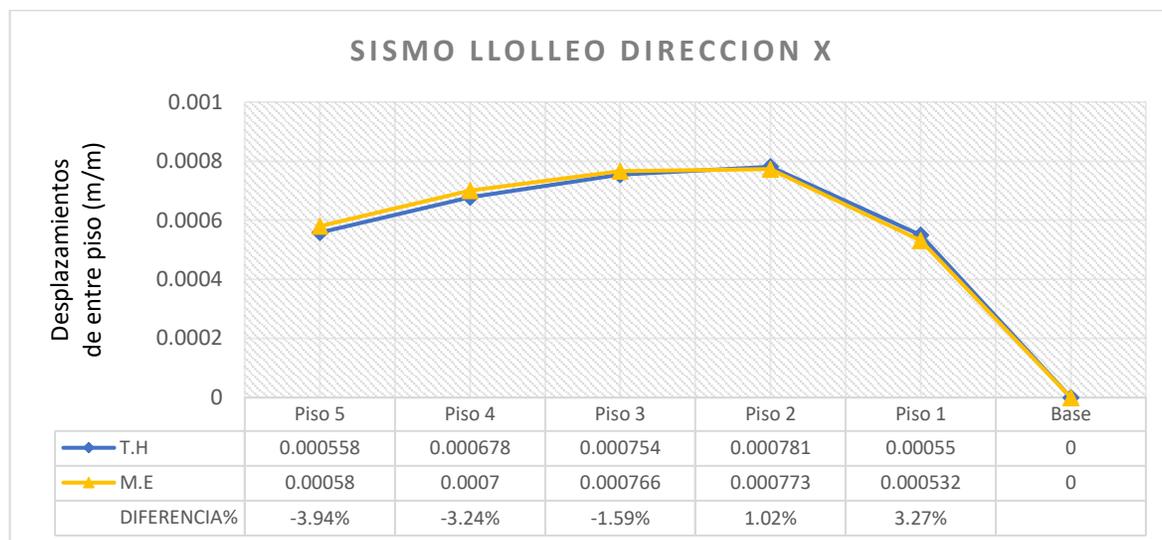


Figura 4-53: Desplazamientos relativos de entre piso Sismo Lolloe dirección X

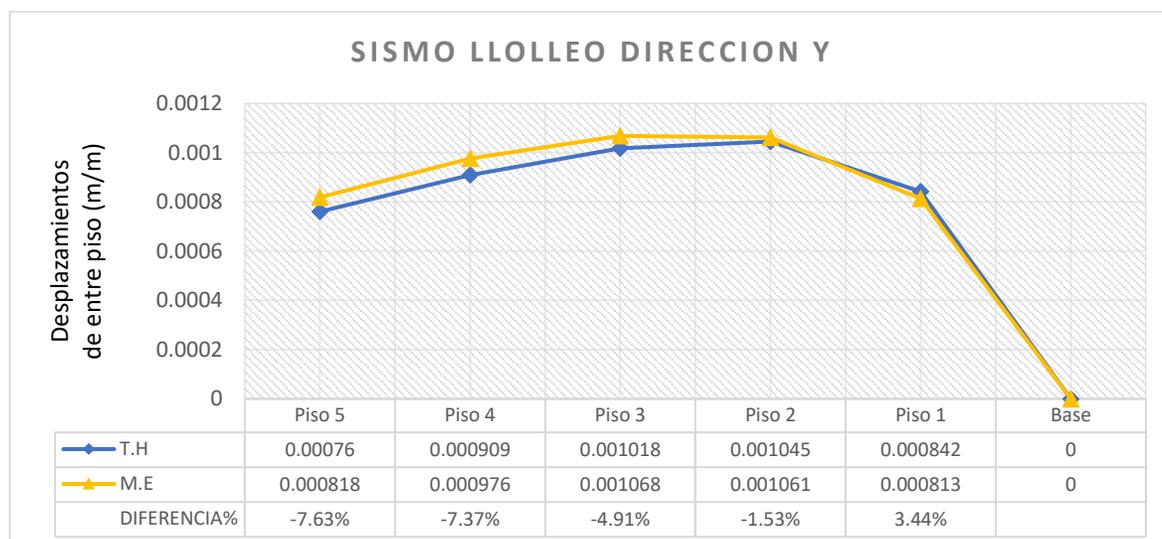


Figura 4-54: Desplazamientos relativos de entre piso - Sismo Lolloe dirección Y

IV.13 Esfuerzos Axiales horizontales en muros - Sismo Llolleo

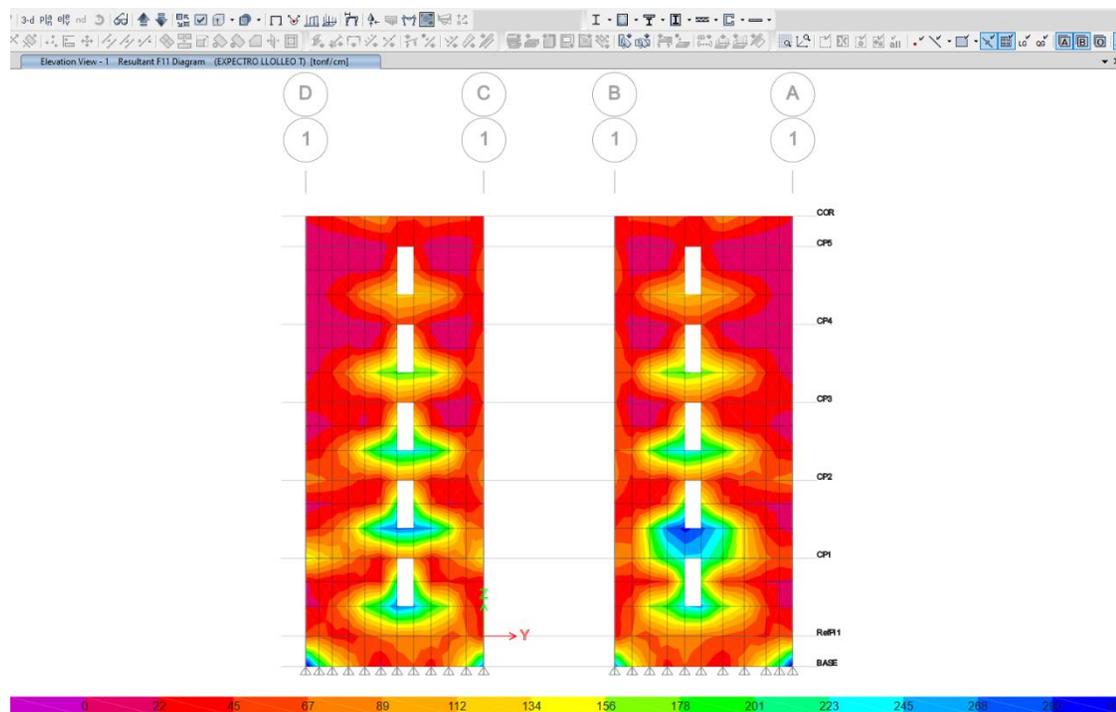


Figura 4-55: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Llolleo Y-eje 1

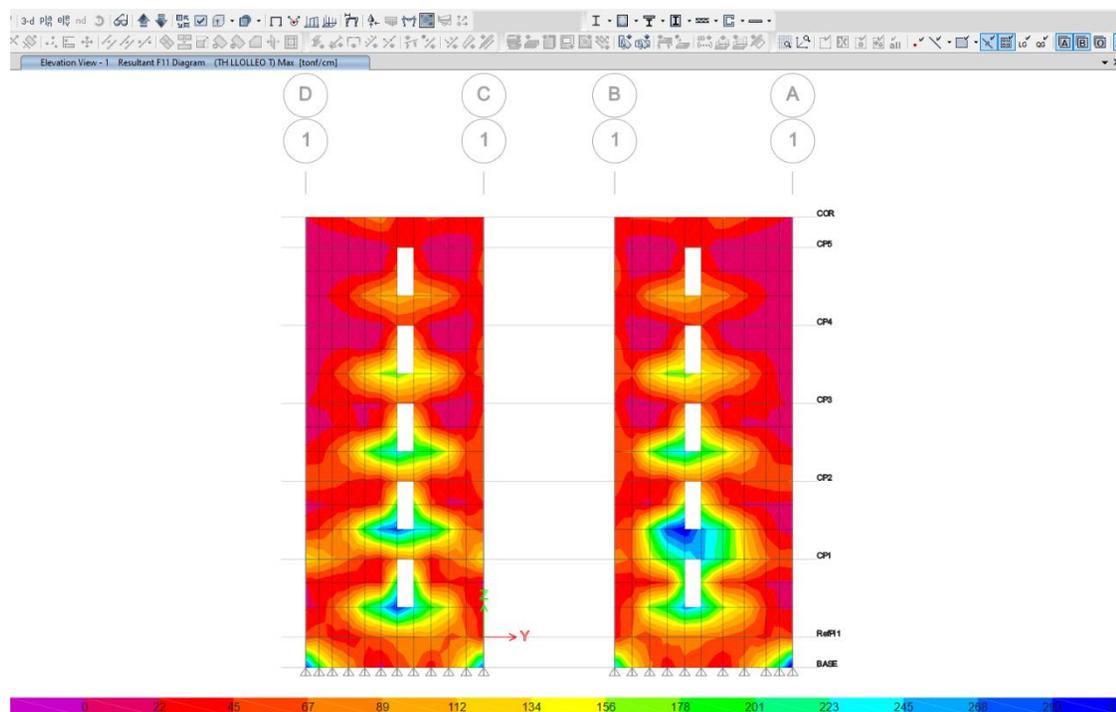


Figura 4-56: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo Y-eje 1

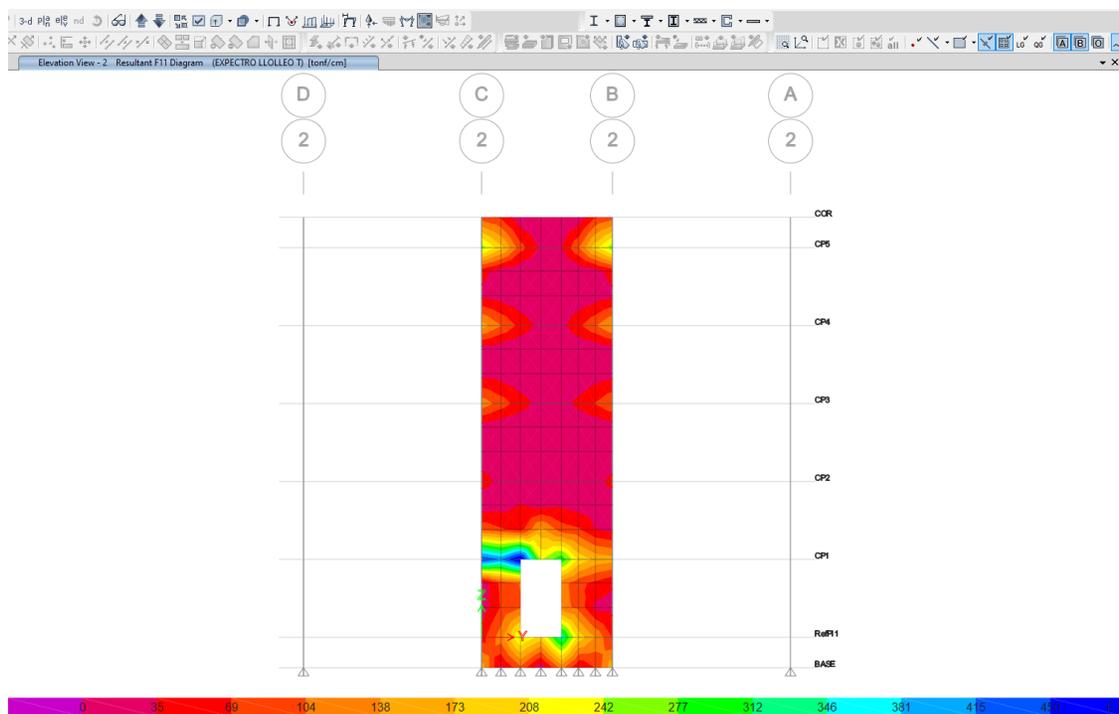


Figura 4-57: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Llolleo Y-eje 2

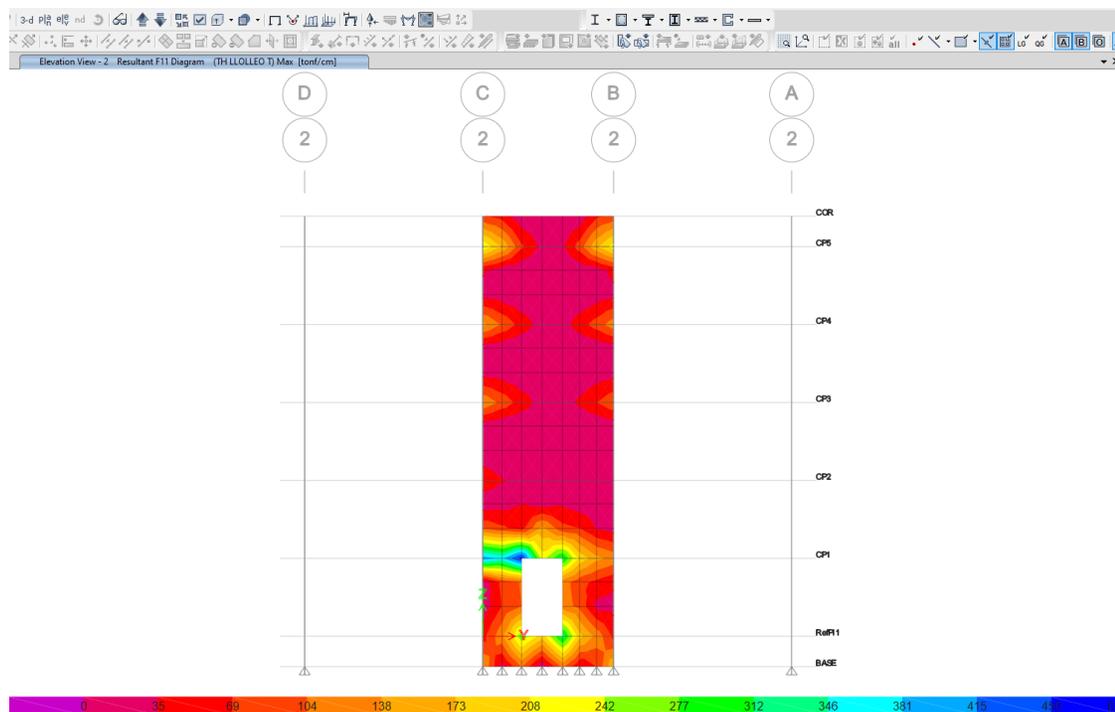


Figura 4-58: Tensiones axiales horizontales-TH -Sismo Llolleo Y- eje 2

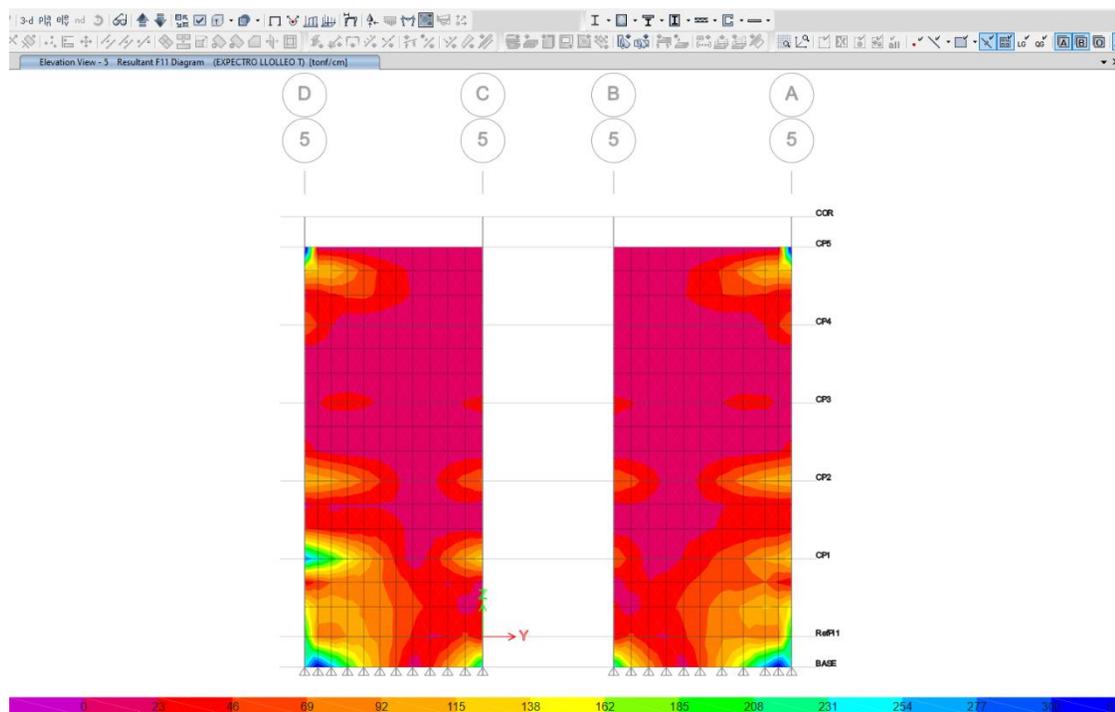


Figura 4-59: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Llolleo Y-eje 5

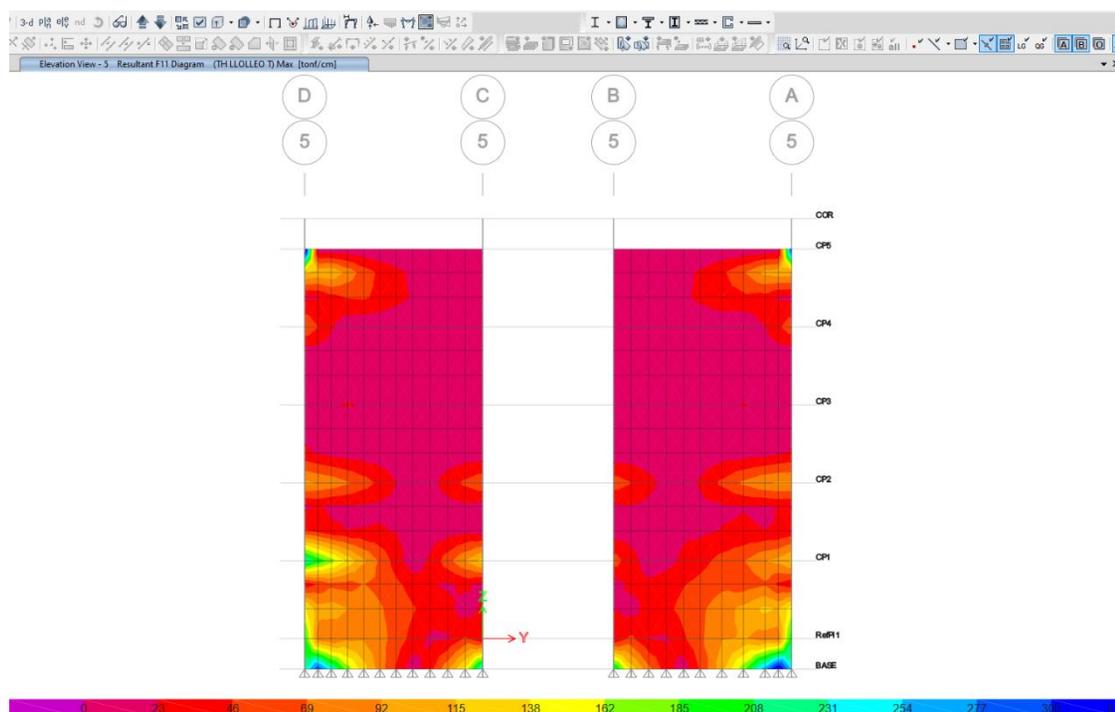


Figura 4-60: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo Y-eje 5

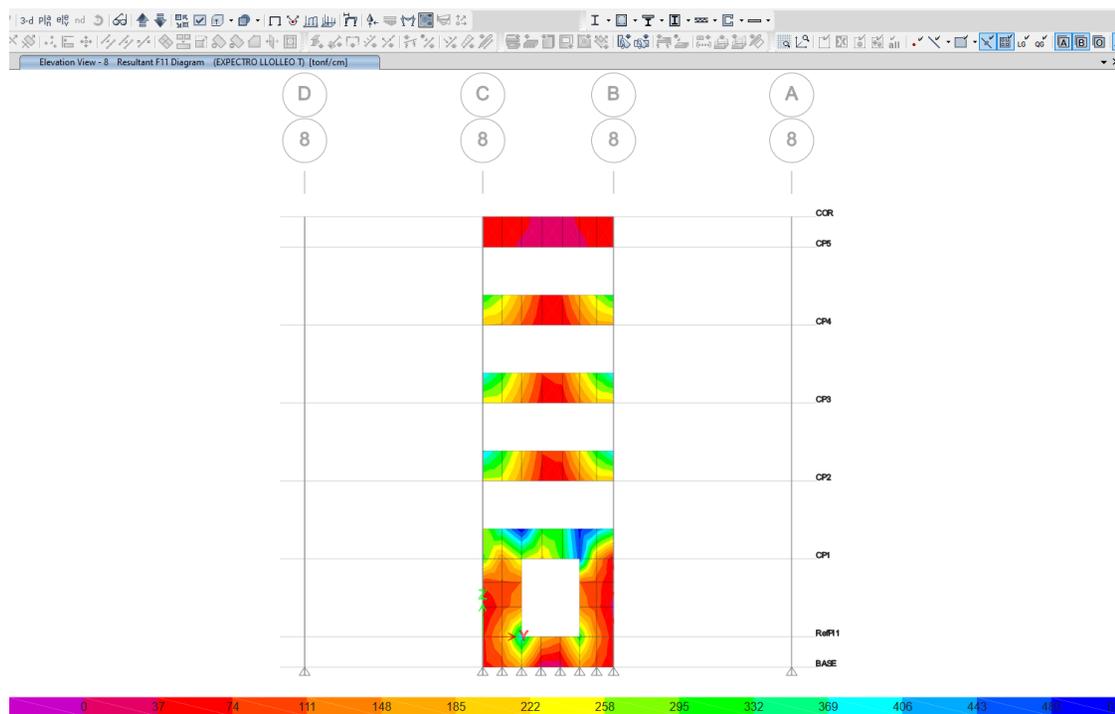


