



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
CAMPUS I



**“Comparación entre las NTC-2017 y las NTC-2023 para el  
cálculo sísmico de edificios de concreto reforzado:  
aplicación a un caso práctico”**

# TESIS

Que para obtener el grado de maestro en:

**INGENIERIA CON FORMACION EN CONSTRUCCION**

Presenta:

**ROMAN RINCON SANCHEZ PS1857**

Director de Tesis:

**DR. J. ALEJANDRO RUIZ SIBAJA**

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Abril 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA C-I



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas  
15 de abril del 2024  
Oficio No. F.I.01.657/2024

**C. ROMÁN RINCÓN SÁNCHEZ**  
**EGRESADO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON FORMACIÓN EN CONSTRUCCIÓN**  
**PRESENTE.**

Con base en el Reglamento de Evaluación Profesional para los egresados de la Universidad Autónoma de Chiapas, y habiéndose cumplido con las disposiciones en cuanto a la aprobación por parte de los integrantes del jurado en el contenido de su Tesis Titulada:

**“COMPARACIÓN ENTRE LAS NTC-2017 Y LAS NTC-2023 PARA EL CÁLCULO SÍSMICO DE EDIFICIOS DE CONCRETO REFORZADO: APLICACIÓN A UN CASO PRÁCTICO”.**

**CERTIFICO** el **VOTO APROBATORIO** emitido por este jurado, y autorizo la entrega de tesis digital elaborada a través del Programa Institucional para la Obtención del Grado Académico (PIGA), para que sea sustentado en su Examen de grado de Maestro en Ingeniería con Formación en Construcción.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**“POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR”**

  
**DR. OMAR ANTONIO DE LA CRUZ COURTOIS**  
**DIRECTOR**



Ccp. Dr. Humberto Miguel Sansebastián García. Coordinador de Investigación y Posgrado. Facultad de Ingeniería, Campus I. UNACH.  
Archivo/minutario  
OACC/HMSG/tcpg\*





Código: FO-113-05-05

Revisión: 0

## CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) **ROMAN RINCON SANCHEZ**, Autor (a) de la tesis bajo el título de **“Comparación entre las NTC-2017 y las NTC-2023 para el cálculo sísmico de edificios de concreto reforzado: aplicación a un caso práctico”**, presentada y aprobada en el año **2024** como requisito para obtener el título o grado de **MAESTRO EN INGENIERIA CON FORMACION EN CONSTRUCCION**, autorizo licencia a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), para que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para su consulta, reproducción parcial y/o total, citando la fuente, que contribuya a la divulgación del conocimiento humanístico, científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional del Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 05 días del mes de Mayo del año 2024.

ROMAN RINCON SANCHEZ

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, ¡por todo!

## INDICE

INDICE DE TABLAS.....	2
INDICE DE FIGURAS.....	2
1.0 INTRODUCCION.....	5
2.0 MARCO TEORICO .....	8
3.0 METODOLOGIA .....	15
4.0 CASO PRACTICO .....	18
4.1 GENERALES .....	18
4.2 CRITERIOS DE DISEÑO .....	19
4.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ESTRUCTURAL.....	20
4.4 CARGAS Y ACCIONES DE DISEÑO .....	23
4.5 CONDICIONES DE CARGAS.....	24
4.6 CLASIFICACION DE LA CONSTRUCCION SEGUN SU IMPORTANCIA.....	25
4.7 CLASIFICACIÓN DE CONSTRUCCIONES POR SU TAMAÑO Y RELACIÓN CON EL SECTOR ENERGÉTICO O INDUSTRIAL.....	26
4.8 CLASIFICACIÓN DE CONSTRUCCIONES SEGÚN SU ESTRUCTURACION.....	26
4.9 ESPECTRO ELASTICO TRANSPARENTE .....	27
4.9 ESPECTRO DE DISEÑO INELÁSTICO .....	30
4.9.1 FACTOR DE COMPORTAMIENTO SÍSMICO (Q).....	30
4.9.2 FACTOR DE SOBRERRESISTENCIA (R).....	30
4.9.3 FACTOR DE IRREGULARIDAD ( $\alpha$ ).....	31
4.9.4 FACTOR POR REDUNDANCIA ( $\rho$ ).....	35
4.10 ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES .....	36
4.11 ANÁLISIS SÍSMICO .....	39
4.12 COMBINACIONES Y FACTORES DE RESISTENCIA.....	39
5.0 RESULTADOS Y DISCUSION .....	40
5.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS (REVISIONES REGLAMENTARIAS) 0.5 Ig.....	40
5.1.1 PERIODOS DE LA ESTRUCTURA Y LA REVISIÓN DE LA PARTICIPACIÓN MODAL 0.5 Ig.....	40
5.1.2 REVISIÓN DEL CORTANTE BASAL MÍNIMO 0.5 Ig.....	42
5.1.3 DISTORSIONES PERMISIBLES 0.5 Ig .....	42
5.1.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO 0.5 Ig .....	42
5.1.5 ESTADO LÍMITE DE COLAPSO 0.5 Ig.....	44
5.1.6 REVISIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS 0.5 Ig .....	46

5.1.7 DISEÑO ESTRUCTURAL 0.5 Ig .....	47
5.1.8 DISEÑO DE MUROS 0.5 Ig .....	47
5.1.9 DISEÑO DE TRABES 0.5 Ig.....	49
5.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS 0.35 Ig .....	51
5.2.1 PERIODOS DE LA ESTRUCTURA Y LA REVISIÓN DE LA PARTICIPACIÓN MODAL 0.35 Ig.....	51
5.2.2 REVISIÓN DEL CORTANTE BASAL MÍNIMO 0.35 Ig .....	53
5.2.3 DISTORSIONES PERMISIBLES 0.35 Ig.....	54
5.2.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO 0.35 Ig .....	54
5.2.5 ESTADO LÍMITE DE COLAPSO 0.35 Ig.....	55
5.2.6 REVISIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS 0.35 Ig.....	57
5.2.7 DISEÑO ESTRUCTURAL 0.35 Ig .....	58
5.2.8 DISEÑO DE MUROS 0.35 Ig .....	58
5.2.9 DISEÑO DE TRABES 0.35 Ig.....	60
6.0 CONCLUSIONES.....	63
7.0 REFERENCIAS .....	65
8.0 ANEXOS .....	66

### INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Momentos de inercia considerar (agrietamiento).....	18
<b>Tabla 2</b> Análisis de cargas .....	24
<b>Tabla 3</b> Valores de los parámetros del espectro de diseño transparente .....	28
<b>Tabla 4</b> Porcentajes de la participación modal de las cargas (Etabs) .....	40
<b>Tabla 5</b> Participación modal de las masas (Etabs) .....	40
<b>Tabla 6</b> Desplazamientos y distorsiones (Etabs) .....	43
<b>Tabla 7</b> Porcentajes de la participación modal de las cargas (Etabs) .....	51
<b>Tabla 8</b> Participación modal de las masas (Etabs) .....	51
<b>Tabla 9</b> Desplazamientos y distorsiones (Etabs) .....	54
<b>Tabla 10</b> <i>Porcentaje de diferencia en muros entre ambas NTC</i> .....	62
<b>Tabla 11</b> <i>Porcentaje de diferencia en vigas entre ambas NTC</i> .....	62

### INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Proceso Cuantitativo.....	15
<b>Figura 2</b> Ubicación general .....	19
<b>Figura 3</b> Vista longitudinal.....	20

<b>Figura 4</b> Vista en planta (entre pisos).....	21
<b>Figura 5</b> Vista en planta (roof garden).....	21
<b>Figura 6</b> Corte transversal exterior .....	22
<b>Figura 7</b> Corte transversal interior .....	22
<b>Figura 8</b> Cargas vivas unitarias kN/m2 (kg/m2).....	23
<b>Figura 9</b> Clasificación de las estructuras según su destino.....	25
<b>Figura 10</b> Grupos y subclases estructurales .....	26
<b>Figura 11</b> Clasificación de las construcciones según su estructuración .....	26
<b>Figura 12</b> Carta de microzonificación sísmica.....	28
<b>Figura 13</b> Espectro sísmico transparente .....	29
<b>Figura 14</b> Espectro transparente, Estructura grupo B, Clase 1 (B1), tipo 1, Edificio .....	29
<b>Figura 15</b> Factor de comportamiento sísmico .....	30
<b>Figura 16</b> Factor reductor por sobrerresistencia .....	31
<b>Figura 17</b> Factor correctivo por irregularidad.....	35
<b>Figura 18</b> Factor por redundancia.....	35
<b>Figura 19</b> Espectro modificado para el límite de prevención del colapso.....	36
<b>Figura 20</b> Clases y propiedades de los concretos estructurales convencionales.....	37
<b>Figura 21</b> Requisitos de tensión para refuerzo ASTM A706 .....	38
<b>Figura 22</b> Peso volumétrico neto mínimo de piezas, es estado seco.....	38
<b>Figura 23</b> Requisitos de tensión para refuerzo ASTM A706 .....	39
<b>Figura 24</b> Modo de vibrar 1 (T=0.278, Etabs) .....	41
<b>Figura 25</b> Modo de vibrar 2 (T=0.205, Etabs) .....	41
<b>Figura 26</b> Modo de vibrar 3 (T=0.19, Etabs) .....	42
<b>Figura 27</b> Desplazamientos horizontales por limitación de daños a elementos no estructurales.....	43
<b>Figura 28</b> Distorsiones permisibles de entrepiso para el estado límite de colapso para las dos direcciones de análisis.....	45
<b>Figura 29</b> Espectro de diseño para el estado límite de servicio .....	46
<b>Figura 24</b> Modo de vibrar 1 (T=0.3036, Etabs) .....	52
<b>Figura 25</b> Modo de vibrar 2 (T=0.2070, Etabs) .....	53
<b>Figura 26</b> Modo de vibrar 3 (T=0.1917, Etabs) .....	53
<b>Figura 27</b> Desplazamientos horizontales por limitación de daños a elementos no estructurales.....	54
<b>Figura 28</b> Distorsiones permisibles de entrepiso para el estado límite de colapso para las dos direcciones de análisis.....	56
<b>Figura 29</b> Espectro de diseño para el estado límite de servicio .....	57

## RESUMEN

Cada determinado tiempo, a manera de normatividad, se han establecido un periodo específico para la revisión y actualización, de ser necesario, de las Normas Técnicas Complementarias de México y cada una de las normas que la conforman. Pero, de igual forma, cuando suceden solicitudes no consideradas o que se salen dentro del alcance considerado de la norma y que estos causen estragos económicos y de pérdidas humanas, por citar un sismo como ejemplo, es razón suficiente para que el comité encargado de esta revisión y actualización de la norma se reúna.

En el presente documento se analizan los cambios más significativos que se llevaron a cabo en la reciente actualización a las Normas Técnicas Complementarias de México (NTC-M) el pasado noviembre del 2023 y que, a la fecha, están pronto a ser aceptadas como vigentes y oficiales. Se hace de manera comprensible con un Caso práctico, llevando a cabo el análisis y diseño de un edificio de 4 niveles, de los cuales los primeros 3 niveles son de uso habitacional y el cuarto nivel se considera una zona de esparcimiento para los usuarios. El procedimiento constructivo propuesto es a base de mampostería sismo resistente de 15 cm de espesor con block hueco Tabimax y trabes perimetrales. El modelo estructural y los cálculos se realizaron con la ayuda del programa Etabs, y los datos fueron analizados en hojas de cálculo en Excel de Microsoft.

La actualización más significativa, es el cambio en el factor de Inercia considerado para efecto del agrietamiento futuro en las vigas, en este caso particular, cambiando de  $0.50 I_g$  en la NTC 2020 (de diseño de elementos de acero) a  $0.35 I_g$  en la NTC 2023. Lo que implica una reducción en los elementos mecánicos de las vigas y los muros de mampostería que, por los resultados obtenidos en este caso, no son tan significativos, pero que al momento de análisis sí deben de considerarse y aplicarse. De cierta manera, hace más conservador el diseño estructural.

Otro de los cambios, que más impacta de forma informativa, es el detalle de manera escrita y visual, mediante el uso de imágenes, de los criterios que tiene la norma. Esto es, que se amplió la descripción de los criterios y cálculos que se tienen que hacer en el análisis y diseño estructural, con el objetivo de disipar, dudas en la interpretación de ésta.

Se hacen las revisiones reglamentarias, tales como la participación modal, el cortante basal mínimo, distorsiones permisibles, estados límites de servicio y de colapso, y desplazamientos. Termina el presente documento con el diseño de un muro y una viga en cada uno de los factores de Inercia antes mencionados, resumiendo en una tabla los datos más significativos



## 1.0 INTRODUCCION

La construcción ha ido evolucionando desde tiempos remotos, y avanzar más a alturas en las estructuras es un objetivo muy ambicioso del humano. Desde entonces el hombre ha ido creando cada día ideas nuevas para subir más y más. Lo que en un inicio de la existencia humana parecía imposible, poco a poco ha ido viendo eso como un sueño hecho realidad. Los edificios han sido cada vez más altos, más esbeltos, más retadores. Pero, existen retos que vencer, imprevistos que podrían desmoronar el sueño que casi se hace realidad. Los sismos, el viento, por mencionar algunos, son cualquier de los imprevistos que surgen, y que no se pueden ignorar, al momento de diseñar una edificación. Esta ambición del humano, lo ha obligado a generar estándares, normas y reglas que se tienen que seguir, casi de manera obligatoria, para poder generalizar cualquier situación, y el ámbito de la construcción no es la excepción.

A lo largo del tiempo, debido a esa ambición que luego se hizo una necesidad, en los diferentes países existentes (incluyendo México), se han creado normativas que regulan y controlan el diseño y la construcción de estructuras para dar solución a las necesidades, y capricho, propias del humano. Surgen nuevos conceptos técnicos tales como “el diseño estructural, que abarca las diversas actividades que desarrolla el proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura” (Meli, 2010, p. 10). Otro concepto como Sismo, Resiliencia, interacción suelo-estructura, entre otros, han sido objeto de estudio por los especialistas del ramo, con el firme objetivo de combinarlos y enfrentar con éxito un resumen: un buen diseño estructural.

Existen varias normas a nivel mundial que sirven como un modelo que otros países siguen para crear sus propias normas, tal es el caso del *American Concrete Institute (ACI)*, el cual tiene apartados para cada uno de los rubros de análisis (mampostería, acero, concreto, sismo, etc.), y que de igual manera ha experimentado múltiples actualizaciones, con el mismo objetivo de ser un referente confiable y útil para el correcto diseño estructural.

En México, existen una serie de normas y lineamientos que controlan el análisis y diseño estructural, desde una casa de interés social hasta la construcción de edificios de gran altura (por mencionar algo), los cuales son considerados para seguir estos lineamientos y desarrollar un buen trabajo estructural. El reglamento de Construcción de la Ciudad de México (RCMX) y sus normas Técnicas Complementarias (NTC) junto con el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (MOC-CFE) son nuestra bibliografía de cabecera que es similar al ACI. Las primeras con su primera

emisión en 1942 y las segundas con su primer antecedente en 1969, han sido actualizadas, de acuerdo a la experiencia con los “imprevistos” que se han ido experimentando a lo largo del tiempo: sismos que han superado los factores y criterios establecidos, a saber, y que de igual forma han sido actualizados y debido a esto, se ha logrado mejorar y asegurar que, a la próxima solicitud, se espere un comportamiento estructural seguro para el edificio y el usuario. “La actualización periódica de las NTC, con una programación establecida cada 6 años, permite reflejar los avances tecnológicos y científicos, así como anticiparse a los riesgos y garantizar que las edificaciones cumplan con los estándares más actualizados”, además, estas actualizaciones toman en cuenta los puntos de vista de varios actores, “La participación activa de expertos y la sociedad en general, [...] contribuye a la mejora continua de las normas y su adaptación a las necesidades y desafíos actuales. [...] el objetivo es lograr edificaciones más seguras, funcionales y resilientes, que promuevan el bienestar y la calidad de vida de las personas” (HILTI, 2023), eso ayuda a que la idea de “Mantenerse actualizado no solo es una responsabilidad profesional, sino también una manera de garantizar edificaciones más seguras y eficientes, promoviendo el bienestar de la sociedad y la sostenibilidad de las ciudades” (HILTI, 2023),

Una de las razones por las que surgen las actualizaciones, es debido a que ha surgido una situación en la que la norma no ha sido suficiente para cubrir las necesidades de seguridad y servicio de una construcción, se pretende anticiparse a los riesgos y sus consecuencias además de promover la seguridad y resiliencia de las edificaciones de manera proactiva. El análisis sísmico, es uno de las ramas de las NTC y MOC-CFE que han tenido muchas actualizaciones, debido a que un sismo como tal, es un fenómeno que no puede predecirse en magnitud ni en el momento de ocurrencia. Esto ha obligado a que este apartado, tenga especial interés de estudio, con la firme idea de cumplir con los estados de seguridad y de servicio de cualquier estructura.

Alguno de los sismos más recordados por los estragos y daños en México, ha sido el sismo de 1985, y el sismo de 2017. Estos eventos han marcado la vida de muchos y por lo consiguiente ha obligado a realizar una revisión y actualización inmediata a las normas mencionadas. El primero con “más de 30 mil personas heridas, 150 mil personas damnificadas, 30 mil viviendas completamente destruidas y más de 60 mil viviendas con daños, [sin ignorar más de] 6 mil decesos. El total de daños se cuantificó en 4 mil 100 millones de dólares” (CNPV,s/f). El segundo sismo “Causó la muerte de 99 personas [...] Se reportaron más de 449 mil personas damnificadas, 112 mil viviendas afectadas [parcial y totalmente], 6 mil escuelas con daños similares a las viviendas y 51 unidades de salud con afectaciones en varios niveles, así como pérdidas económicas por cerca de 19 mil millones de pesos” (CNPV,s/f),.

El presente estudio, pretende analizar la última actualización hecha a las normas Técnicas Complementarias en noviembre del 2023, en comparación a las Normas técnicas complementarias del 2020, en su apartado sísmico. Analizar el comportamiento de la mampostería en ambas normas, y enlistar las mejoras en el diseño y análisis estructural, mediante un caso práctico. Se pretende identificar los cambios en criterios, factores y procedimientos de diseño y cálculo de la norma pasada a la actual, en caso de existir. De igual manera, se procura hacer una correlación de las NTC con el MOC-CFE.

Se analiza un edificio, como caso real, considerando las diferentes variaciones de las dos Normas evaluadas y comparando los resultados de una a la otra para poder analizar y enfatizar los cambios en la última actualización. De manera somera, la forma en la que dichos cambios afectaran a los elementos estructurales y el reforzamiento del mismo.

La ingeniería estructural forma parte de la economía nacional, así como de otros rubros, pues un buen análisis y diseño estructural, dan la seguridad (o aumentan la probabilidad) de que los daños económicos que podría causar un sismo puedan ser mínimos, traducidos a número de decesos y perdida en infraestructura. Lo que significa que las actualizaciones hechas a lo largo del tiempo, por las experiencias vividas y las aportaciones en los comités respectivos, han dado frutos positivos en el objetivo principal de ellas: promover el bienestar de la sociedad y la sostenibilidad de las ciudades.

## 2.0 MARCO TEORICO

Las normas, los reglamentos y las leyes son necesarias para poder estandarizar y controlar todo aquello por lo cual fueron creadas. En cualquier ámbito, jurídico, social o tecnológico, son susceptibles de evolucionar con el objetivo de mejorar la razón de su existencia, y no es la excepción el ámbito de la ingeniería civil.

Las normas técnicas complementarias (NTC), son un compendio de instrucciones y sugerencias técnicas y matemáticas que pretenden estandarizar y normalizar el diseño de elementos estructurales, con el objetivo de hacer a las estructuras de concreto y de acero, que están expuestas a cargas de viento y de sismo, en sus estados límites de seguridad y servicio, más seguras para el usuario final y para lo que fueron diseñados.

El diseño estructural se encuentra inserto en el proceso más general del proyecto de una obra civil, en el cual se definen las características que debe tener la construcción para cumplir de manera adecuada las funciones a las que está destinada [a] desempeñar. Un requisito esencial para que la construcción cumpla sus funciones es que no sufra fallas o mal comportamiento debido a su incapacidad para soportar las cargas que sobre ella se imponen (Meli, 2020, p. 15).