Figura 4-61: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Llolleo Y eje-8

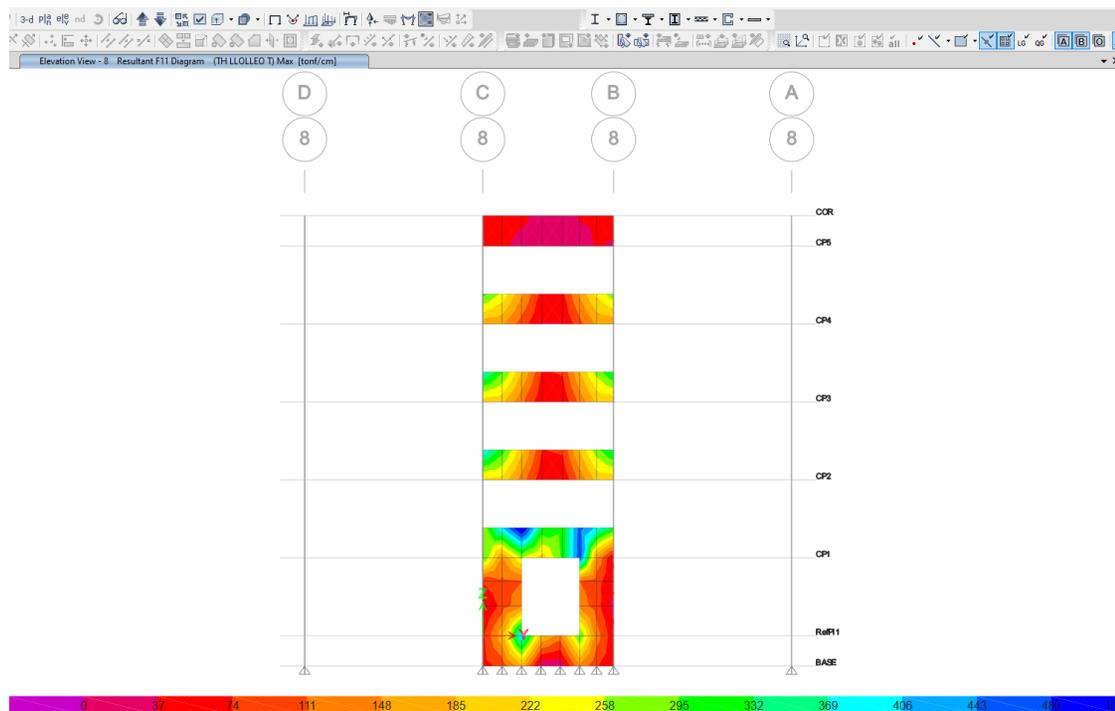


Figura 4-62: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo Y-eje 8

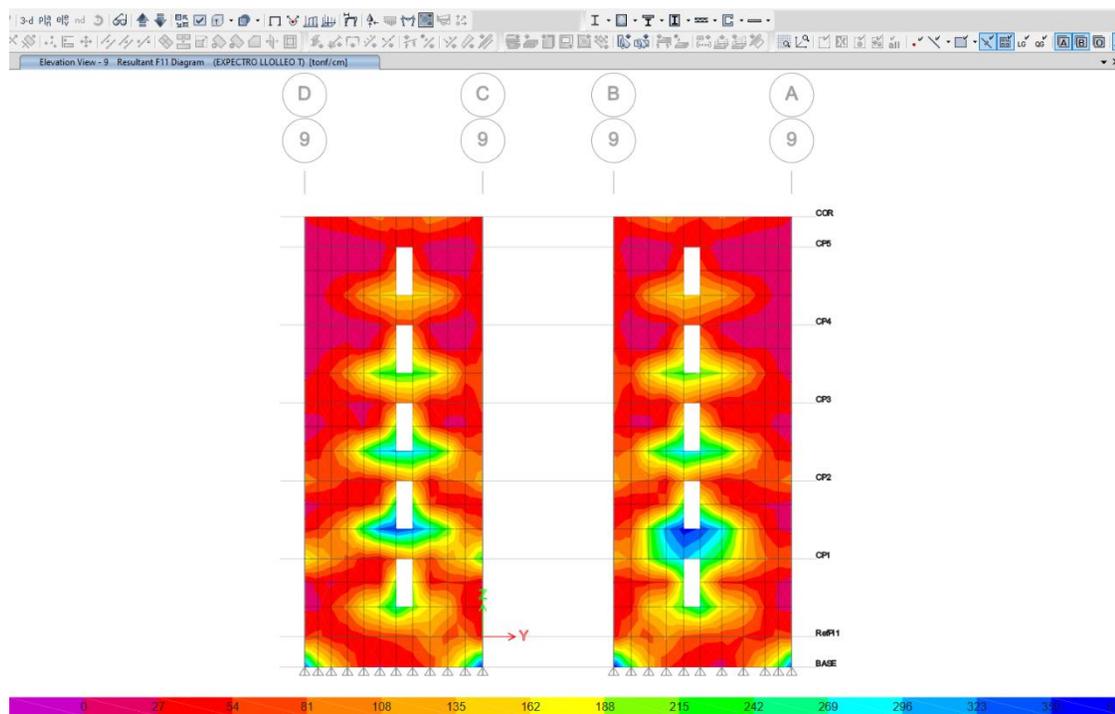


Figura 4-63: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo Y-eje 8

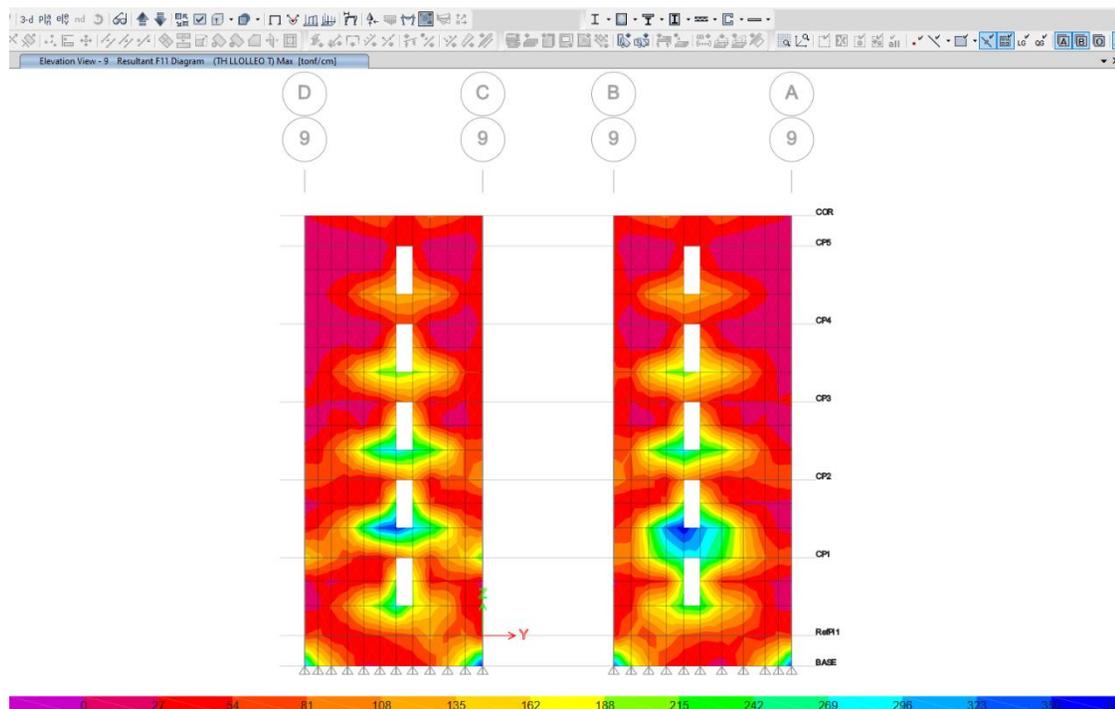


Figura 4-64: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo Y-eje 8

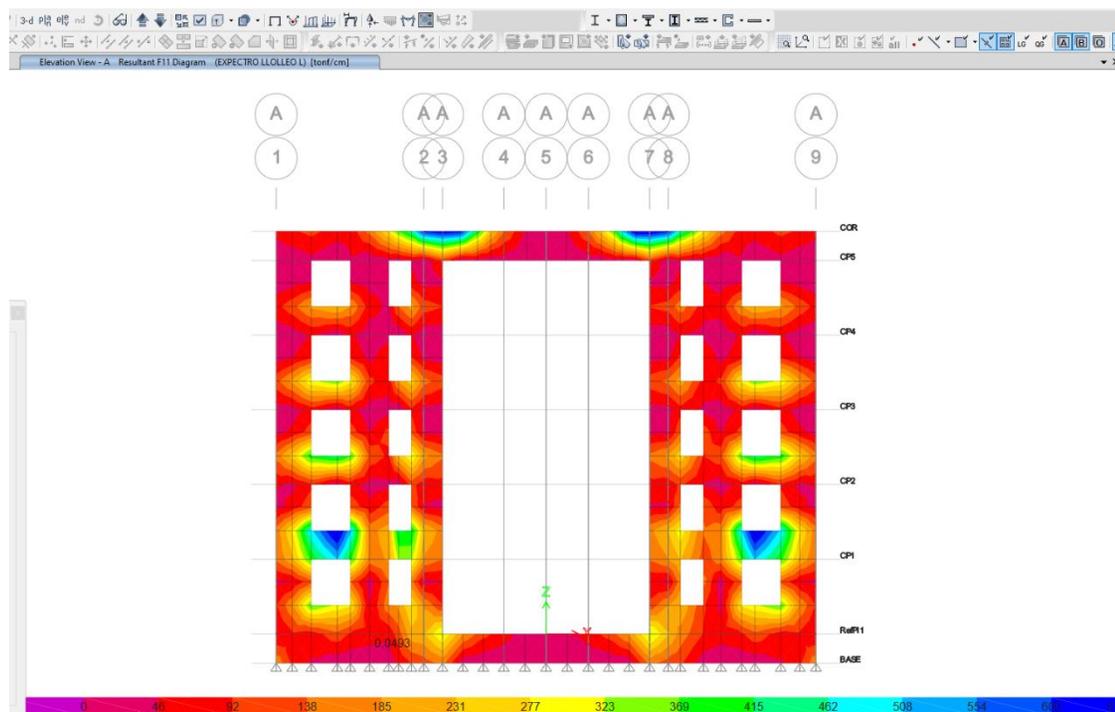


Figura 4-65: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Lollole Y-eje 8

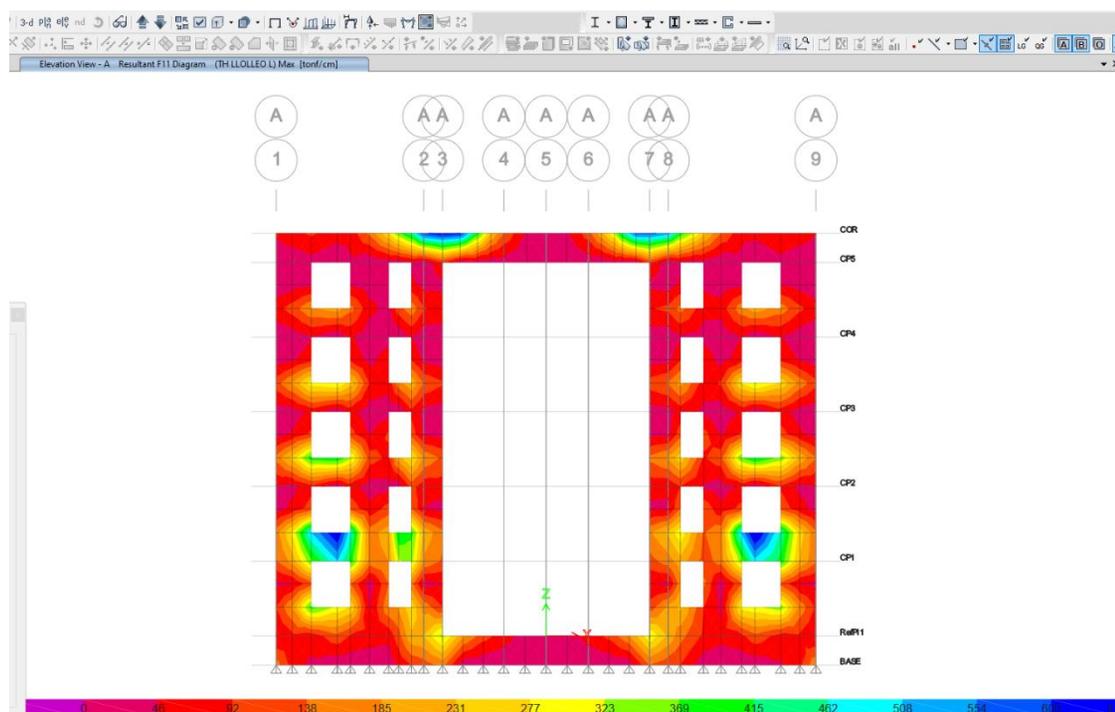


Figura 4-66: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Lollole Y-eje 8

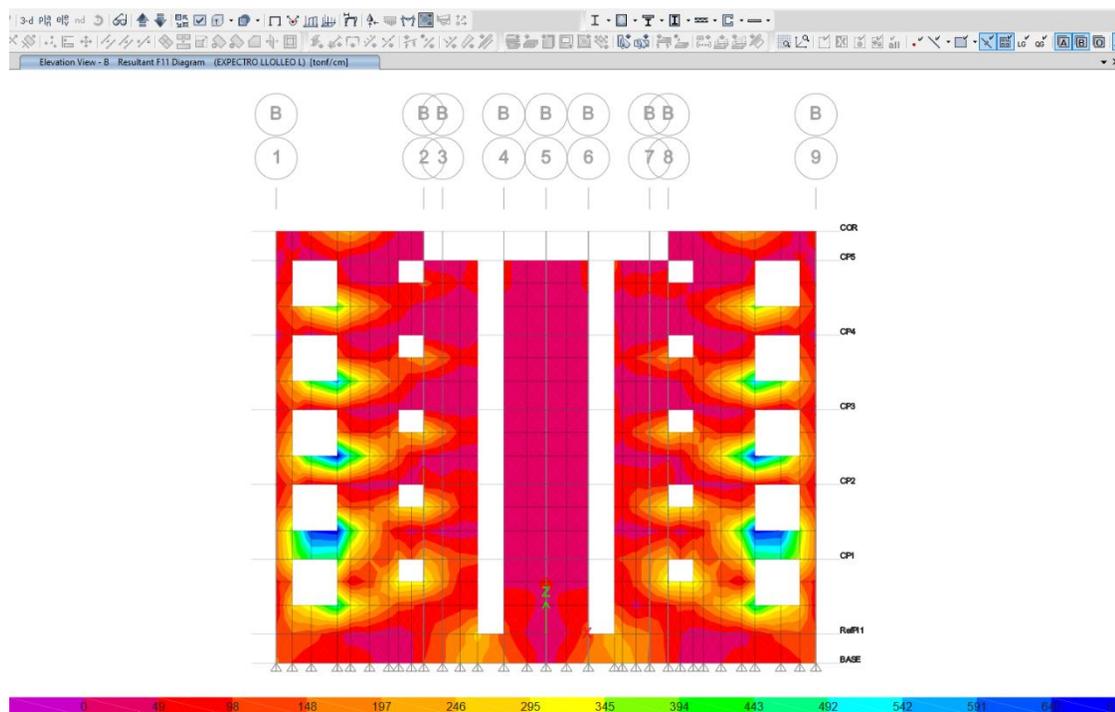


Figura 4-67: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Lollole X-eje B

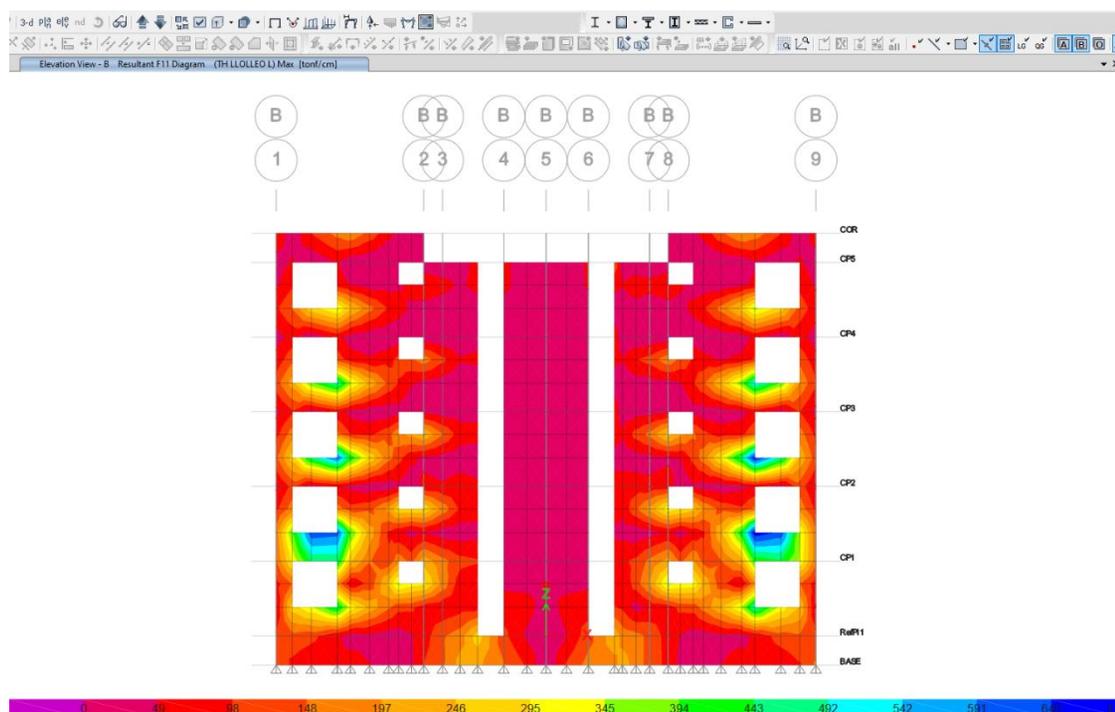


Figura 4-68: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Lollole X-eje

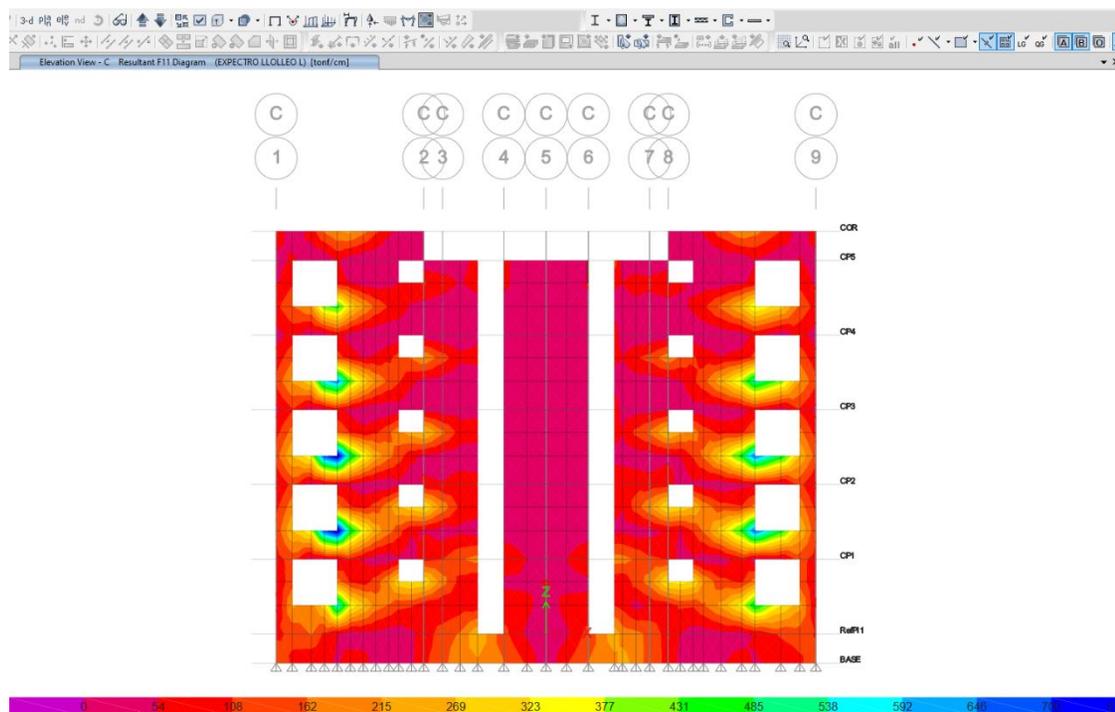


Figura 4-69: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Lolloe X-eje C

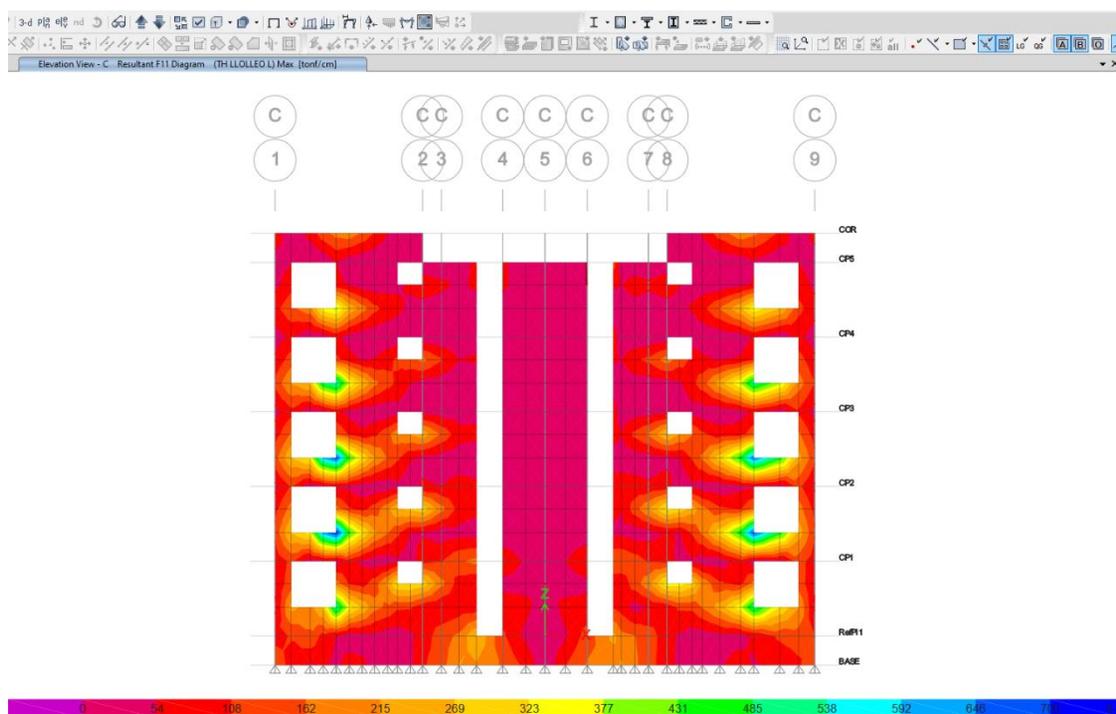


Figura 4-70: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Lolloe X-eje C

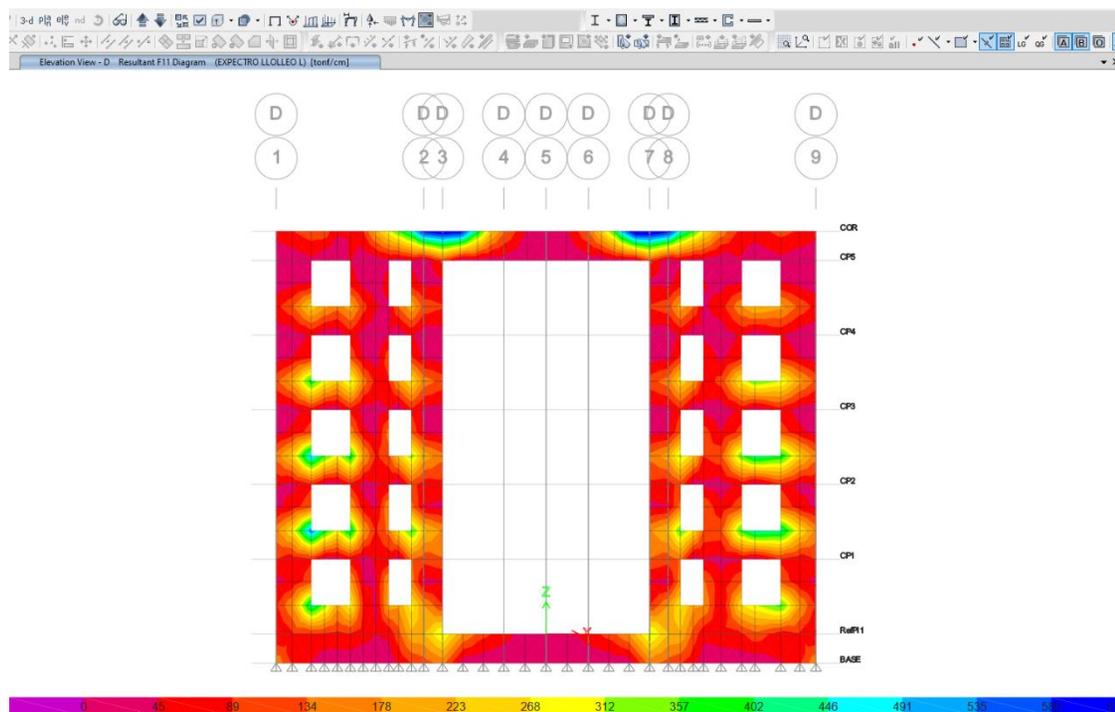


Figura 4-71: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Llolleo X-eje D

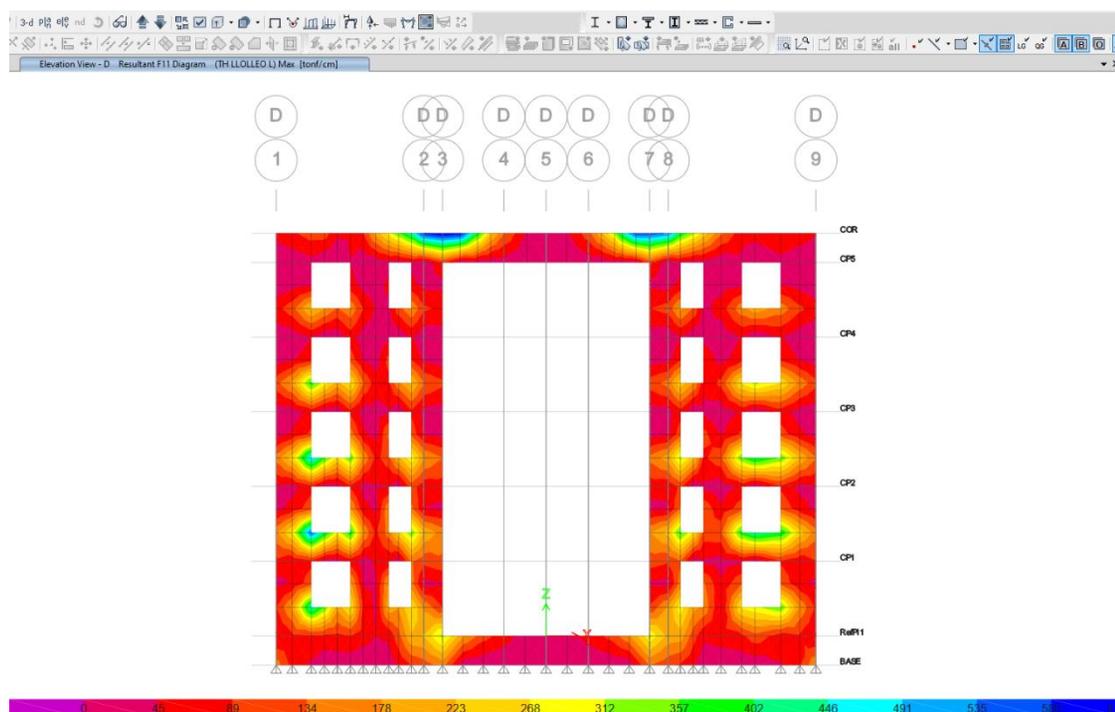


Figura 4-72: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Llolleo X-eje D

IV.14 Corte Basal - Sismo Santiago

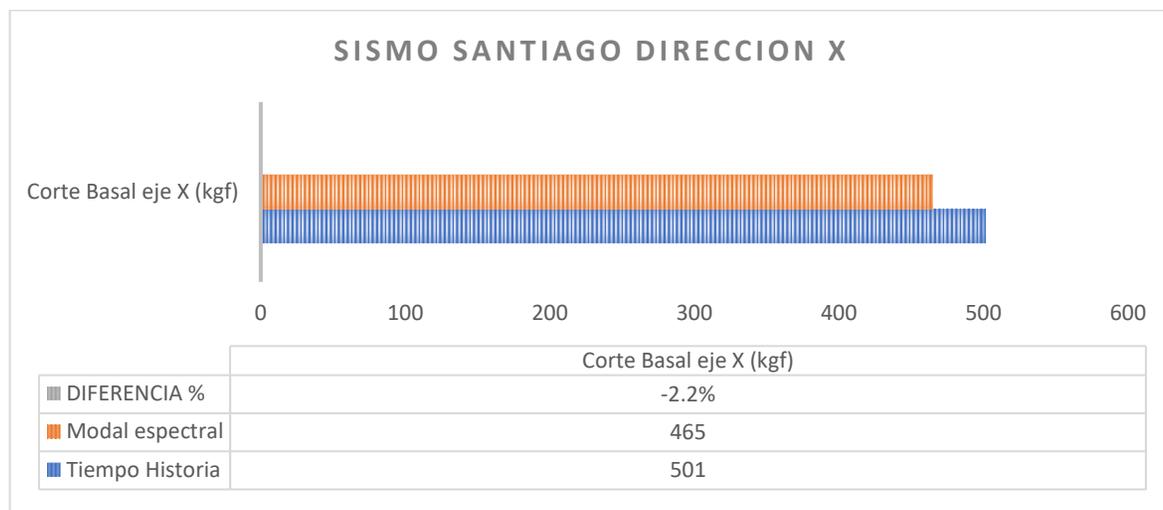


Figura 4-73: Corte Basal-Sismo Santiago dirección X

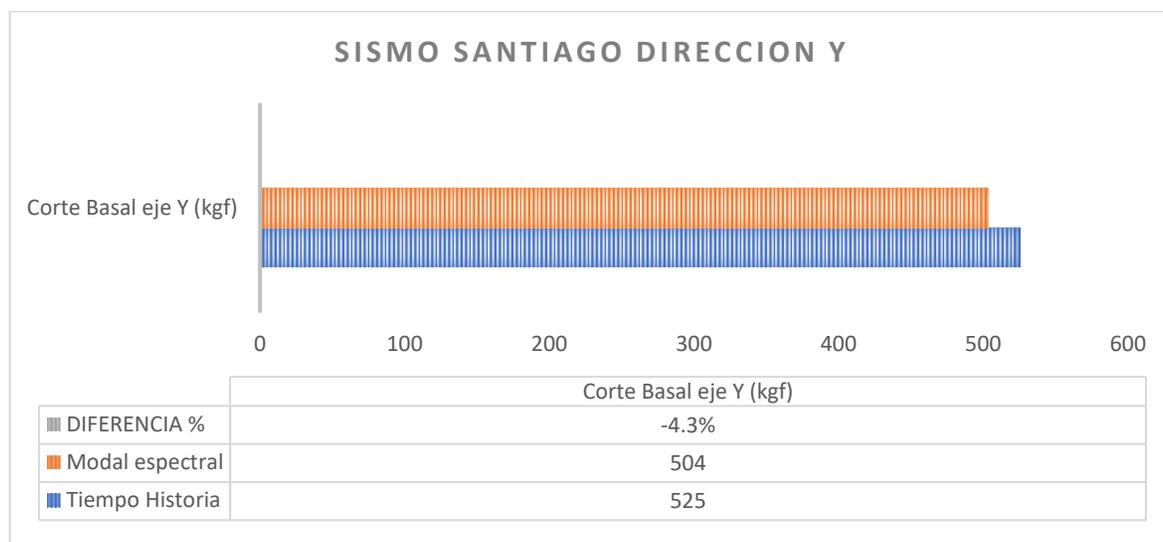


Figura 4-74: Corte Basal-Sismo Santiago dirección Y

IV.15 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa - Sismo Santiago

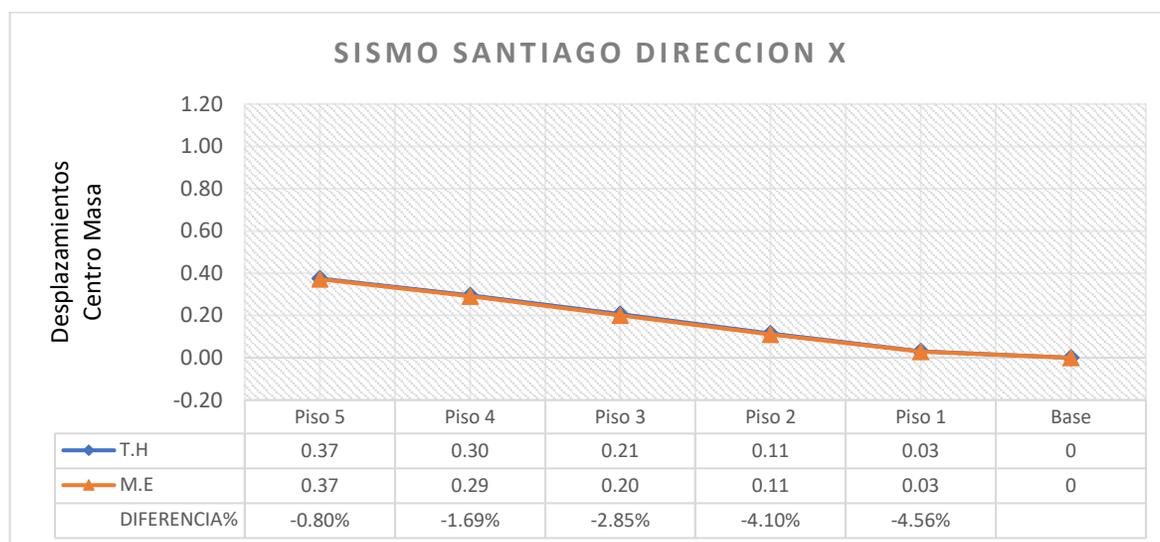


Figura 4-75: Desplazamiento Centro Masa-Sismo Santiago dirección X

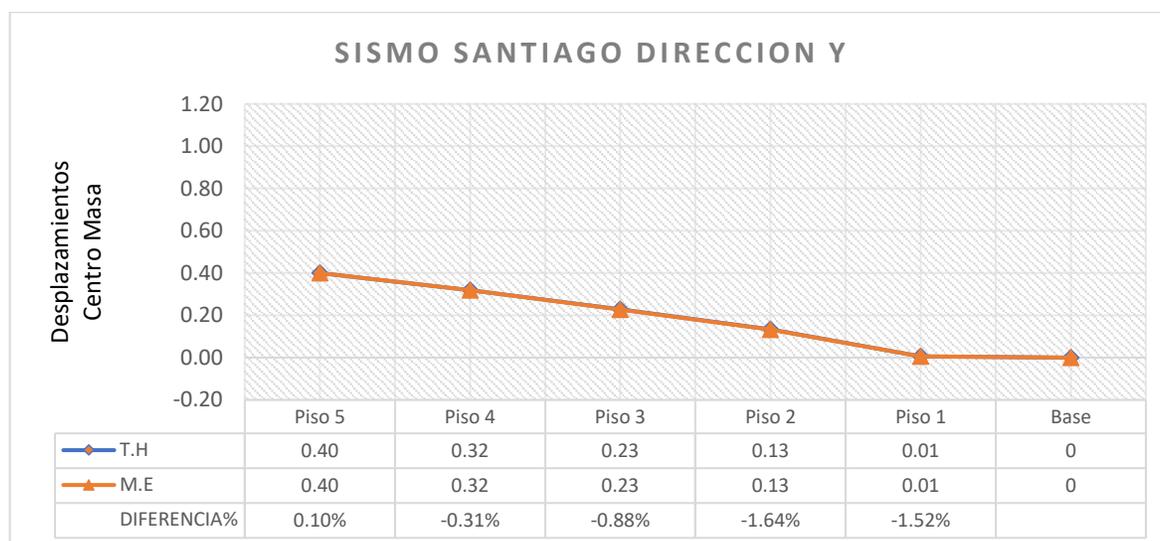


Figura 4-76: Desplazamiento Centro Masa-Sismo Santiago dirección Y

IV.16 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa - Sismo Santiago

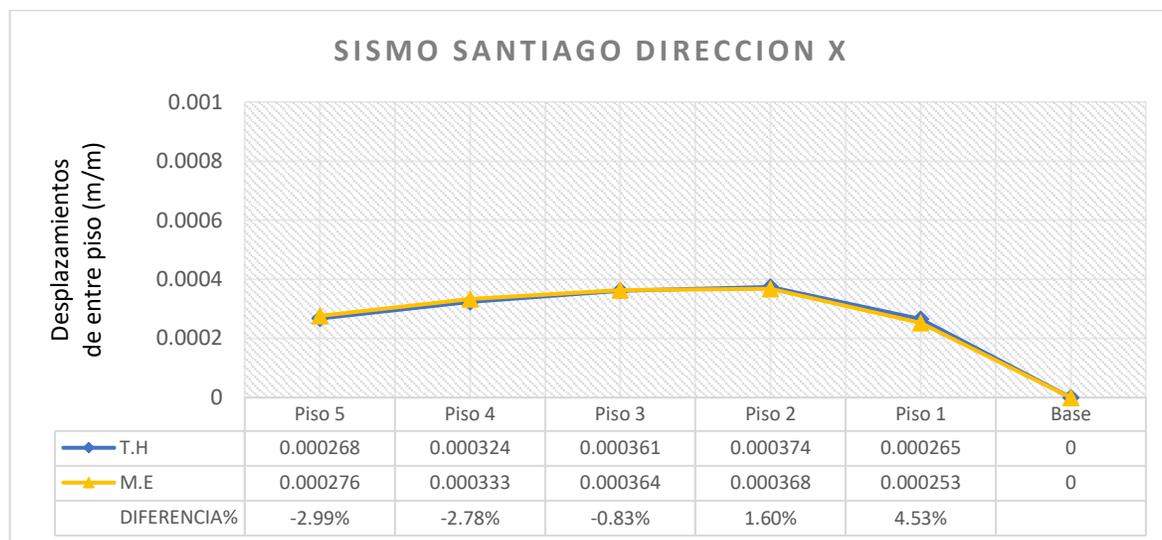


Figura 4-77: Desplazamientos relativos entre Piso - Sismo Santiago dirección X

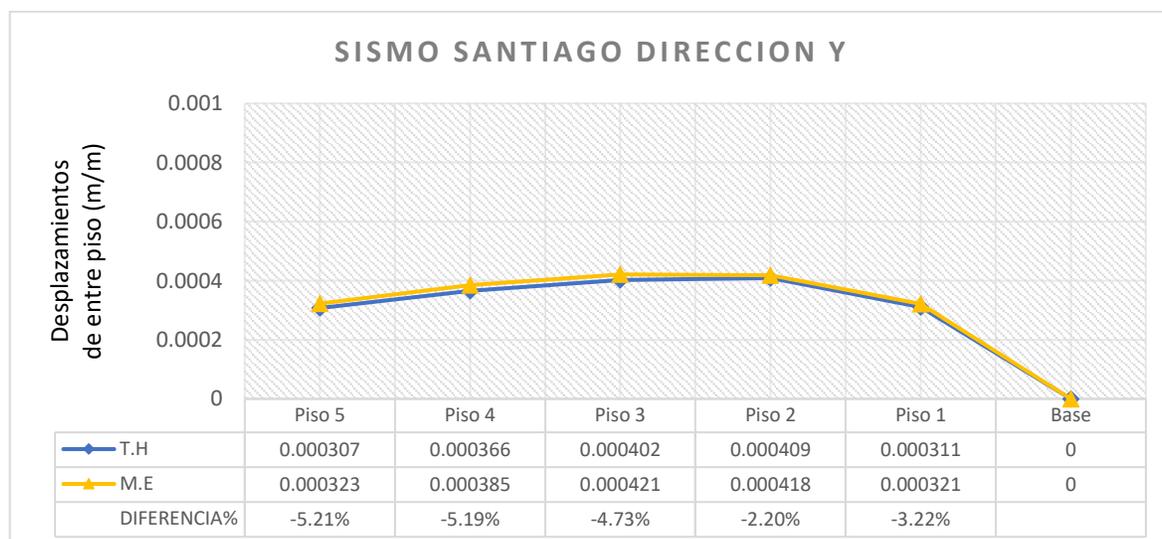