Otra de las razones de la existencia y aplicación de una normatividad vigente es la correcta y confiada respuesta a las evaluaciones, para su aprobación, de factibilidad documental y económica de un proyecto de construcción. Según Gallo (2005) “un buen cálculo conduce [...] a ahorros sustanciales [...]. Al aplicar procedimientos de diseño estructural racionales y al tener como apoyo fundamental el reglamento o código local de construcciones, es posible reducir la cantidad de material y por lo tanto los recursos económicos a emplear”

Sería ideal que cada municipio del vasto país contara con sus reglamentos respectivos, pero sería algo engorroso crear, y controlar alrededor de 2400 reglamentos (uno por cada municipio en el país) (Alcocer et al, 2005). Solo los municipios con mejores condiciones económicas y técnicas poseen su propio reglamento, como es el caso del Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México, el cual es usado como modelo para la mayoría de los estados del país.

A la par de las Normas Técnicas Complementarias, la Comisión Federal de electricidad en México ha desarrollado sus propios criterios para el diseño de estructuras que estarán sujetas a solicitaciones accidentales tales como un sismo y viento.

La Comisión Federal de Electricidad y el Instituto de Investigaciones eléctricas publicó su Manual de Diseño de Obras Civiles (MDOC) por primera ocasión en 1969. Este manual considera un sin número de diferentes estructuras. En su objetivo general, el diseño de estructuras relacionadas al sector energético, en un proceso de mejora continua y actualización lanzo su versión revisada en el año 1981, otra actualización se aplicaría en 1993 y luego en el 2008. Más adelante hizo una nueva revisión en el año 2018, en donde se incorporan varios avances tecnológicos y técnicos a las versiones anteriores, así como la experiencia técnica en campo y experimentalmente, por la ingeniería mexicana durante las últimas décadas, adicionalmente se presentaron títulos nuevos haciendo referencia a estas actualizaciones.

El manual provee criterios y propuestas de cálculo para el diseño de una gran variedad de obras de ingeniería civil en el ámbito de la construcción (del sector energético en su esencia), exponiendo no sólo los conocimientos invariantes (experimentales y de investigación) y los diseños convencionales, sino que recurre a los procedimientos basados en métodos con el uso de la tecnología de la información, como herramientas básicas de este tiempo. Está dividido en tres Secciones generales, A: Hidrotecnia, B: Geotecnia y C: Estructuras; todas a su vez, subdivididas en temas y capítulos; en los cuales se consideran temas de geología, mecánica de rocas, mecánica de suelos, túneles, control de calidad, diseño de presas, cimentaciones, lumbreras hasta pavimentos. Ha sido organizado en capítulos separados, con el objetivo de que se puedan realizar consultas fáciles y dinámicas; de igual forma, cada capítulo consta de recomendaciones. Lo que lo hace más digerible es que tiene capítulos de Comentarios y ayudas de diseño con ejemplos prácticos.

En el presente análisis se hace un comparativo de la actualización de la Norma Técnica Complementaria (NTC) de sismos del 2023 y la anterior a ésta mediante un caso práctico. Según las Normas Técnicas Complementarias (2023) se deben tomar como base los análisis aplicables de diseño de estructuras, modelos, dimensionamiento, elaboración de planos y memorias de cálculo con el fin de fijar requisitos mínimos para el diseño y construcción de todo tipo de edificación, asegurando el buen funcionamiento, accesibilidad, habitabilidad y resistencia de las estructuras a diseñar. Existen otras normas que sirven de apoyo o de referencia a las NTC, mismas que abundan sobre los criterios a considerar al momento de hacer un diseño sísmico, a saber, el Manual de Obras Civiles editado por Comisión Federal de Electricidad y el instituto de investigaciones eléctricas.

Si bien es cierto que esté manual no es un documento legal, sirve para poder determinar coeficientes que nos ayudan a un buen diseño sísmico en la estructura. Cabe aclarar que normalmente

van de la mano con los índices considerados en la NTC, con la diferencia que el MOC-CFE da a detalle el cálculo de los índices y los criterios a considerar.

#### A) Normas Técnicas Complementarias (NTC)

La primera versión del Reglamento de Construcción del Distrito Federal fue emitida en 1942, en donde se consideraban esfuerzos permisibles. Después como parte de las revisiones y como resultado de muchas investigaciones experimentales, se hizo una actualización en 1976. El Reglamento de Construcciones tomó como referencia el estado límite de diseño. En el cual ya se consideraban conceptos y aplicaciones como resistencias y rigideces de diseño en los materiales (Alcocer, et al, 2005). Fue hasta el Sismo de 1985, que hubo una necesidad de revisar y actualizar las NTC. Factores como los de reducción de resistencia fueron revisados a conciencia para que el cálculo reflejara lo más cercano a la realidad el comportamiento de las estructuras, llegando a la conclusión de que deberían de aumentarse. Este ajuste ayudó a que el coeficiente sísmico en el reglamento de construcción no se viera modificado. Conforme han avanzado los años, estas normas han ido sufriendo cambios en función a las situaciones que han ido surgiendo, y eventos que han puesto en tela de juicio las prerrogativas y actualizaciones implementadas. “En los años recientes, profesionales del diseño y construcción, productores de materiales, así como académicos, han manifestado sus comentarios acerca de la compleja organización de las NTC-MX, la ambigüedad de algunas recomendaciones, y la falta de guías en ciertos casos” (Alcocer et al, 2005, p. 3).

Como parte de las actualizaciones hechas, se han ido implementando figuras descriptivas e imágenes representativas de lo que se quiere dar a entender en cada uno de los conceptos y especificaciones para solventar las ambigüedades, y muchas de las investigaciones de campo e investigaciones analíticas que fueron consideradas con el mismo objetivo. Algunos de los cambios hechos a lo largo de los años en el Reglamento de Construcción del Distrito Federal y sus Normas Técnicas complementarias, según sus apartados, son las siguientes:

#### MORTEROS Y PIEZAS DE MAMPOSTERIAS.

- Se permiten muros de mampostería de piezas sólidas y de piezas huecas, además de piezas de producción artesanal o industrializada. Las piezas más comunes usadas son las sólidas de arcilla artesanales (comúnmente llamadas ladrillos), las perforadas de arcilla industrializadas (con dos celdas y multi perforadas) y las de concreto perforadas semi industrializadas (NTC,2023). En la última década, las piezas de arcilla multi perforadas industrializadas han tenido buena aceptación en las viviendas de bajo costo, particularmente por su costo (Alcocer, 1999). Según el punto de vista de Alcocer (2005), estas

piezas son comúnmente empleadas en combinación con piezas perforadas de dos celdas. En los ensayos de campo hechos con este tipo de piezas, se han observado, que los grandes desplazamientos laterales cíclicos han generado una falla considerablemente frágil y se manifiesta en el aplastamiento repentino de sus elementos de borde. Para no padecer de este tipo de falla, las NTC-MX proponen un mínimo en el espesor de la pieza de borde a 15 mm (1.5 cm), y el área neta mínima al 50%. Además, se determinó que sólo se permiten piezas con perforaciones verticales para fines estructurales.