Figura 4-78: Desplazamientos relativos entre Piso - Sismo Santiago dirección Y

IV.17 Esfuerzos Axiales horizontales en muros - Sismo Santiago

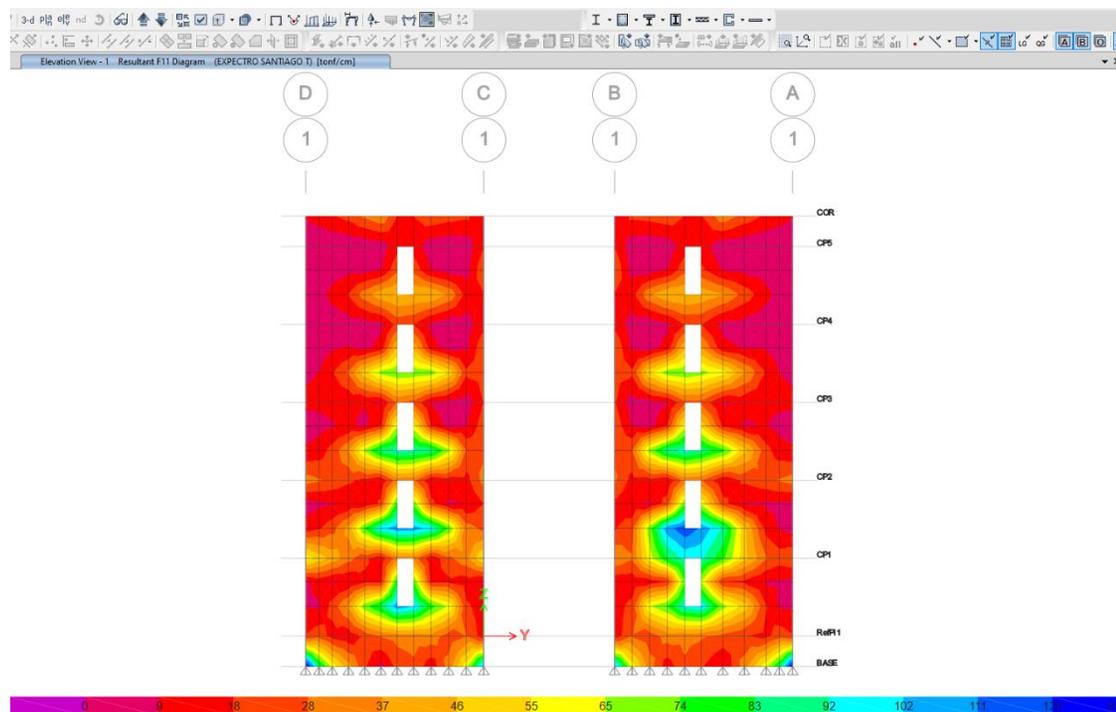


Figura 4-79: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago Y-eje 1

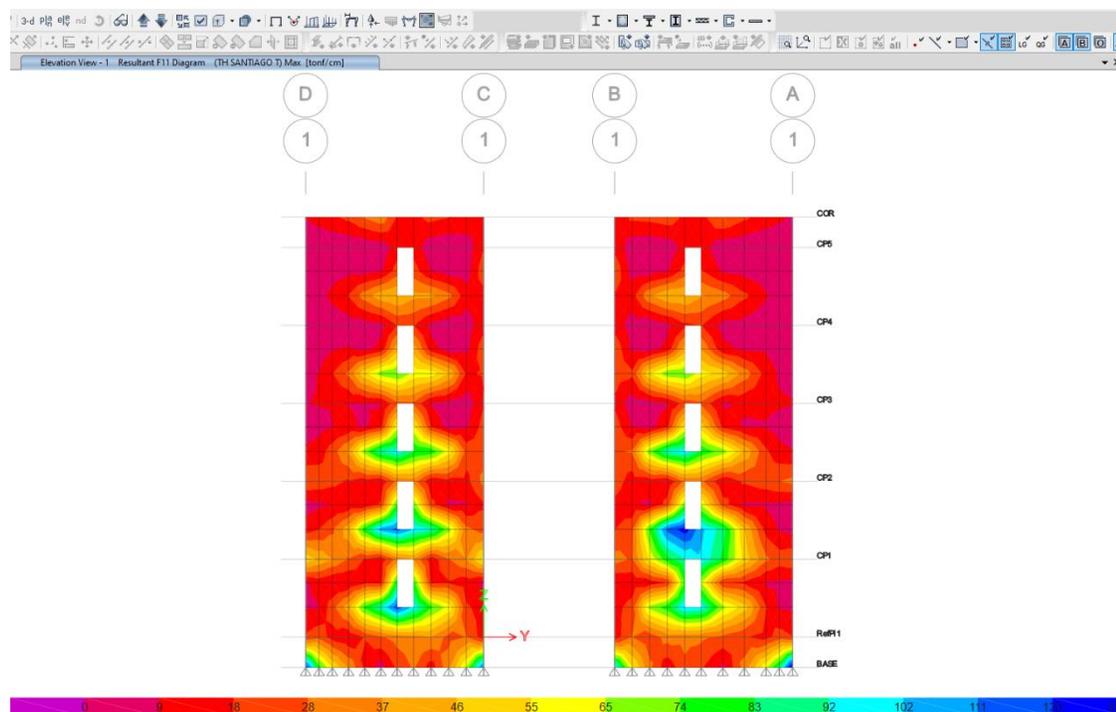


Figura 4-80: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago Y-eje 1

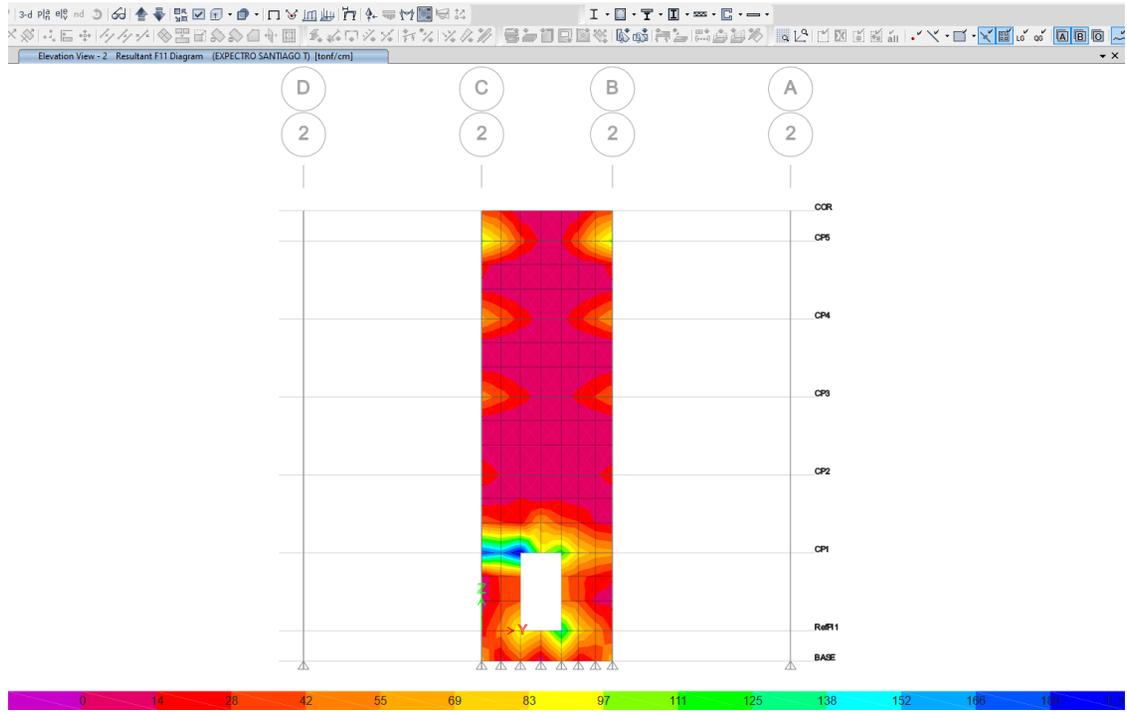


Figura 4-81: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago Y-eje 2

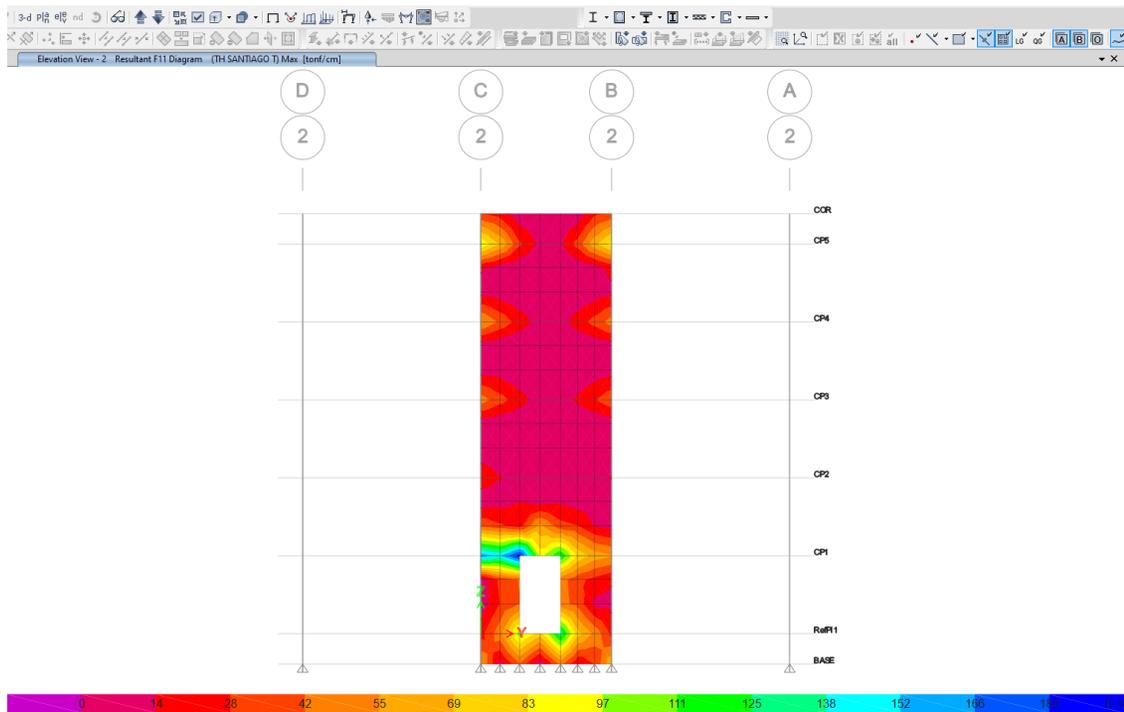


Figura 4-82: Tensiones axiales horizontales-TH -Sismo Santiago Y-eje 2

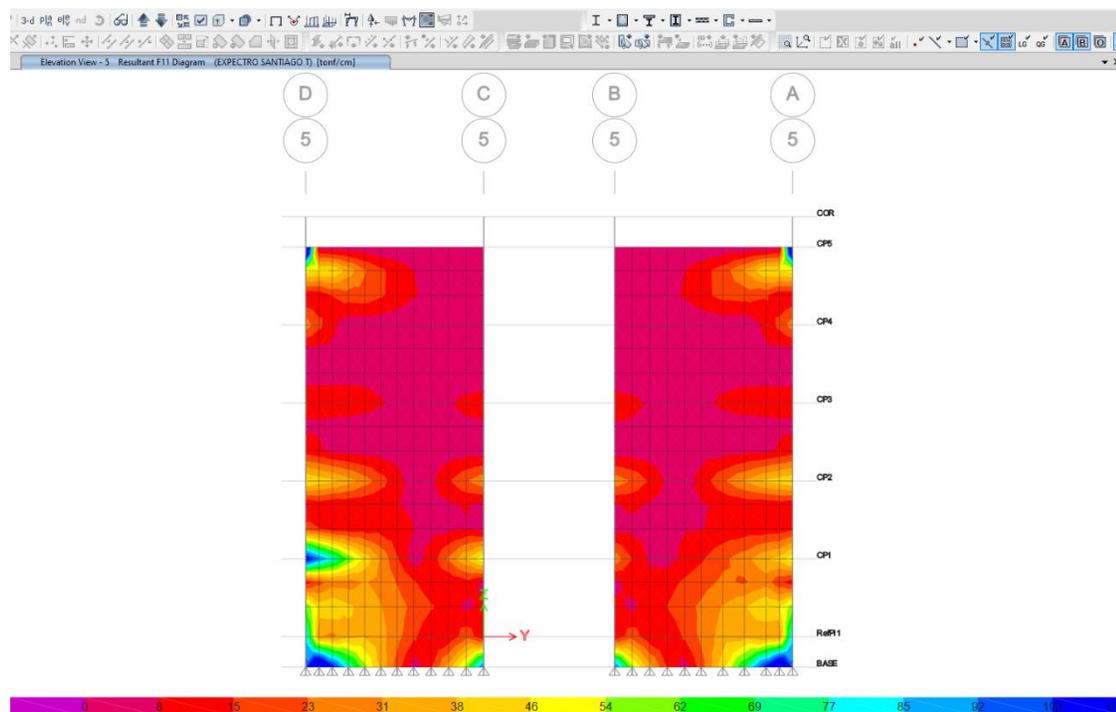


Figura 4-83: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago Y-eje 5

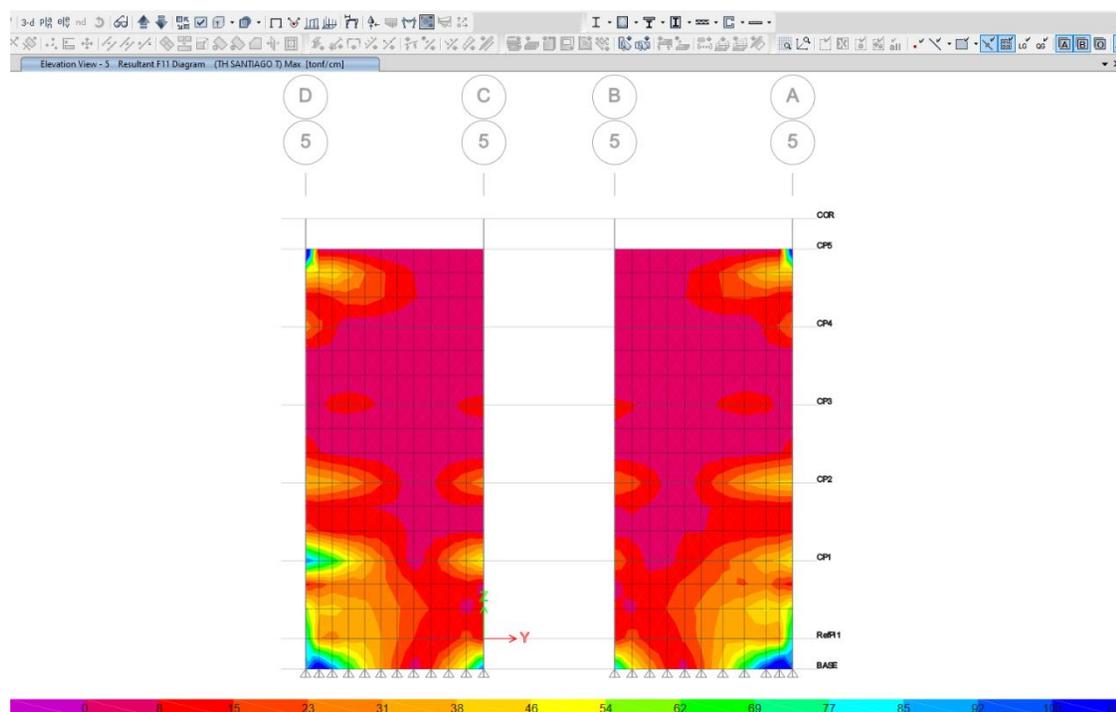


Figura 4-84: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago Y-eje 5

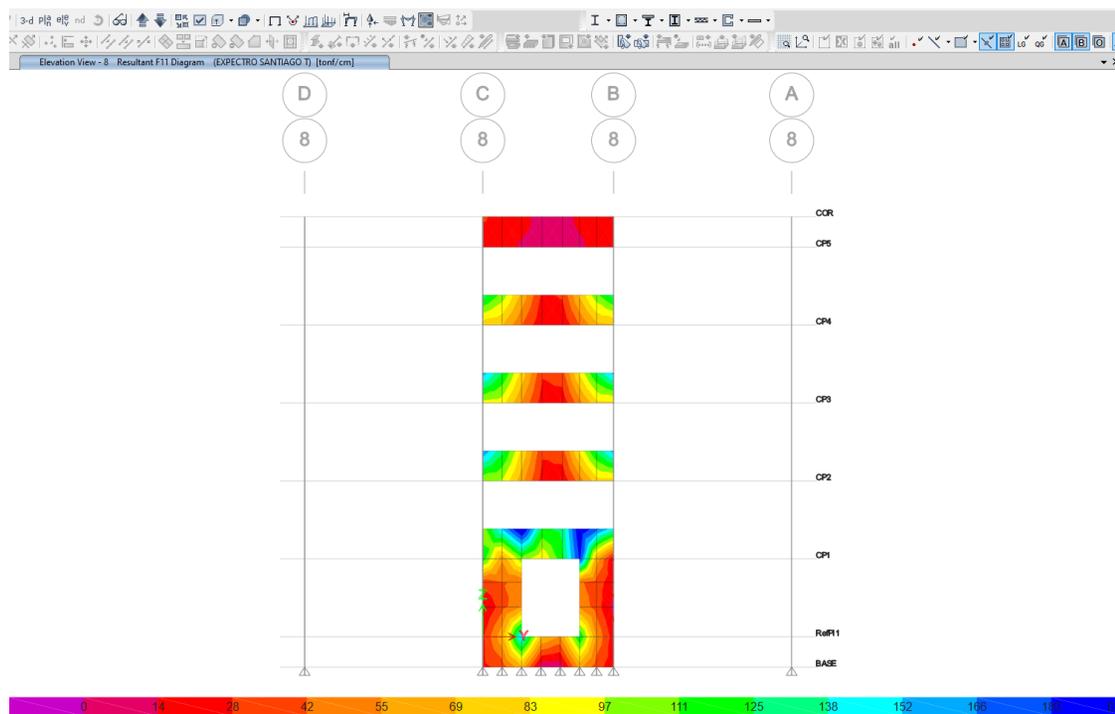


Figura 4-85: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago Y eje-8

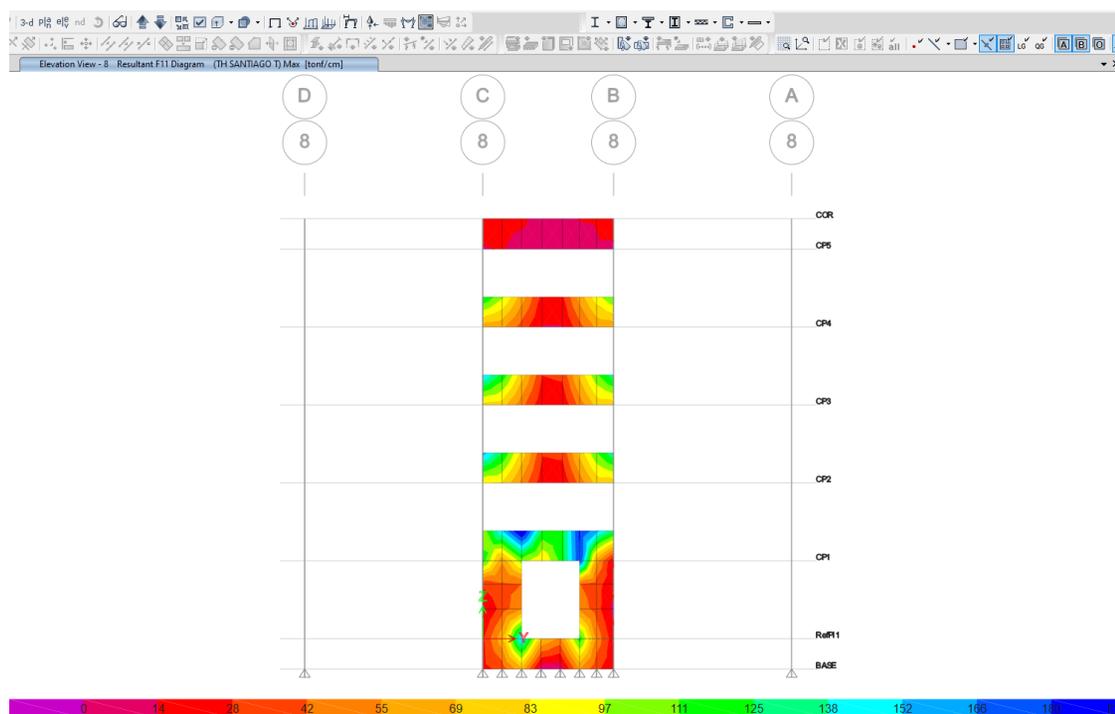


Figura 4-86: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago Y-eje 8

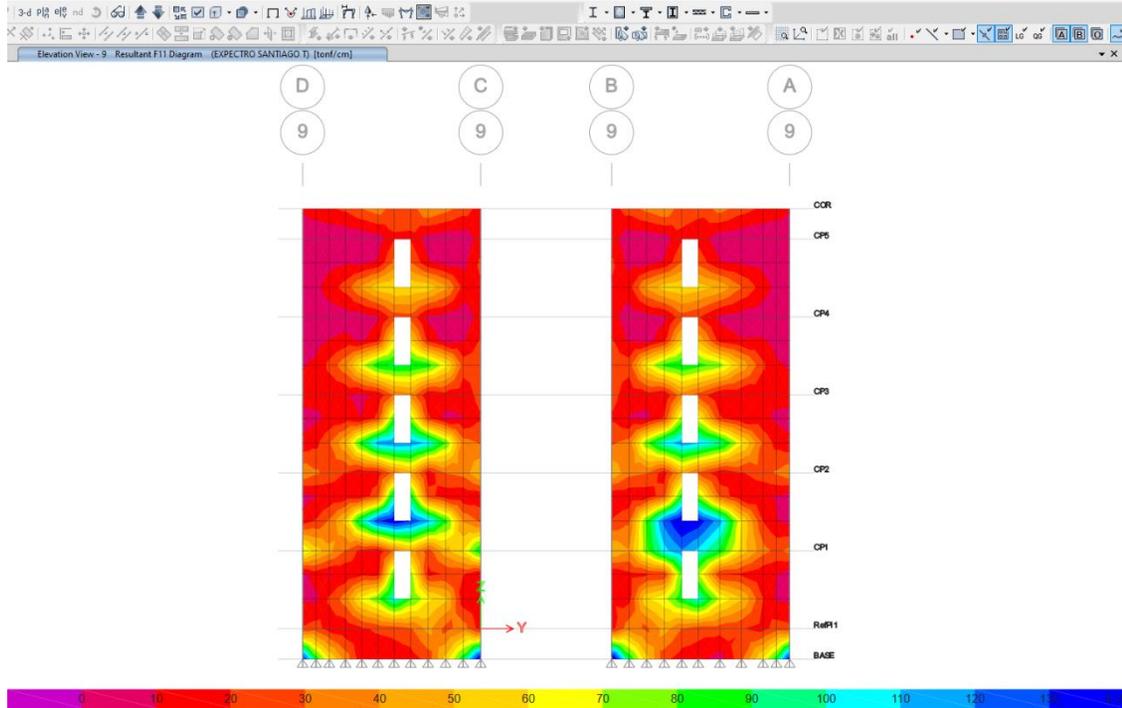


Figura 4-87: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago Y-eje 9

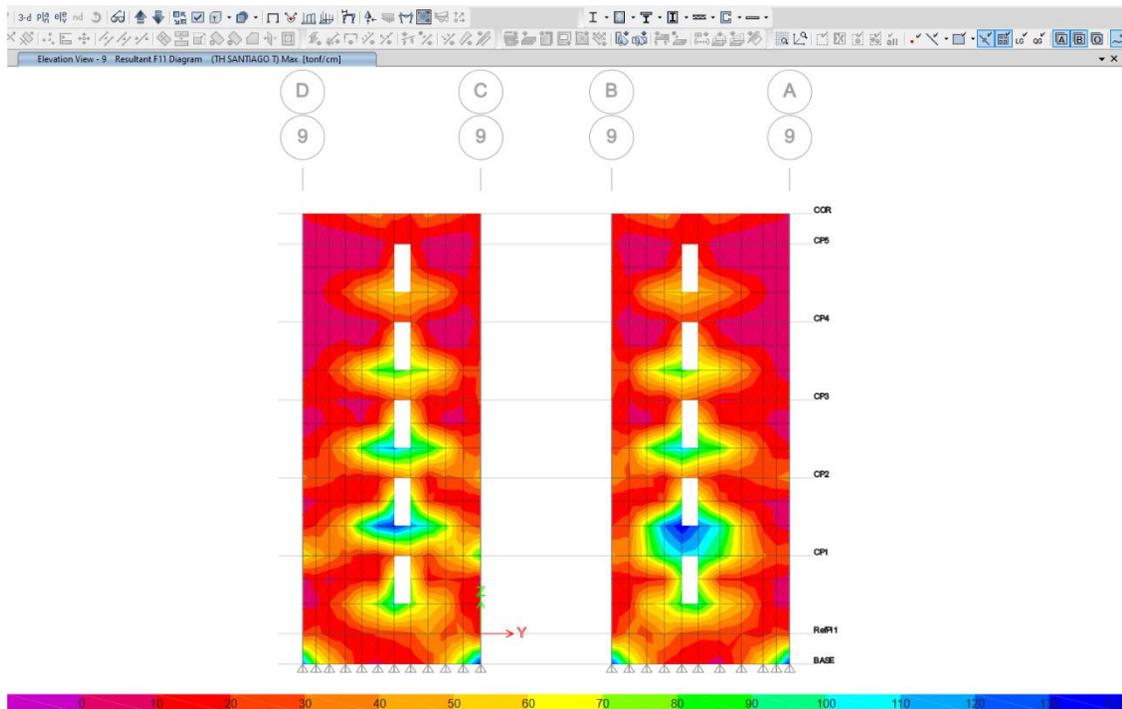


Figura 4-88: Tensiones axiales horizontales-TH Sismo Santiago Y-eje 9

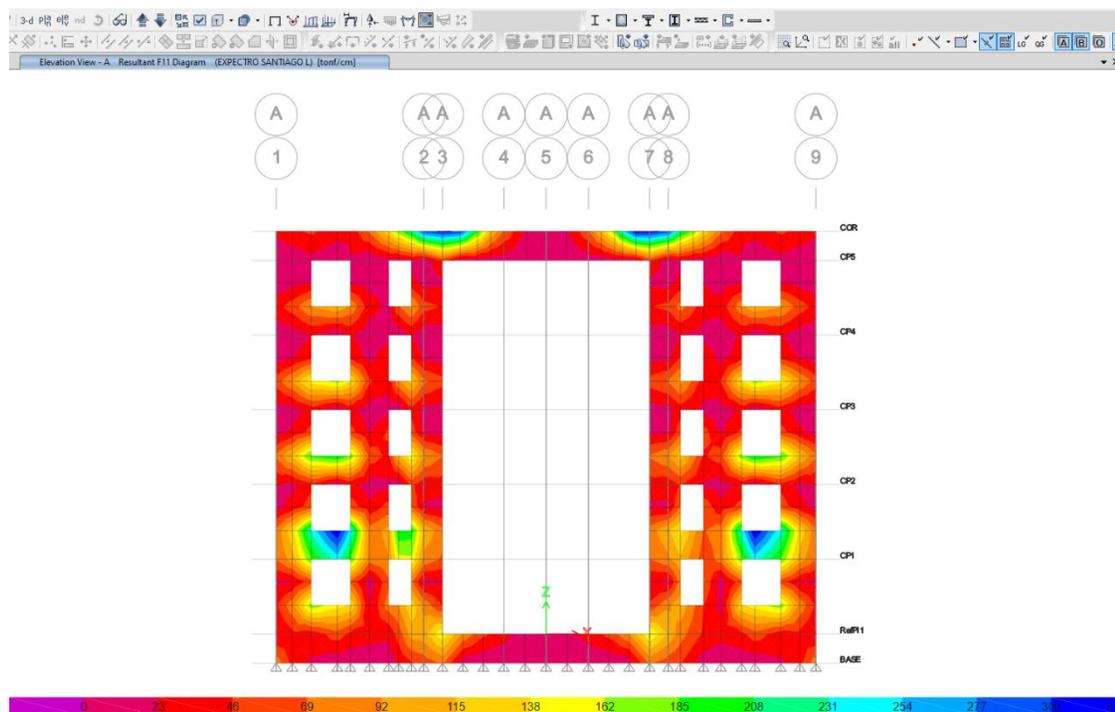


Figura 4-89: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago X-eje A

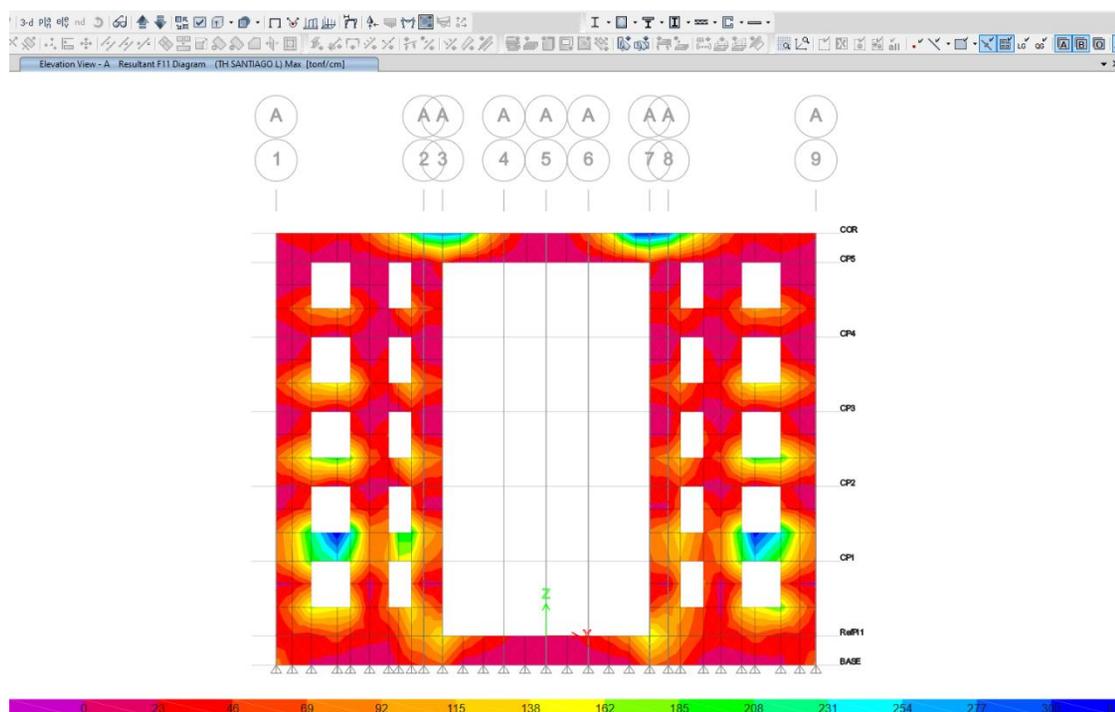


Figura 4-90: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago X-eje A

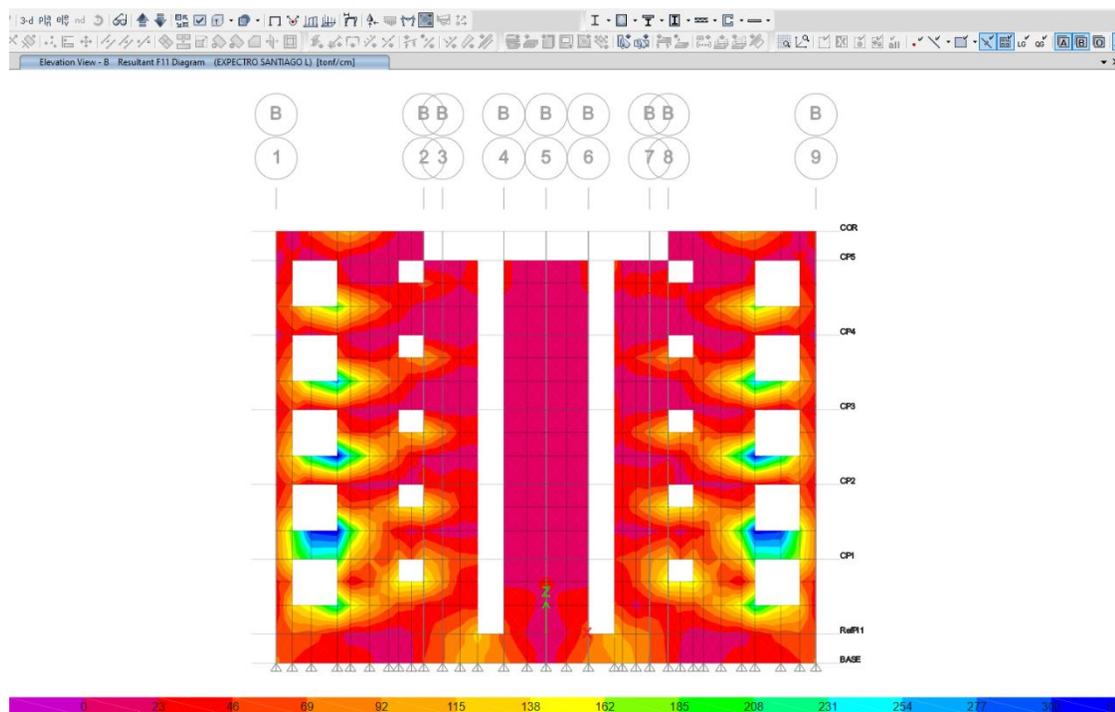


Figura 4-91: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago dirección X-eje B

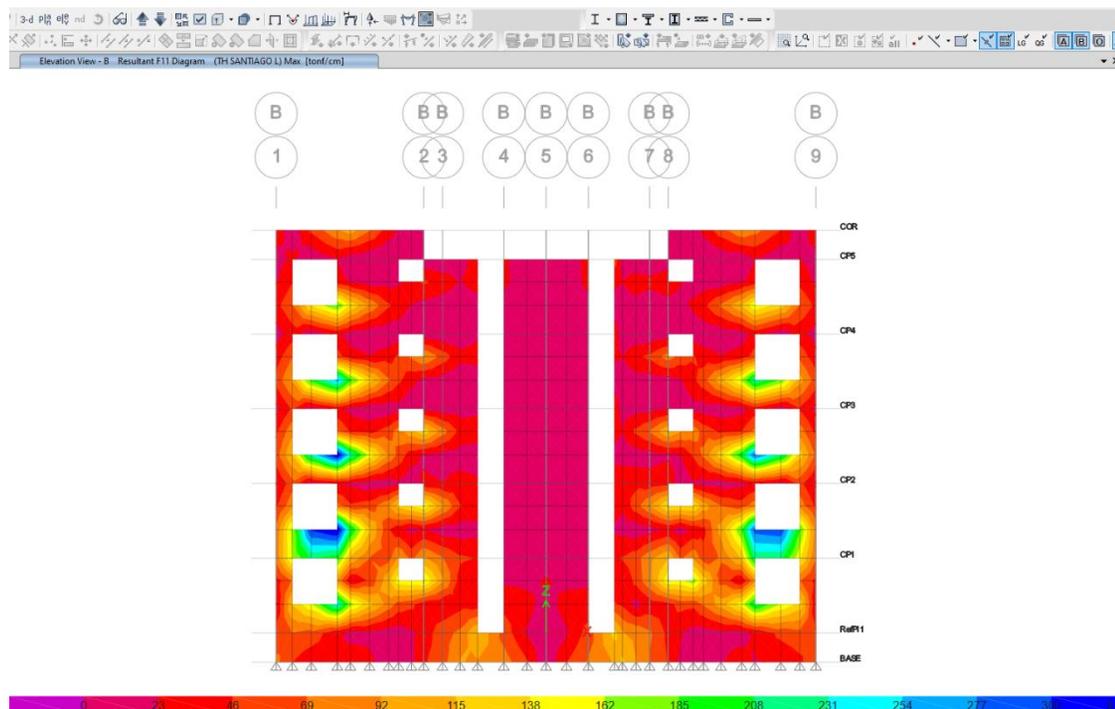


Figura 4-92: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago X-eje B

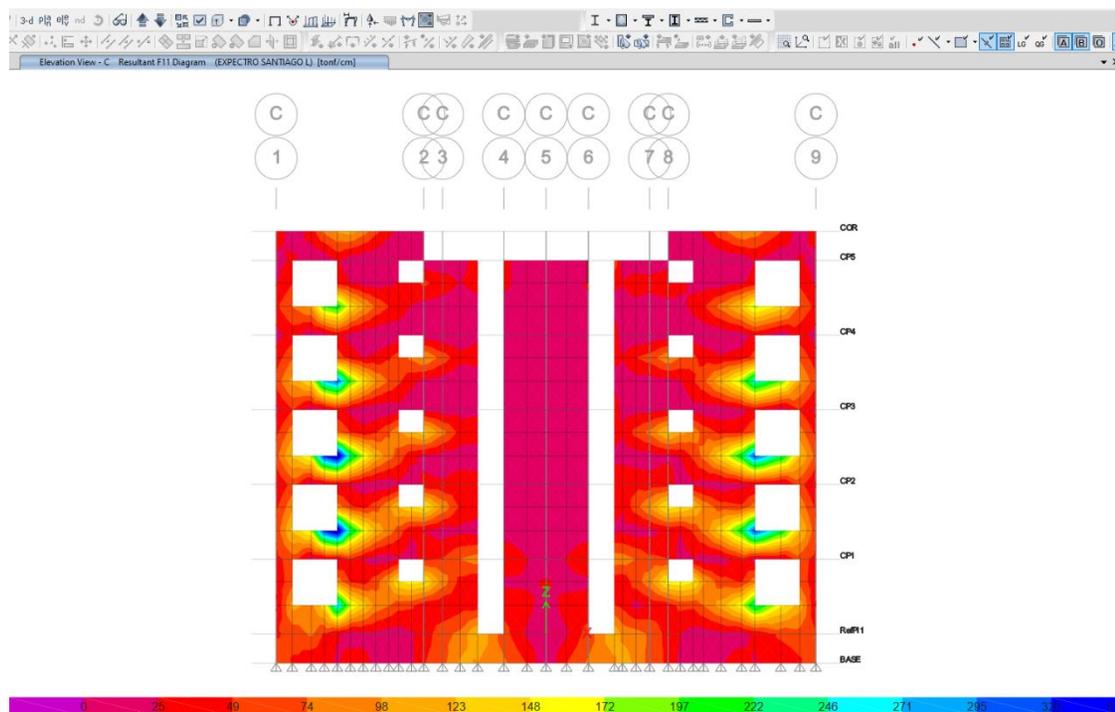


Figura 4-93: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago X-eje C

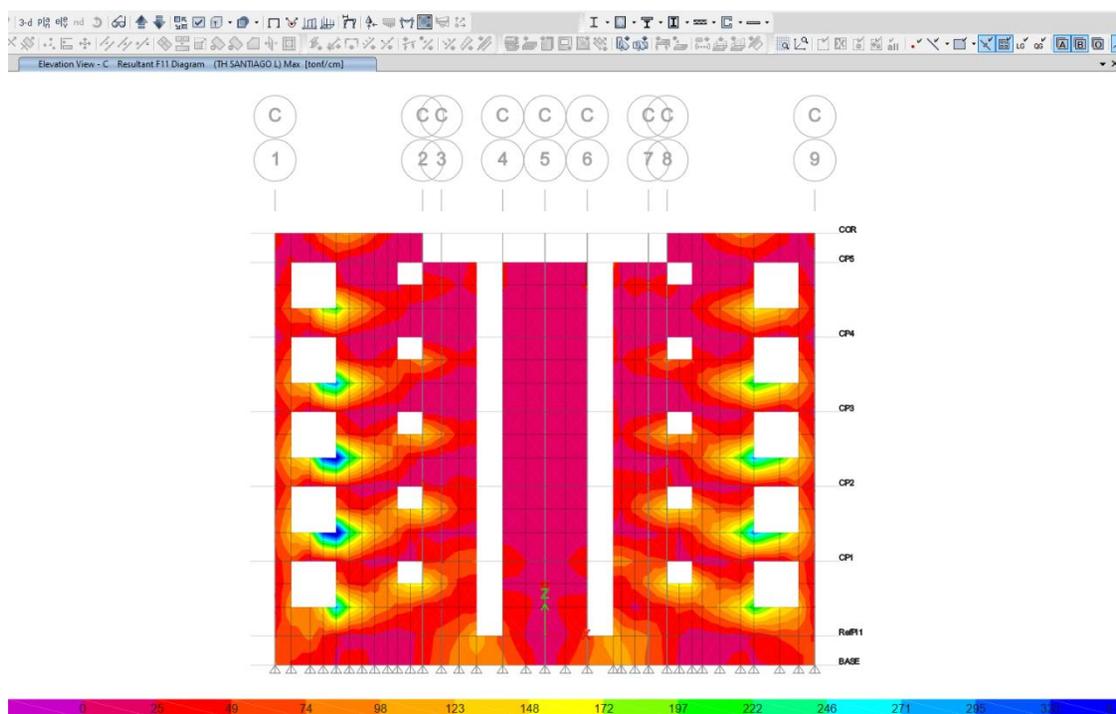


Figura 4-94: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago X-eje C

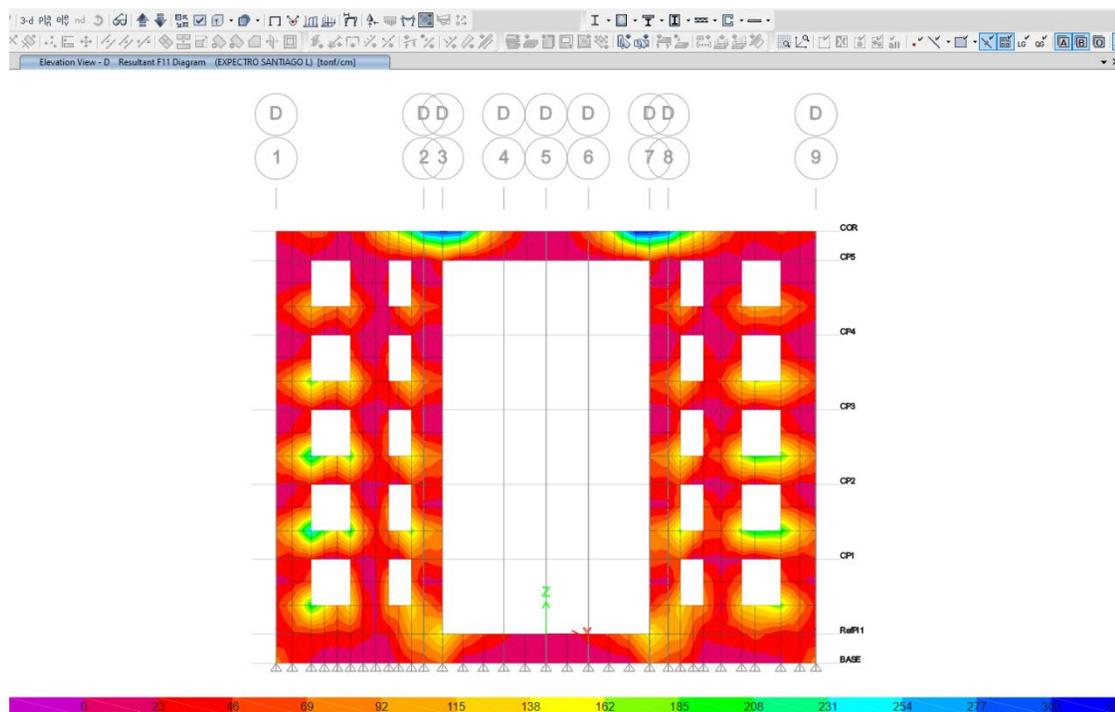


Figura 4-95: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo Santiago X-eje D