- También considera que el mortero que se usará en las juntas debe ser proporcionado en volumen y debe ser fabricado con cemento del tipo portland. Para usos estructurales, se recomiendan tres tipos de morteros (Cemento:Cal:Arena), de los cuales: Tipo I (1:0 a 1/4:1) con volumen medido en botes de  $f_j^* \geq 125 \text{ kg/cm}^2$ ; Tipo II (1: 1/4 a 1/2:1) con  $f_j^* \geq 75 \text{ kg/cm}^2$ , y Tipo III (1:1/2 a 1 1/4:A), donde  $f_j^* \geq 40 \text{ kg/cm}^2$ . En todos los casos, se debe emplear cemento tipo portland y el volumen de arena A debe ser entre 2.25 y 3 veces la suma en volumen del cemento portland y el limo (NTC,2023)

- Se consideran tres tipos de Resistencia de diseño. A saber: la resistencia a compresión de la pieza,  $f_p^*$ ; la resistencia a compresión axial de pilas de mampostería,  $f_m^*$ ; y la resistencia a compresión diagonal de la mampostería,  $v_m^*$ . Esta última se considera un indicador de la resistencia a cortante de la mampostería. “Para determinar las propiedades de diseño a compresión axial y cortante, (i.e. resistencias y rigideces), las NTC-M permiten ensayos de laboratorio de prismas de mampostería a compresión axial y de muros de mampostería a compresión diagonal” (Alcocer et al, 2005, p. 4).

- Las NTC se organizaron según el tipo de carga para el cual es analizado y diseñado el muro (sea vertical o lateral). Se hizo una clasificación de diferentes capítulos para organizar las especificaciones generales de análisis y diseño. Para facilitar la aplicación y comprensión, las especificaciones y detalles para el análisis por carga vertical y lateral fueron anexadas en el mismo capítulo, además de los factores de reducción de resistencia y las recomendaciones para diseño y de detalle.

- En un principio se favoreció el uso del método simplificado de análisis para una mejor distribución de la carga lateral inducida por efecto del sismo entre los muros. Pero, este criterio consideraba dos características a saber, era exclusivo para construcciones de hasta cinco niveles y de plantas arquitectónicas simétricas, con el objetivo de eliminar los efectos de torsión dinámica. Además, se propone que las construcciones sean lo más cuadradas (en la medida de lo posible) para tratar de lograr que las demandas de flexión en los muros sean muy pequeñas y la distribución de la fuerza cortante de entrepiso pueda calcularse con la rigidez elástica relativa de flexión y cortante. En otra actualización a partir del 2004, la actualización a la norma permitió este método en el caso de que la excentricidad a

torsión del entrepiso (por ejemplo, la distancia entre el centro de cortante y el centro de rotación de entrepiso) no sobrepase de 0.1 veces la anchura de la estructura perpendicular a la dirección de análisis.

- Se incorporaron las guías de especificación debido a que la mayoría de las construcciones no son simétricas en planta, tienen más de 13 m de altura y no tiene una distribución uniforme de masa y rigidez, y además, no se cumplían las recomendaciones para aplicar el método simplificado.
- Se permitió la implementación de la analogía de la columna ancha aplicada a la modelación de los muros, lo cual permite que los muros puedan ser modelados como si se consideraran columnas ubicadas justo en el centro de la longitud total del muro. Todas las propiedades mecánicas se asignan a esta columna considerando las vigas dentro del muro como rígidas.
- Se considera incorporar la contribución de los muros transversales al modelo numérico con el objetivo de tener una estimación as exacta y real de la rigidez total de la estructura.
- Se sugiere el uso de métodos como elemento finito o basados en campos de esfuerzos y teoría de plasticidad para análisis de muros cuando estos tengan distribuciones muy complejas. (Alcocer et al, 2005).

#### DISTORSIONES LATERALES INELÁSTICAS PERMISIBLES

- Debido a la malinterpretación en la aplicación del límite de la distorsión de entrepisos, estos límites de deformación lateral fueron ajustados y ahora permite aplicar el método simplificado de análisis, donde este método supone una rigidez total grande en los muros y desplazamientos laterales pequeños.
- En casos donde se utilicen métodos diferentes al simplificado, se requiere que las distorsiones de entre piso inelásticas tienen que ser revisadas y evaluadas.
- Uno de los conceptos más importantes en la NTC-MX es el factor de comportamiento sísmico  $Q$ , el cual es una analogía del factor  $R_w$  usado en el Reglamento Internacional de Construcciones (2000), el cual se utiliza para representar la capacidad de deformación y de disipación de energía de un sistema de estructuras. Los factores  $Q$  son: 2 para muros de mampostería confinada construidos con piezas sólidas o multi perforadas con refuerzo horizontal y elementos de borde; 1 para mampostería simple sin refuerzo; y 1.5 para otros casos” (Alcocer et al, 2005, p. 5).
- El tema de las distorsiones inelásticas estuvo sometido a un análisis experimental considerando daños moderados reflejando un comportamiento deseable y permisible de las viviendas al momento de diseñar para sismo.



## MAMPOSTERIA CONFINADA Y MAMPOSTERIA REFORZADA INTERIORMENTE

- Se incluyeron figuras representativas con el objetivo de evitar en la medida de lo posible las malas interpretaciones a la norma.
- Para la mampostería reforzada y combinada se mejora el cálculo explícito de la contribución horizontal a la resistencia del cortante.
- Se adoptó una propuesta, parecida a la de estructuras de concreto, para estimar el cortante de diseño de la mampostería, tratando de predecir la fuerza cortante y calibrada con resultados experimentales.

## MUROS DIAFRAGMA Y MAMPOSTERIA NO CONFINADA NI REFORZADA

- Con el objeto de prevenir una falla por cortante en las esquinas de las columnas, y siguiendo un método de diseño por capacidad, se requiere que cada columna sea detallada y diseñada para resistir una fuerza cortante igual a la mitad de la carga lateral tomada por el diafragma (Esteva, 1966)
- Se implementó el refuerzo por integridad estructural. Este refuerzo se debe colocar de manera vertical en las intersecciones de todos los muros a cada 4.0 m y en de manera horizontal en la parte superior de los muros. El porcentaje de refuerzo que se considera por integridad, para toda la estructura, se estableció en dos terceras partes de las requeridas para estructuras de mampostería confinada.
- Se incluye una lista amplia de puntos que deben de ser considerados en planos estructurales y confirmados en campo tales como detalles, propiedades mecánicas y especificaciones de materiales.

## EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

- Se han ido incluyendo y actualizando requisitos para la evaluación estructural y rehabilitación de estructuras de mampostería existentes.
- Se ha propuesto una clasificación dependiendo el tipo de daño como estructural y no estructural, y el daño estructural se clasificó de uno a cinco según la severidad y su efecto en el comportamiento de la estructura.