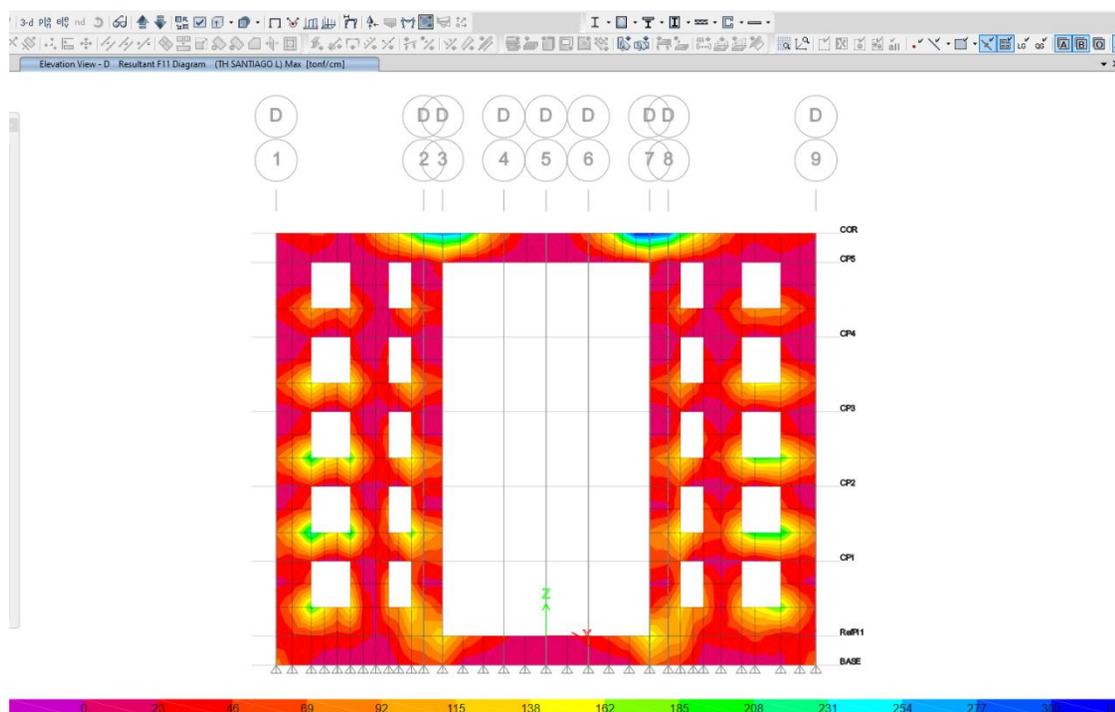


Figura 4-96: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo Santiago X-eje D

IV.18 Corte Basal - Sismo La Florida

Corte Basal:

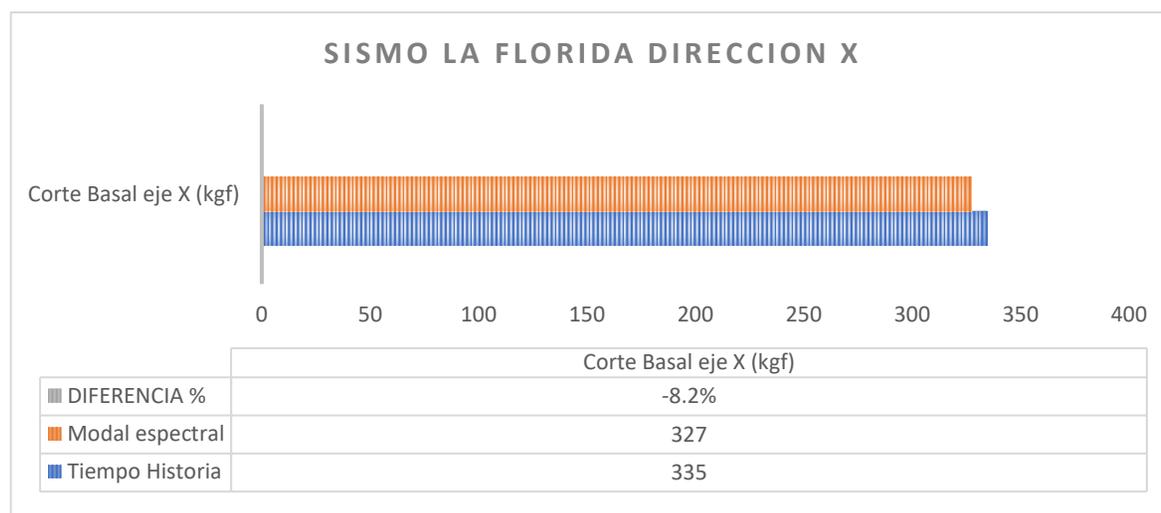


Figura 4-97: Corte Basal-Sismo La Florida dirección X

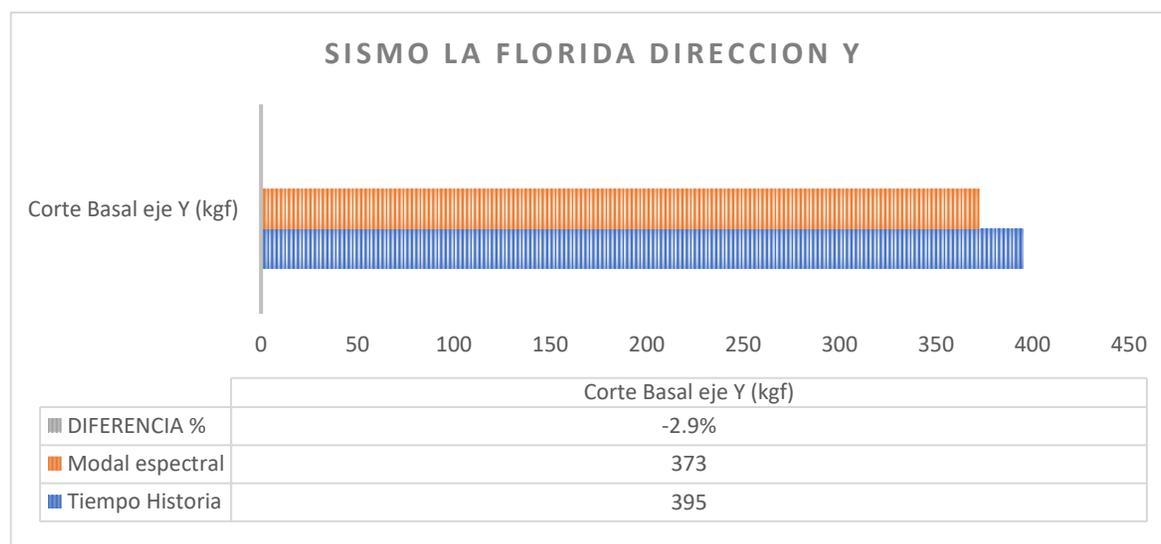


Figura 4-98: Corte Basal-Sismo La Florida dirección Y

IV.19 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa - Sismo La Florida

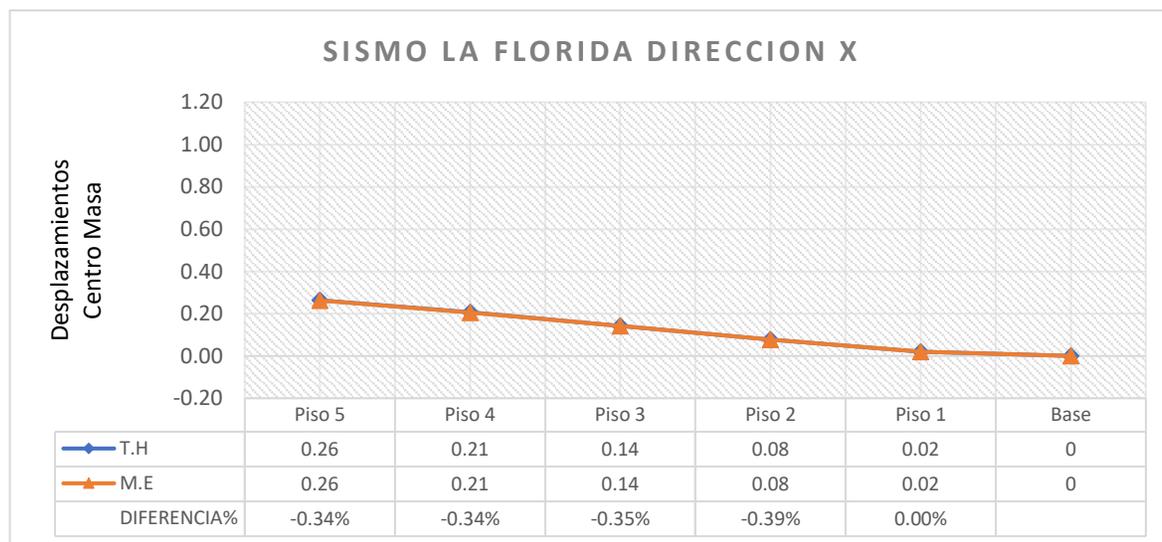


Figura 4-99: Desplazamiento Centro Masa-Sismo La Florida dirección X

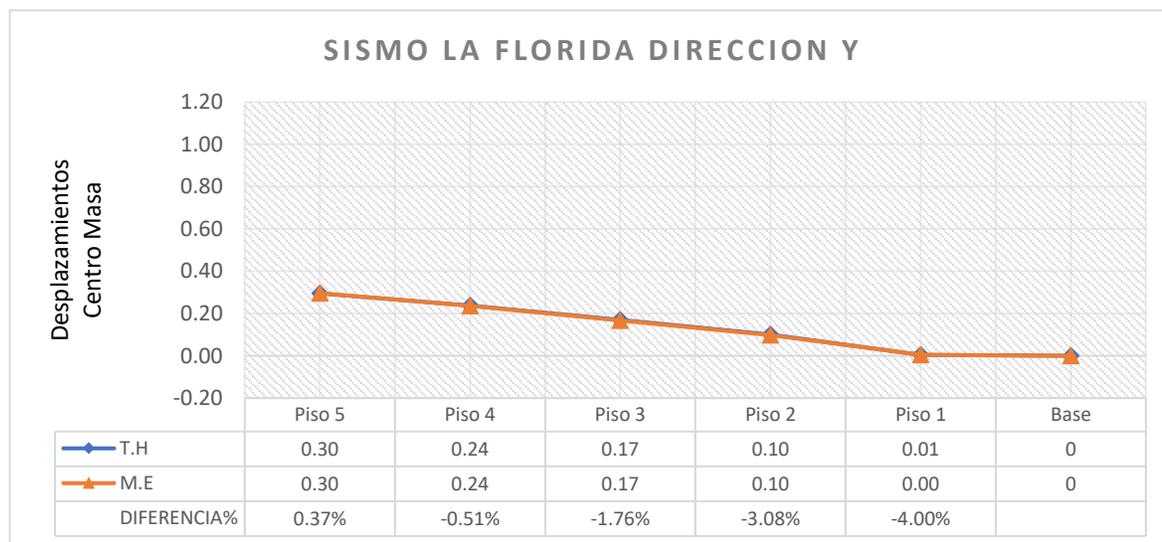


Figura 4-100: Desplazamiento Centro Masa-Sismo La Florida dirección Y

IV.20 Desplazamientos de piso medidos en el centro de masa - Sismo La florida

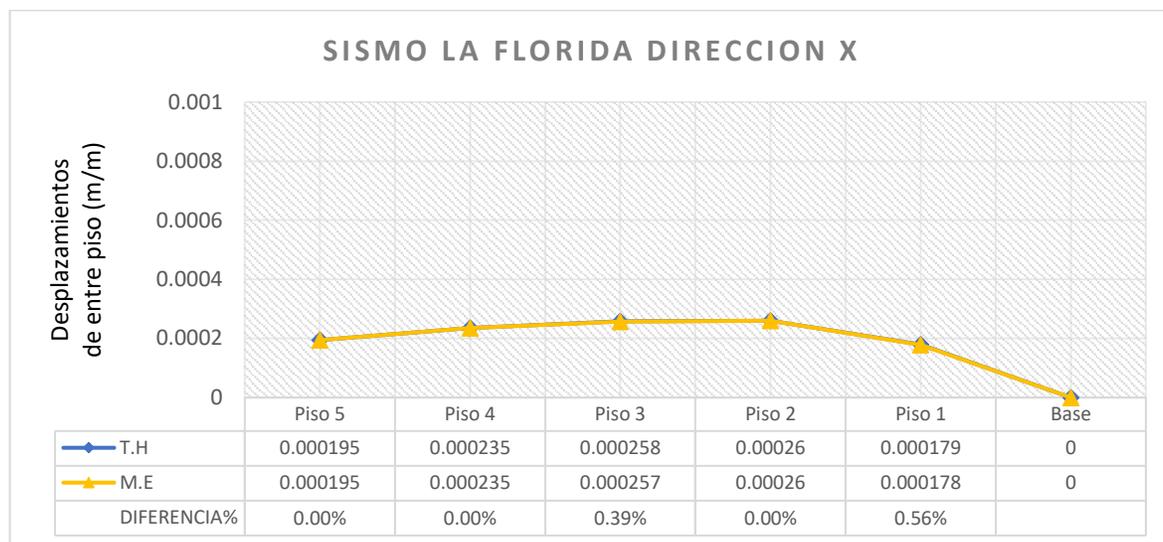


Figura 4-101: Desplazamientos relativos entre Piso - Sismo La Florida dirección X

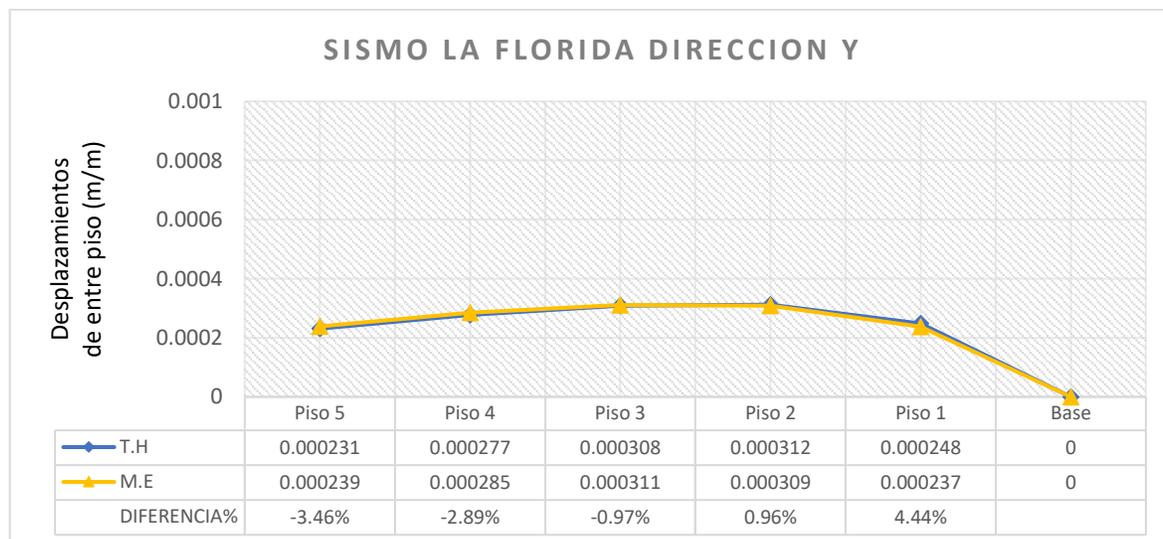


Figura 4-102: Desplazamientos relativos entre Piso - Sismo La Florida dirección Y