### B) Manual de Obras Civiles de Comisión Federal de Electricidad (MOC-CFE)

El Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (MOC-CFE) tiene su mayor énfasis en las estructuras del sector energético, ya que el principal objetivo de éste es que las estructuras

se mantengan en completa operación después de una sismo intenso (por ejemplo), y si otras dependencias toman en cuenta estos criterios, pueden, de igual manera, diseñar con la salvedad de que sus instalaciones, de primera necesidad, se mantendrán en operación después de la ocurrencia del evento. Instalaciones tales como bomberos, centros de mando, plantas de bombeo y que puedan proporcionar una mejor respuesta a la emergencia.

El manual ha considerado criterios particulares para cada estructura, amortiguamiento y ductilidad, además de considerar características adicionales como el tamaño y el uso del mismo. Tiene como objetivo principal:

- a) Reducir al máximo la pérdida de las vidas humanas
- b) Reducir la afectación a la población debido a la ocurrencia de sismos
- c) Establecer niveles bien establecidos de seguridad estructural
- d) Fijar requisitos mínimos de seguridad para aumentar la seguridad de las estructuras.

Algo medular en la metodología del manual es la creación de espectros sísmicos, basados en regionalizaciones sísmicas, y el procedimiento para el cálculo de fuerzas para diferentes tipos de edificios de diferentes tamaños, además de considerar un capítulo para el concepto de interacción suelo-estructura.

El Manual de Obras Civiles emitido por la Comisión Federal de Electricidad (MOC-CFE) es considerado en el ámbito de los profesionales del cálculo estructural un gran logro de la ingeniería mexicana y útil para otros países, ya que establece lineamientos que garanticen un buen diseño sismo-resistente de las estructuras.

### 3.0 METODOLOGIA

Dentro del ámbito de ingeniería civil, se pueden incluir diferentes metodologías y técnicas de trabajo y de investigación, en función de lo que se pretende estudiar. Pareciera que hay un candado entre la Ingeniería y el método cuantitativo, pero hay ciertos rubros en donde el método cualitativo ayuda en gran manera a la toma de decisiones y complementa al método cuantitativo. De cierta manera, se complementan.

Cuando se habla de datos numéricos, se hace referencia a trabajar con las técnicas y métodos que tiene que ver de manera directa con números, tablas, estadísticas, y todo aquello que sea deducido y comprobado con un método matemático establecido. Debido a eso, el presente documento se hace mediante una metodología cuantitativa definida como “[...] conjunto de procesos secuencial y riguroso” (Sampieri, p. 4). Tomado de la mano con el método científico, hay una serie de pasos, en función de la rama de estudio, que debe de seguirse para iniciar y terminar la investigación. Podría darse el caso de que, en alguna etapa del mismo, se pueda demorar un poco más, sin considerar que se puede saltar alguna de ellas. “Cada etapa precede a la siguiente y no se puede “brincar o eludir” algún pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, se puede redefinir alguna fase.” (Sampieri,2010, pp. 5).

Figura 1

*Proceso Cuantitativo*



**NOTA:** Sacado de Sampieri, 2010

Dentro del modelo cuantitativo considerado, se utilizarán varias técnicas para poder ir obteniendo los datos requeridos. Estos métodos son de investigación documental, investigación descriptiva y método del caso. De entrada, se hace una investigación documental única pues pretende tener un apoyo en fuentes de carácter documental, documentos legales y oficiales que rigen el diseño de

la estructura que servirá para cumplir con los objetivos generales y específicos de la tesis. Seguido a eso, la siguiente técnica es una investigación descriptiva,

[...]se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales, una realidad. Mediante este tipo de investigación, que utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio” (Introducción a la Investigación: guía interactiva, s.f.). No puede haber dos citas juntas. Separe con un comentario que relacione la cita anterior a lo siguiente con su investigación.

“[...] buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis, Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren [...]” (Sampieri,2010, pp. 80).

Esta ayuda a obtener valores constantes en función a las características particulares del proyecto, tales como la clasificación de la estructura, rigidez, sobre su resistencia, tipo de suelo, entre otros, que sirven para poder ingresar a la siguiente técnica.

Por último, y de igual importancia se llevará a cabo la técnica de Caso de estudio, la cual “[...] involucra el estudio detallado de un caso particular, [...] tienen como resultado datos muy detallados y descriptivos únicos al caso estudiado” (Métodos de investigación: Qué son y cómo elegirlos, s.f.)

Proceso cuantitativo particular al proyecto

A manera de resumen, se tiene definido el caso particular que servirá como apoyo y así poder lograr el objetivo general. Se hará una revisión de toda la literatura legal y accesible necesaria que se exige revisar para poder hacer un buen diseño. Esta revisión documental ayuda a realizar el análisis descriptivo del proyecto, el reflejará con datos numéricos las características propias del proyecto. El modelo matemático se ingresará en el Software Etabs con apoyo de MathCad, y así poder evaluar e interpretar todos los datos obtenidos. Todo queda expresado en una memoria de cálculo (inmersa en la tesis) y planos que expresan de manera gráfica el dimensionamiento de los elementos estructurales del proyecto.

Los pasos a considerar como metodológicos en la realización del presente proyecto serán:

Fase 1: Hacer una revisión de las dos normas, una pasada y una actual, en el tema sísmico.

Fase 2: Analizar las diferencias entre ambas normas, en función de dimensionamiento de elementos estructurales por el tema sísmico

Fase 3: Revisar y analizar la literatura oficial y legal existente para tal efecto: diseño y análisis estructural, a saber: Normas técnicas complementarias, Manual de obras civiles de CFE, Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.

Fase 4: Comparar cambios en dos normas, la pasada y la actual, en el ambiente sísmico.

Fase 5: Enunciar las variables, (factores, formulas y criterios) que sufrieron cambio entre una norma y la otra.

Fase 6: Analizar y diseñar los elementos estructurales. Se definirían las variables básicas propias de un diseño estructural y que lo van definiendo como tal.

Fase 7: Trabajar con un caso en particular. El cual se evaluará en ambas normas, con la idea de ver las diferencias en ambos casos.

Fase 8: Se usará el programa E-tabs, Math Cad y Excel para la obtención de los datos gruesos, según el modelo matemático ingresado.

Fase 9: Se analiza todos los datos numéricos obtenidos en el software antes mencionado, y se harán los ajustes para el correcto diseño y estructuración del proyecto.

Fase 10: Se comparan y se exponen de manera escrita los resultados productos del análisis de datos.

En conclusión, este trabajo de tesis pretende crear un comparativo entre la nueva norma decretada en México en el mes de noviembre con una norma que había sido modificada por partes en diferentes años desde el 2017 al 2020. Poder subrayar con la ayuda de un caso práctico (considerando la literatura oficial), las modificaciones y cambios que esta actualización generaron en el tema sísmico para ser más puntuales. Estos cambios serán evaluados, comparados y señalados en los elementos estructurales.

## 4.0 CASO PRACTICO

Para la presente investigación, se harán dos evaluaciones, en la que se consideran dos Normas Técnicas Complementarias, una con una actualización en el 2020 y otra con una actualización en el 2023. Para efecto de crear un parteaguas, se tomará en cuenta el índice de momentos de inercia y áreas transversales para análisis elásticos con cargas factorizadas, considerados en las dos NTC para diseño de Elementos de Concreto, siendo

**Tabla 1**

*Momentos de inercia considerar (agrietamiento)*

	NTCDEC-2020	NTCDEC-2023
	Momento de Inercia	Momento de Inercia
Elemento		
Vigas y muros agrietados, Columnas agrietadas	0.5I <sub>g</sub>	0.35I <sub>g</sub>

Para lo cual, primero se expondrá el análisis del caso práctico con el momento de Inercia correspondiente a 0.5I<sub>g</sub>, después se expondrán los resultados con el Momento de inercia de 0.35I<sub>g</sub>, y al final se evaluarán los porcentajes de cambio del sistema estructural de mampostería con uno y otro factor.

### 4.1 GENERALES

Con el objetivo de hacer los comparativos entre una y otra norma, se usa un caso práctico con las siguientes características: Diseño estructural de un edificio de departamentos de 5 niveles a base de muros de mampostería y muros de corte, ubicado en zona sísmica tipo C (sismicidad alta); aplicando las Normas Técnicas Complementarias 2023 (NTC-2023) y su versión anterior.

UBICACION: Baja California Sur.

MUNICIPIO: Los Cabos San Lucas

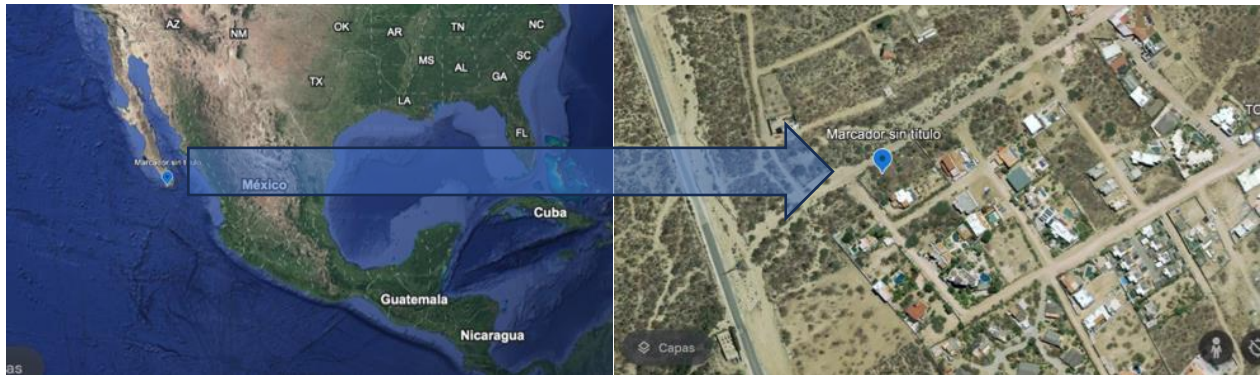
ZONA SISMICA: Tipo C

TIPO DE SUELO: Tipo 1 (roca)

COORDENADAS: 22°54'42"N 109°52'48"W

**Figura 2**

*Ubicación general*



#### 4.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Se evalúan estados límites para cargas permanentes y cargas instantáneas considerando los requisitos establecidos en el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, el RCDF-2017 y las Normas Técnicas Complementarias siguientes:

- Título VI “De la seguridad estructural de las construcciones” del reglamento de construcciones del Distrito Federal. (RCDF, 2017).
- Normas técnicas complementarias para la revisión de la seguridad estructural de las edificaciones. (NTC-RSEE, 2017, 2023).
- Normas técnicas complementarias sobre criterios y acciones para el diseño estructural de las edificaciones. (NTC-CADEE, 2017, 2023).
- Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto. (NTC-Concreto 2021, 2023).
- Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería (NTC-Mampostería 2020,2023).
- Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de cimentación. (NTC-Cimentaciones, 2020, 2023).
- Manual de diseño de obras civiles Diseño por sismo. (CFE-Sismo-2015).
- Building Code Requirements for Structural concrete ACI 318-19.

Para cargas permanentes se evalúan los estados límites de servicio y de falla:

**Servicio.** Se verifica que las deflexiones instantáneas y diferidas no excedan los límites permisibles para proporcionar un grado de confort a los usuarios de los edificios de manera que sus actividades cotidianas no se vean afectadas.

**Falla.** Se determinan las cuantías y el detallado del refuerzo para procurar, en caso de presentarse el sismo de diseño, una falla de tipo dúctil en zonas perfectamente localizadas en donde se produzca la plastificación de las secciones conduciendo a un comportamiento estable en donde se desarrollen deformaciones más allá del intervalo elástico, pero conservando la capacidad de sostener las cargas externas, evitando la formación de un mecanismo que produzca el colapso local o global del sistema. Para cargas instantáneas se evaluarán los estados límites siguientes:

**Limitación de daño ante sismos frecuentes.** El comportamiento debe ser elástico para lo cual deberá proporcionarse la rigidez lateral suficiente y necesaria.

**Prevención de colapso.** Debe limitarse la cantidad de daño en caso de presentarse el sismo de diseño. Para esta condición debe proporcionarse además de la resistencia, capacidad de deformación que permita una redistribución uniforme de las fuerzas y con esto lograr un comportamiento aceptable.

#### 4.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ESTRUCTURAL

La estructura es un edificio de cuatro niveles de uso habitacional y la azotea está considerada como una zona de recreación denominada "Roof Garden". La estructura se propone a base de muros de mampostería con tabique hueco "Tabimax" con un espesor de 15 cm y muros de concreto reforzado.