IV.21 Esfuerzos Axiales horizontales en muros - Sismo La Florida

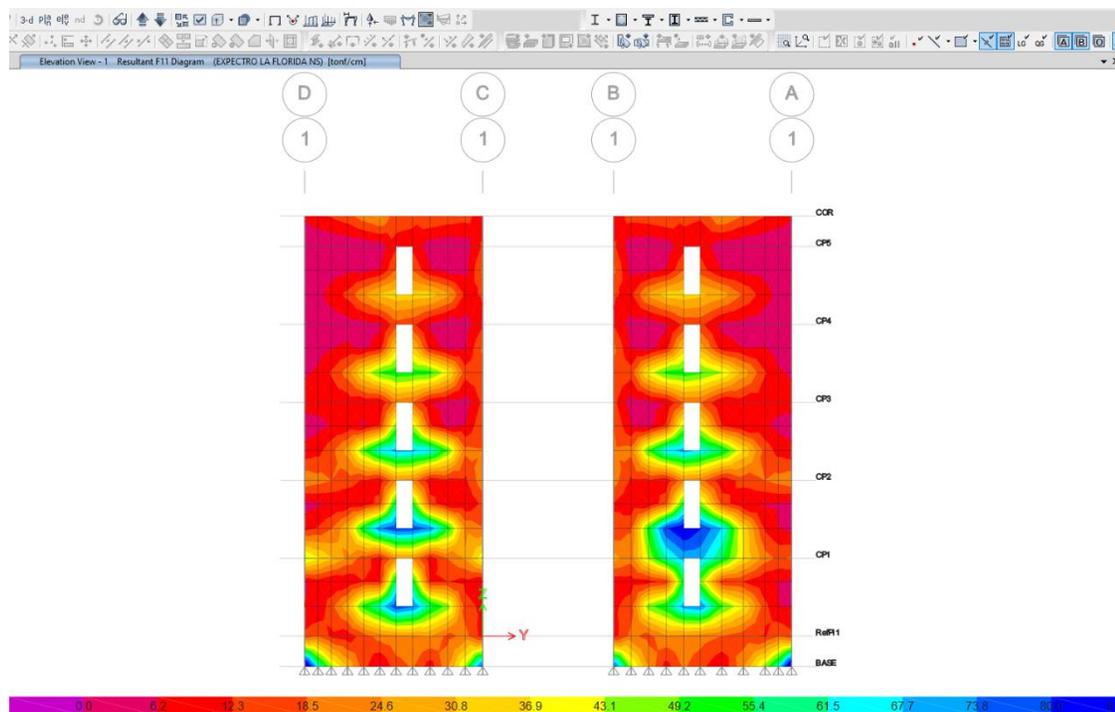


Figura 4-103: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida Y-eje 1

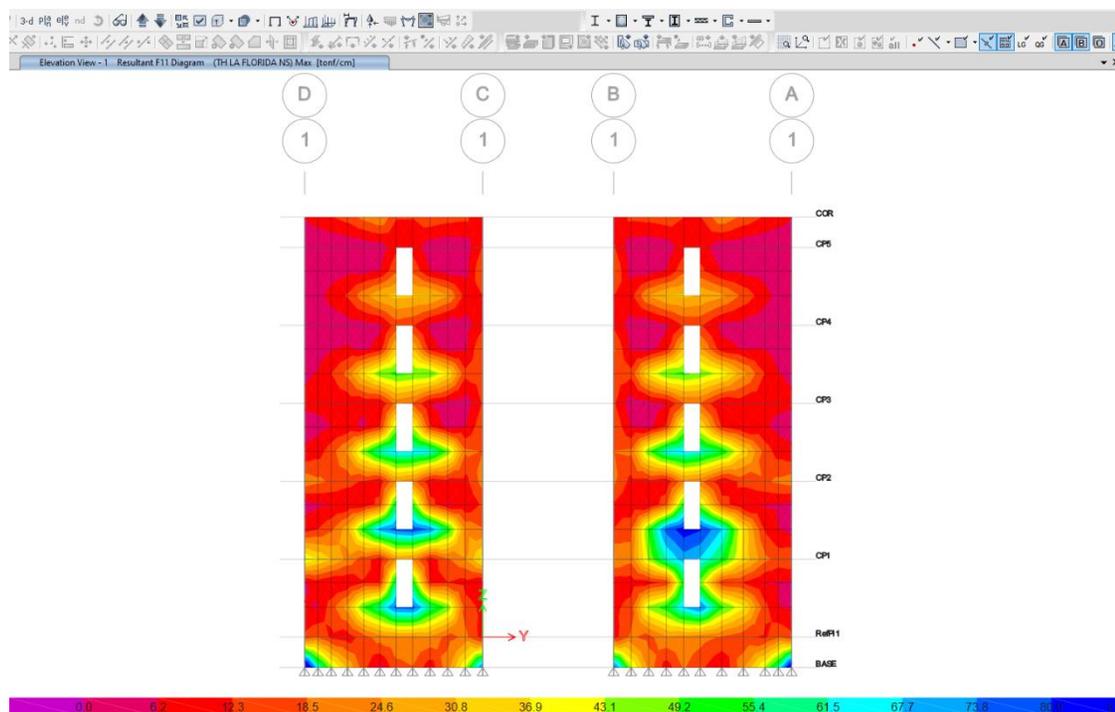


Figura 4-104: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida Y-eje 1

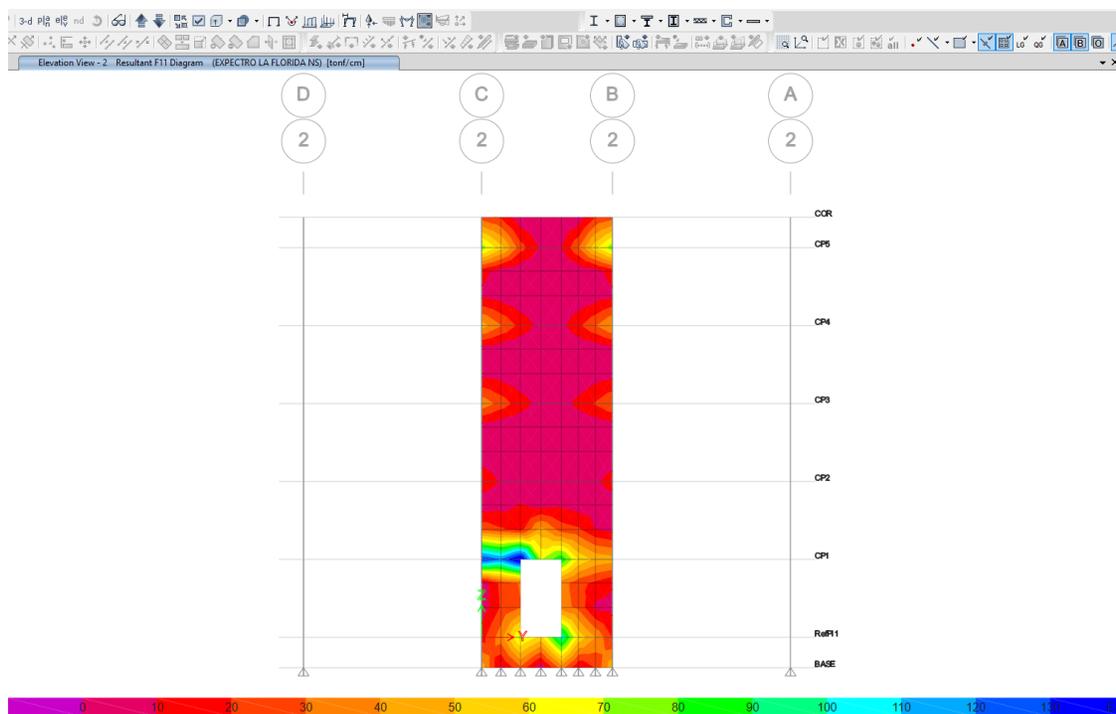


Figura 4-105: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida Y-eje 2

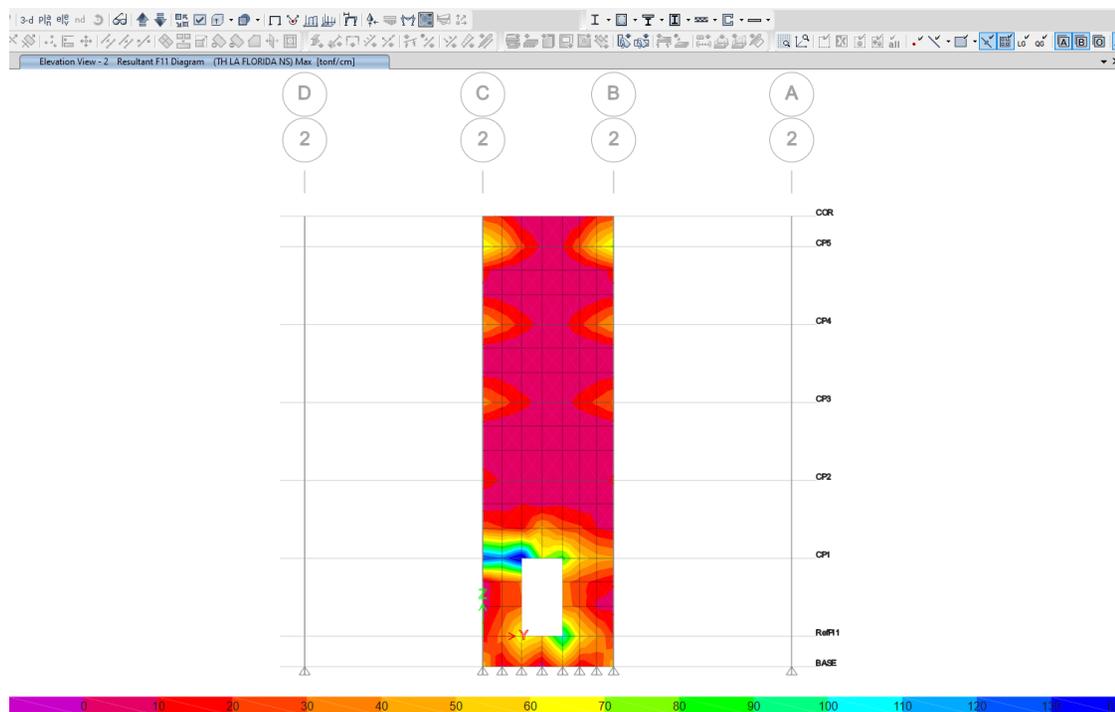


Figura 4-106: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida Y-eje 2

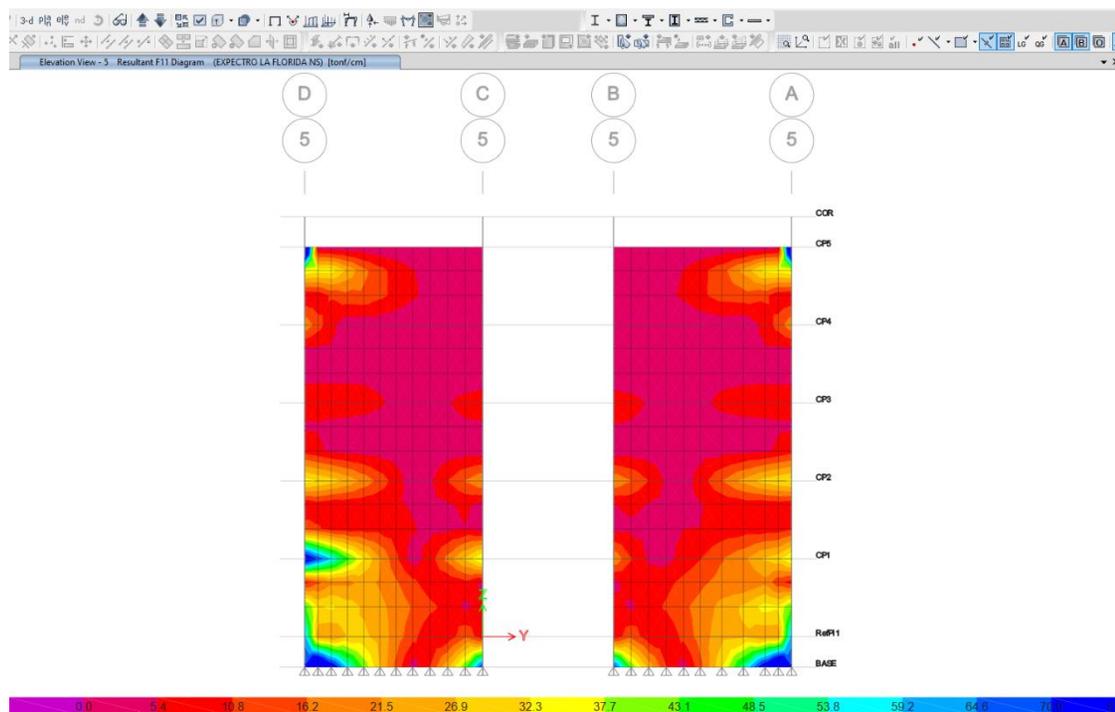


Figura 4-107: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida Y-eje 5

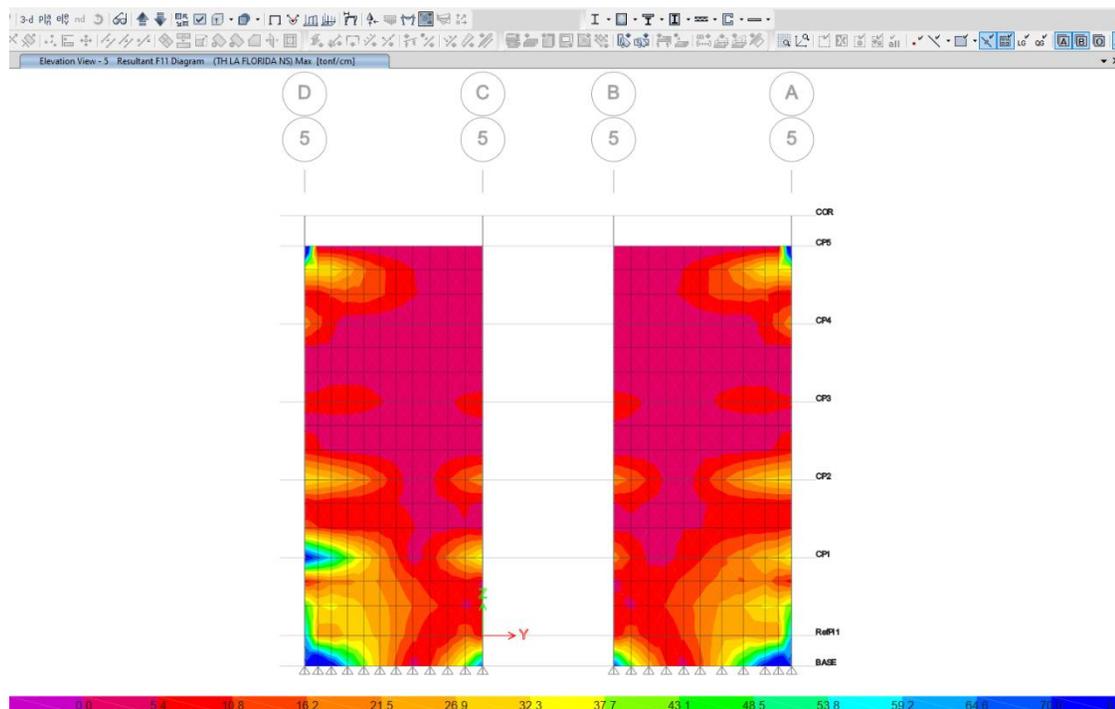


Figura 4-108: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida Y-eje 5

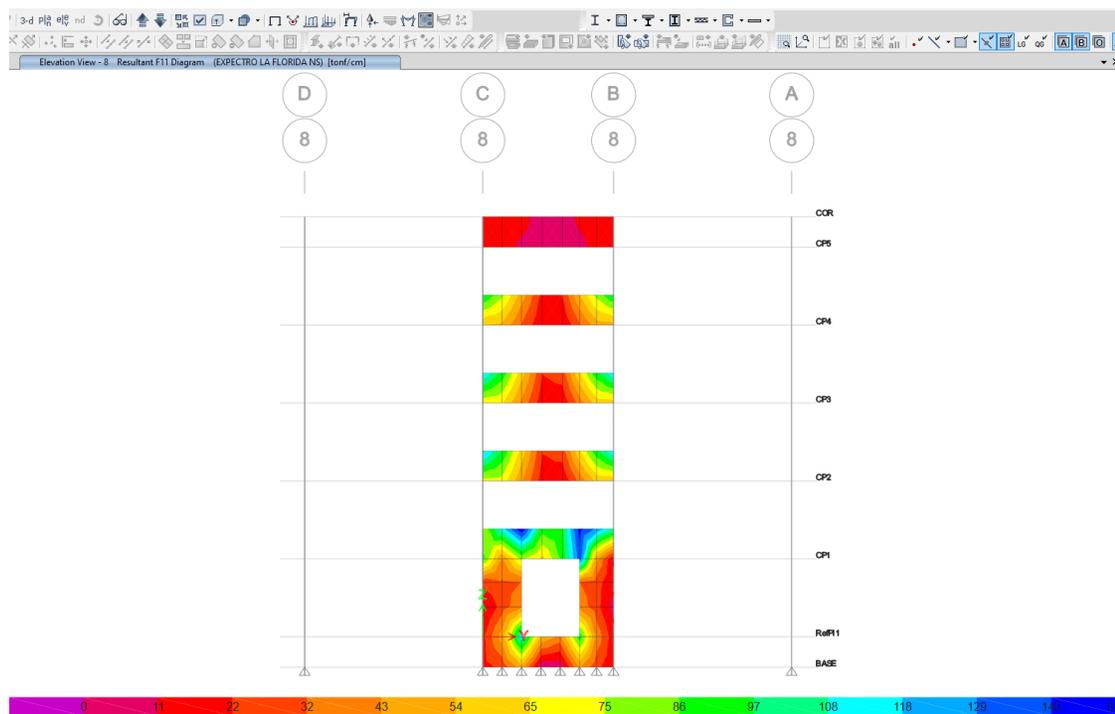


Figura 4-109: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida Y eje-8

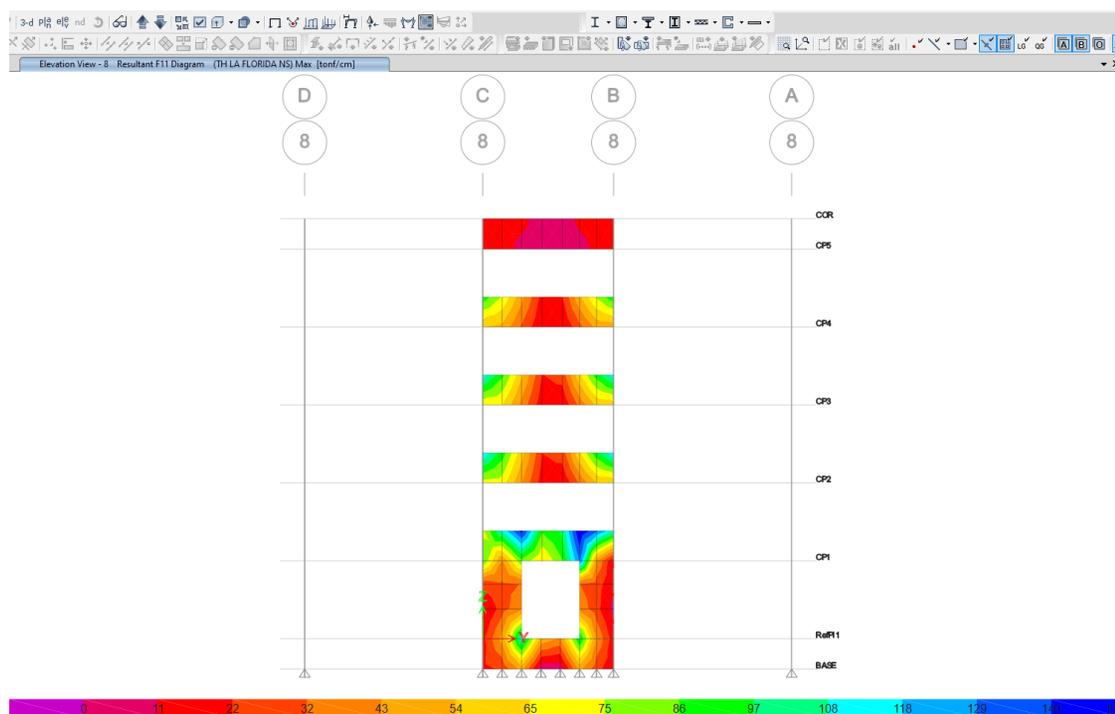


Figura 4-110: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida Y-eje 8

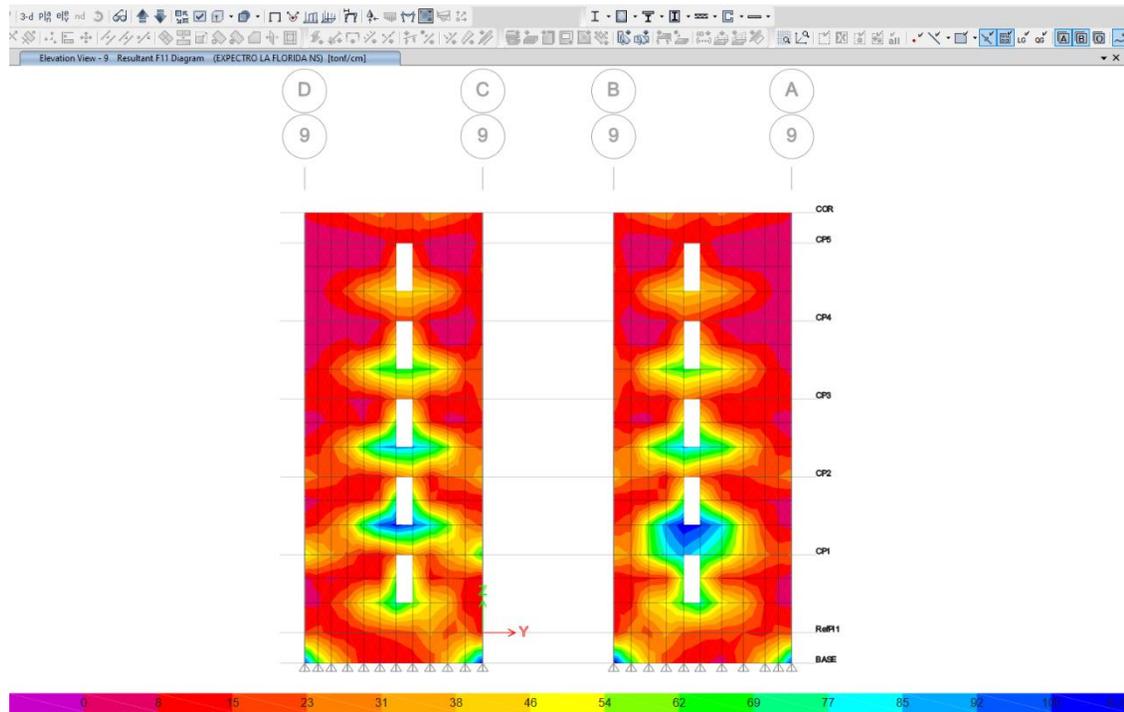


Figura 4-111: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida Y-eje 9

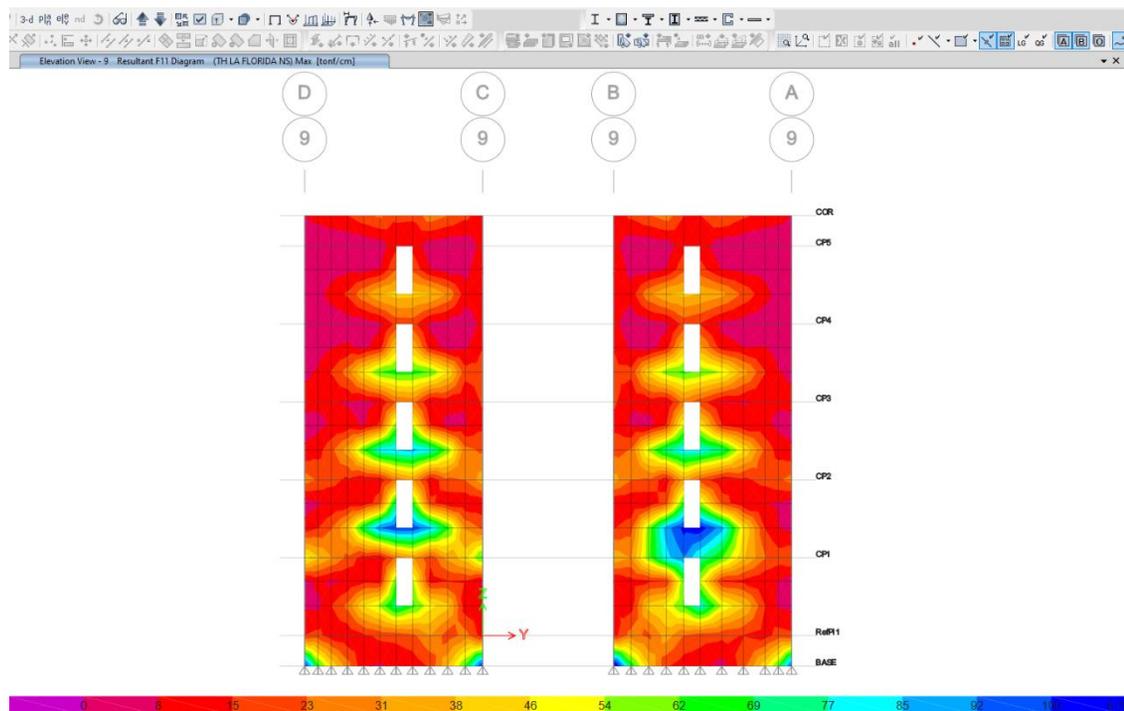


Figura 4-112: Tensiones axiales horizontales-TH Sismo La Florida Y-eje 9

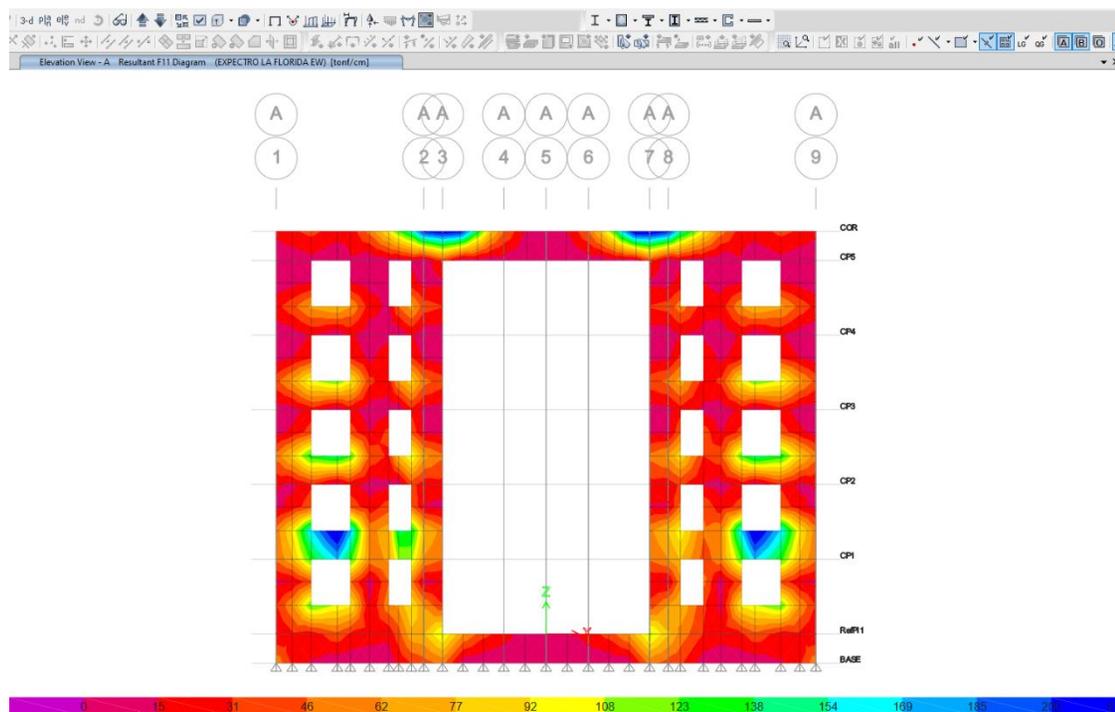


Figura 4-113: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida X-eje A

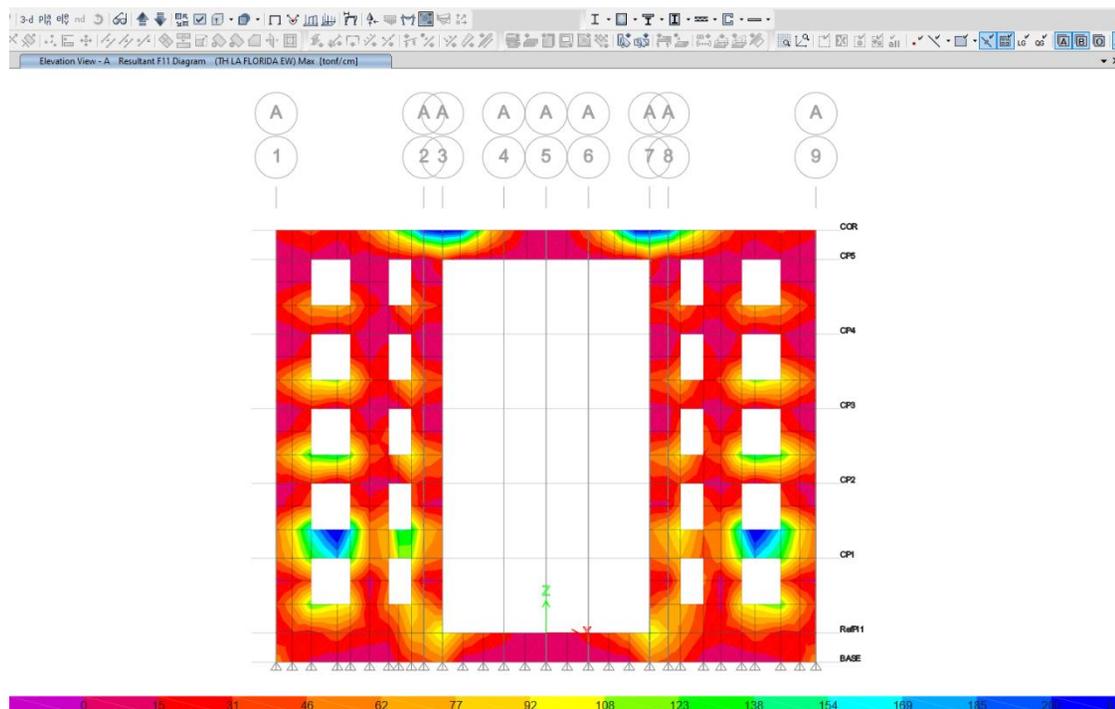


Figura 4-114: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida X-eje A

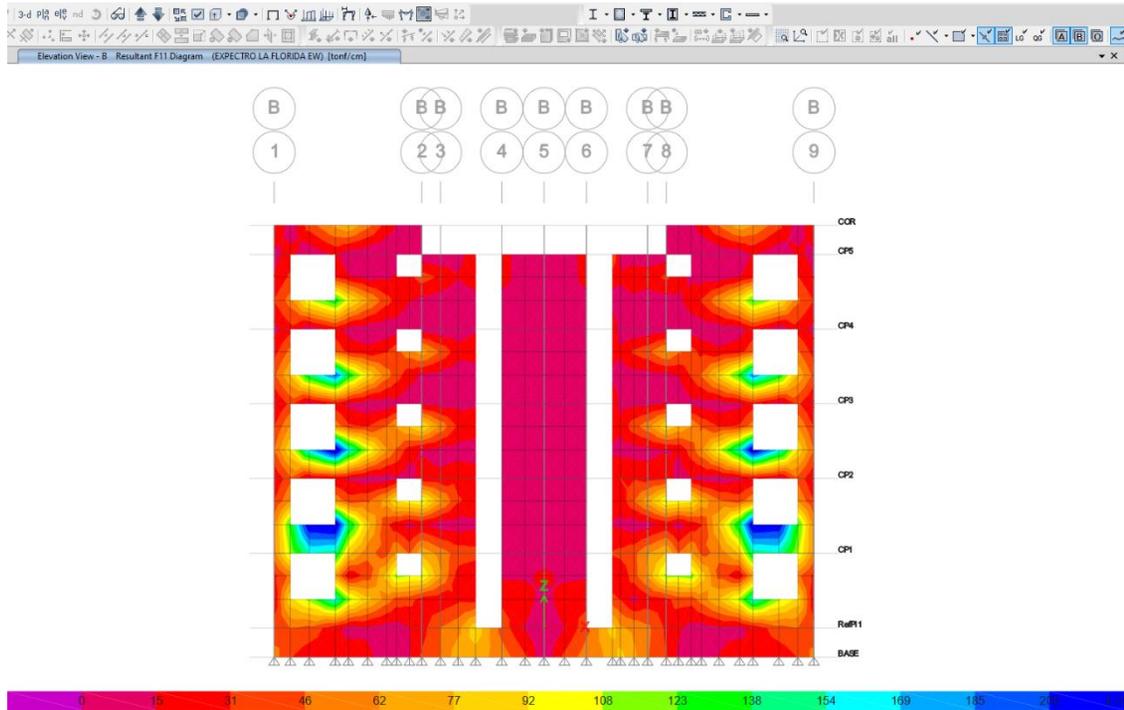


Figura 4-115: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida X-eje B

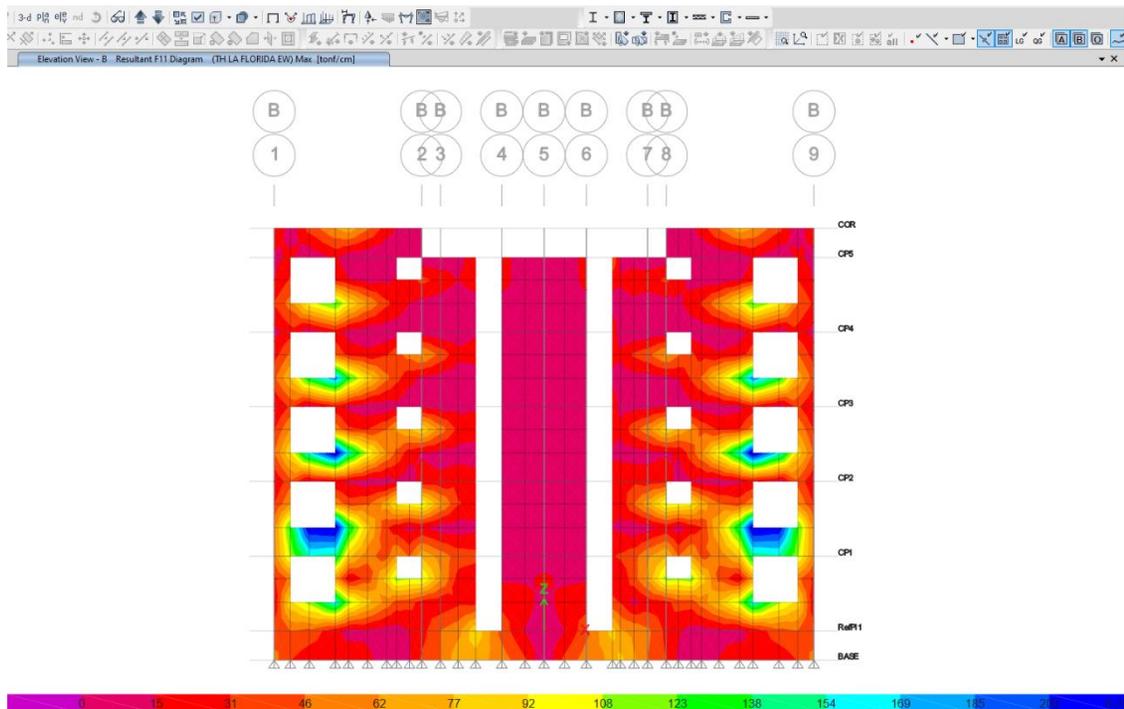


Figura 4-116: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida X-eje B

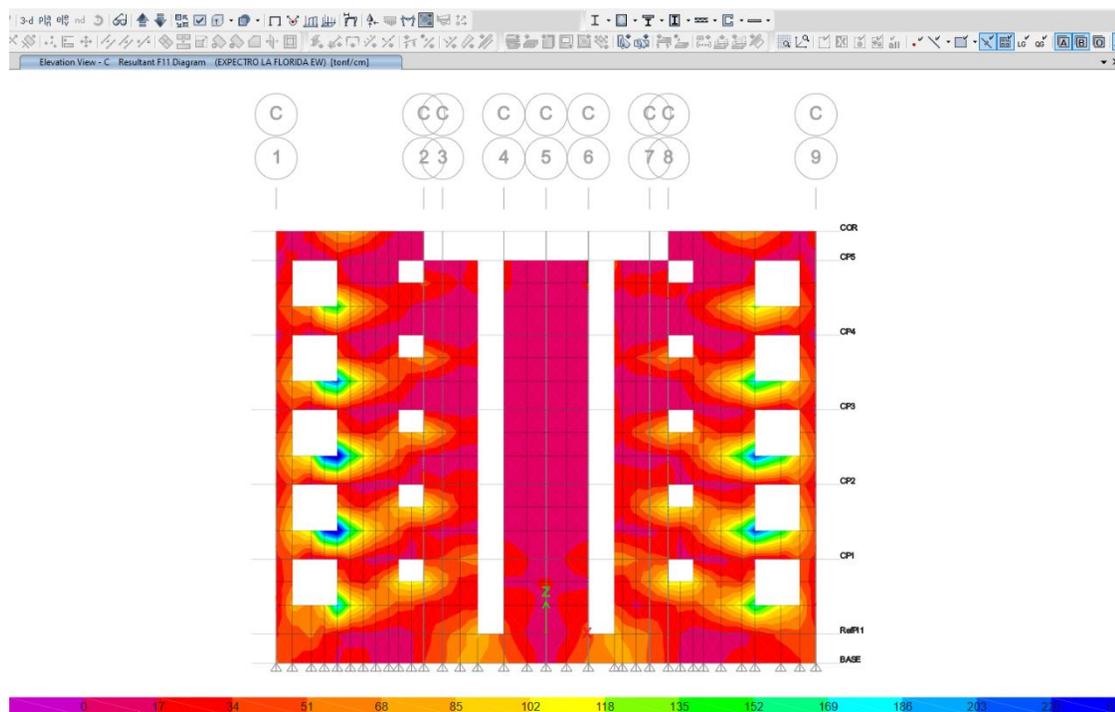


Figura 4-117: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida X-eje C

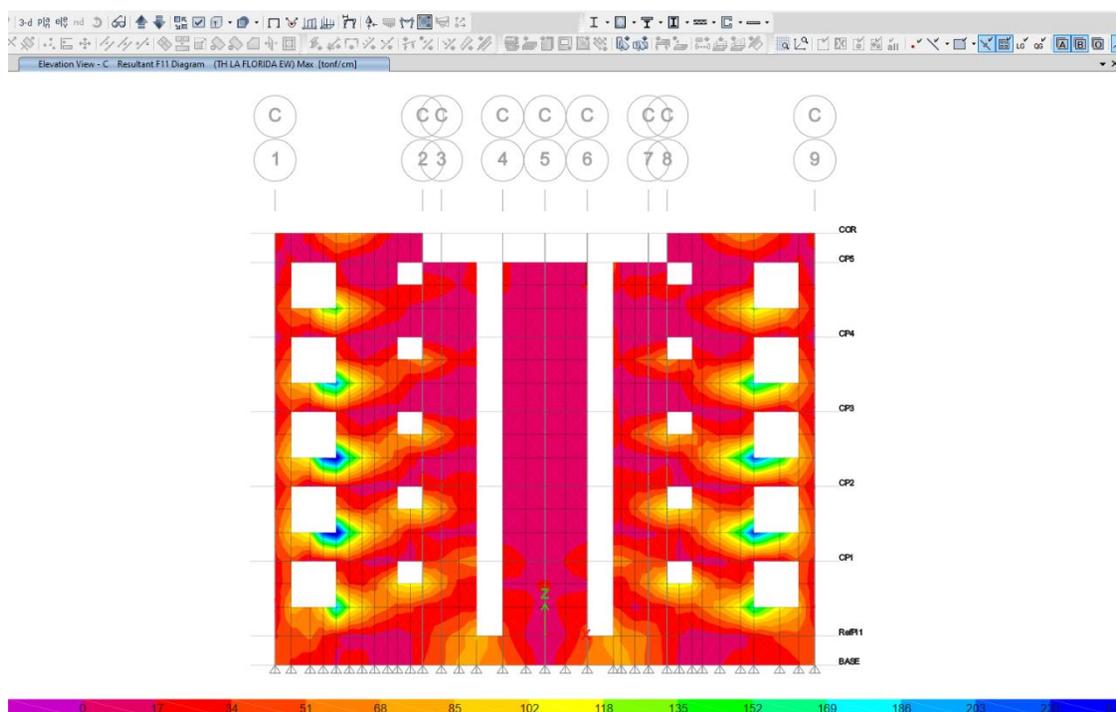


Figura 4-118: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida X-eje C

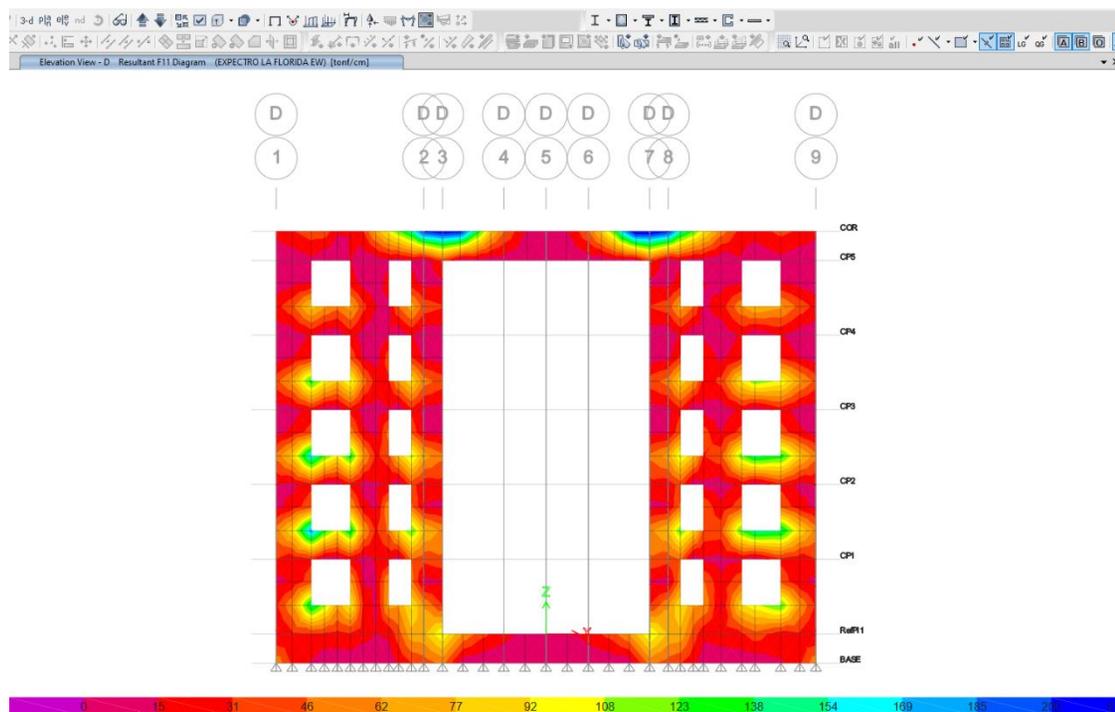


Figura 4-119: Tensiones axiales horizontales-AME-Sismo La Florida X-eje D

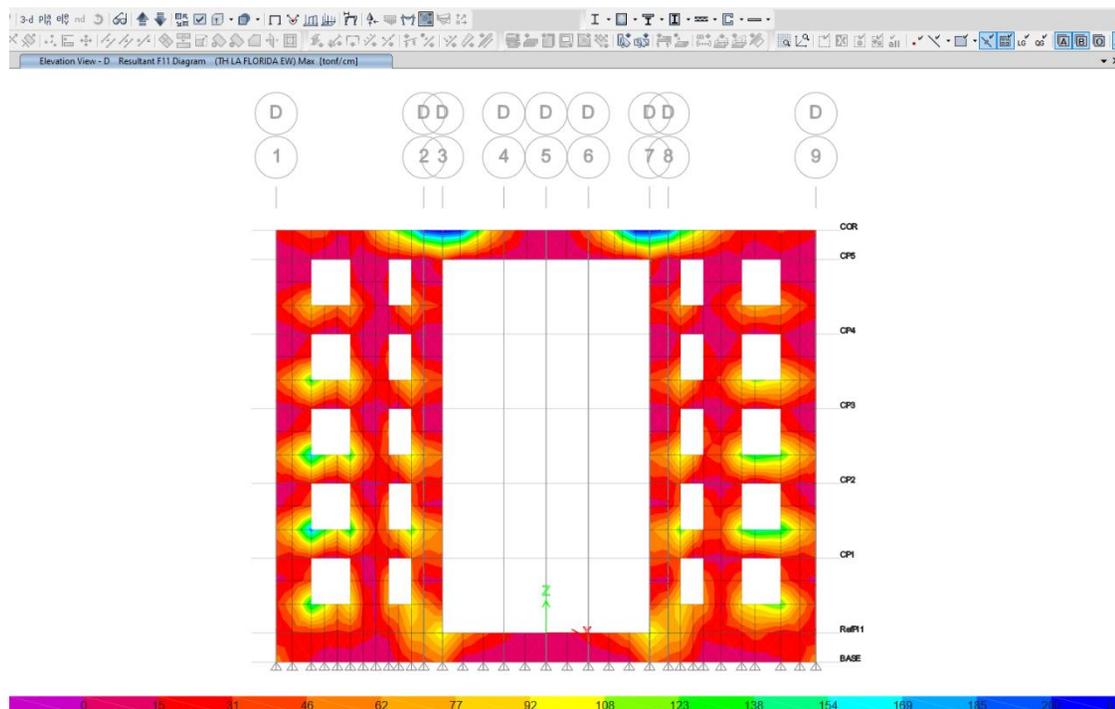


Figura 4-120: Tensiones axiales horizontales-TH-Sismo La Florida X-eje D

V. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

El estudio realizado muestra que, para el edificio de hormigón armado con irregularidad en planta analizado, existen algunas diferencias entre los resultados obtenidos mediante análisis modal espectral y análisis tiempo historia. Estas diferencias, aunque pequeñas, son significativas cuando se requiere una evaluación detallada de la respuesta dinámica, especialmente en estructuras con notables irregularidades en planta.

Precisión del Análisis Modal Espectral:

A pesar de que el análisis modal espectral es un método ampliamente utilizado debido a su eficiencia computacional y capacidad para manejar múltiples modos de vibración, este estudio demuestra que su precisión puede verse comprometida en estructuras con irregularidad en planta. La comparación con los resultados del análisis tiempo-historia indica que el análisis modal espectral tiende a subestimar ligeramente los desplazamientos máximos y las fuerzas internas en ciertos escenarios sísmicos, lo cual puede llevar a diseños menos conservadores.

Implicaciones para el Diseño Sismorresistente:

Los resultados obtenidos sugieren que, para edificios con irregularidades en planta, el análisis tiempo-historia debería considerarse como un complemento necesario al análisis modal espectral, especialmente en etapas avanzadas del diseño estructural. Este enfoque híbrido garantizaría una mayor seguridad y precisión en la evaluación de la respuesta sísmica, minimizando el riesgo de daño estructural en eventos sísmicos severos.

Limitaciones del Estudio:

Se reconocen algunas limitaciones en el presente estudio, como la simplificación del modelo estructural y la selección de un número limitado de registros sísmicos. Aunque los resultados proporcionan una visión valiosa, la homogeneización de materiales y la suposición de diafragmas rígidos podrían afectar la precisión de los resultados. Además, en el estudio sólo se consideró un edificio; por lo tanto, las conclusiones deben ser aplicadas con cautela a otros edificios.

Recomendaciones para Futuras Investigaciones:

Se recomienda explorar el impacto de diferentes configuraciones geométricas (i.e., irregularidades) y materiales en la precisión de los análisis modal espectral y tiempo-historia. Además, la inclusión de un conjunto más amplio de registros sísmicos, así como la evaluación de otros tipos de irregularidades estructurales, como la torsión en altura, podrían proporcionar una comprensión más completa de las limitaciones y aplicaciones de estos métodos de análisis en la ingeniería sismorresistente.

BIBLIOGRAFIA

Chopra, A.K. (2012). Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering. 4th Edition, Prentice Hall.

Computers and Structures, Inc. (2021). ETABS 2020: Integrated Building Design Software. Berkeley, California, USA.

Paulay, T., & Priestley, M.J.N. (1992). Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. John Wiley & Sons, Inc.

Clough, R.W., & Penzien, J. (2003). Dynamics of Structures. 3rd Edition, McGraw-Hill Education.

Newmark, N.M., & Hall, W.J. (1982). Earthquake Spectra and Design. Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, California, USA.

Park, R., & Paulay, T. (1975). Reinforced Concrete Structures. John Wiley & Sons, Inc.

Priestley, M.J.N., Calvi, G.M., & Kowalsky, M.J. (2007). Displacement-Based Seismic Design of Structures. IUSS Press, Pavia, Italy.

Shibata, A., & Sozen, M.A. (1976). Substitute-Structure Method for Seismic Design in R/C. Journal of Structural Division, ASCE.

International Code Council (ICC). (2021). International Building Code (IBC). International Code Council, Country Club Hills, Illinois, USA.

Sepúlveda, M., Nussbaum, M., & Laval, E. (1994). A Shell for Approximation Methods. 3rd Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, Beijing, China.