**Figura 3**

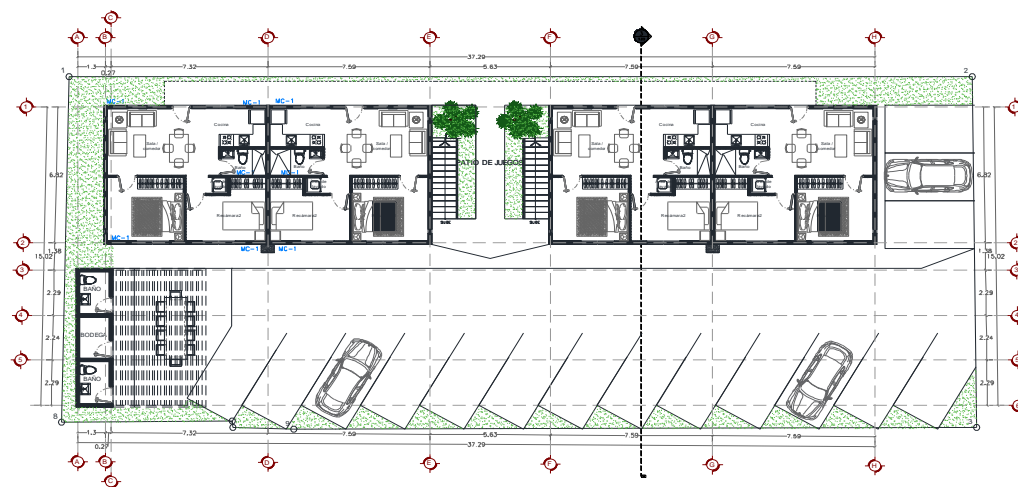
*Vista longitudinal*





**Figura 4**

*Vista en planta (entre pisos)*



**Figura 5**

*Vista en planta (roof garden)*

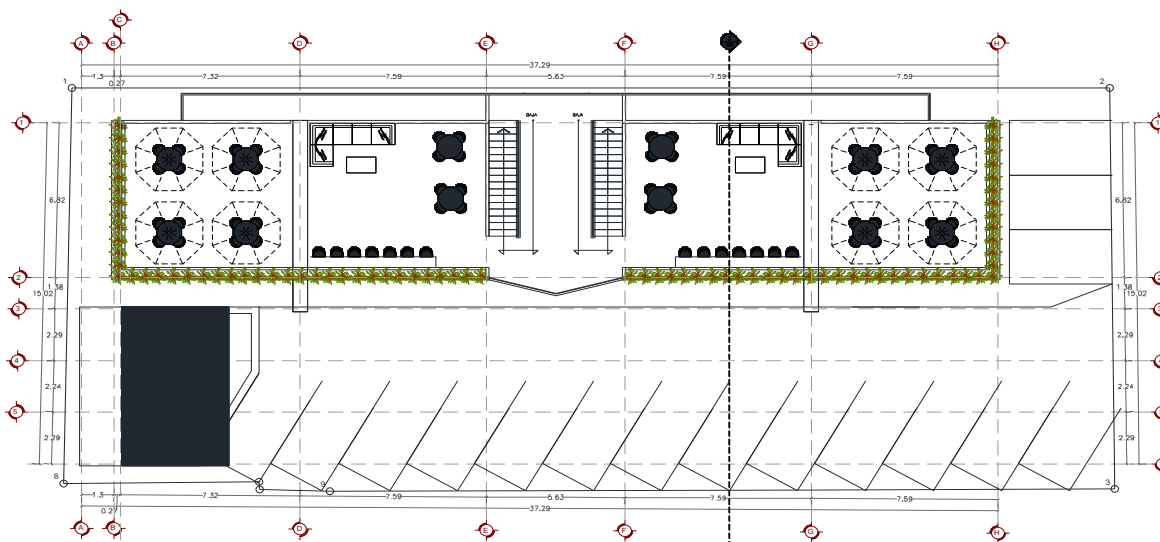


Figura 6

Corte transversal exterior

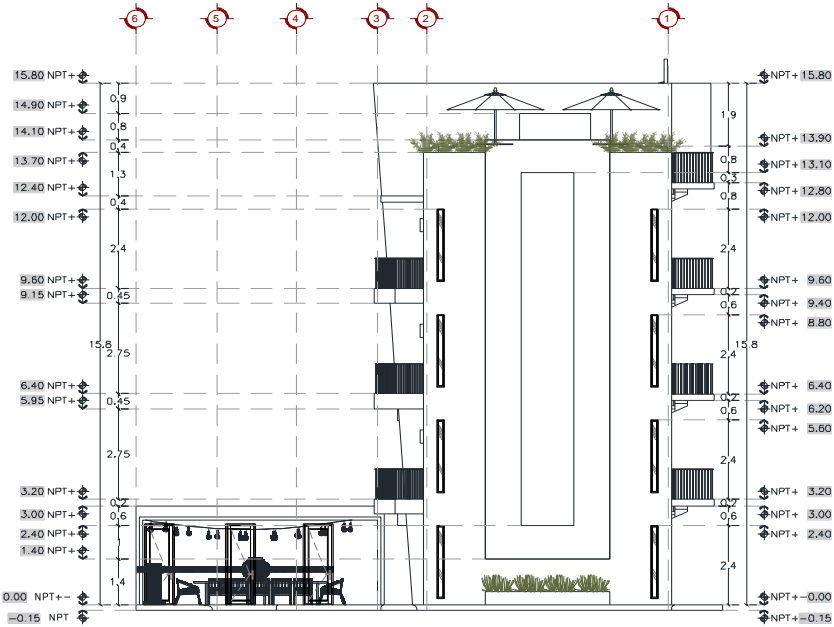


Figura 7

Corte transversal interior



#### 4.4 CARGAS Y ACCIONES DE DISEÑO

Para la determinación de las cargas muertas y cargas vivas se determinaron los valores en función del peso propio de los elementos que componen la estructura y las especificaciones para sobrecarga y carga viva determinadas de acuerdo a la tabla 6 y cargas vivas unitarias de la NTC-CADEE-2023. El peso de la estructura se considera automáticamente del modelo matemático.

a) Para la determinación de acciones permanentes se debe tomar en cuenta que la variabilidad de dimensiones de los elementos además de los pesos volumétricos y de otras propiedades que se consideren relevantes en los materiales, esto con el objetivo de poder determinar un valor máximo probable en la intensidad. Cuando el resultado de la acción permanente sea favorable a la estabilidad de la estructura, se determinará un valor mínimo probable de la intensidad;

b) Para acciones variables se determinarán las intensidades siguientes que correspondan a las combinaciones de acciones para las que deba revisarse la estructura:

- 1) La intensidad máxima se considerará como el valor máximo probable durante la vida esperada de la edificación. Se empleará para combinación con los efectos de acciones permanentes;
- 2) La intensidad instantánea se considerará como el valor máximo probable en el lapso en que pueda presentarse una acción accidental, como el sismo, y se empleará para combinaciones que incluyan acciones accidentales o más de una acción variable;
- 3) La intensidad media se estimará como el valor medio que puede tomar la acción en un lapso de varios años y se empleará para estimar efectos a largo plazo; y
- 4) La intensidad mínima se empleará cuando el efecto de la acción sea favorable a la estabilidad de la estructura y se tomará, en general, igual a cero.

**Figura 8**

*Cargas vivas unitarias kN/m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)*

Destino de piso o cubierta	$W'$	$W_s$	$W_m$	Observaciones
a) Habitación (casa-habitación, departamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares)	0.8 (80)	1.0 (100)	1.9 (190)	[1]
b) Oficinas, despachos y laboratorios	1.0 (100)	1.8 (180)	2.5 (250)	[2]
c) Aulas	1.0 (100)	1.8 (180)	2.5 (250)	
d) Comunicación para peatones (pasillos, escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de acceso libre al público)	0.4 (40)	1.5 (150)	3.5 (350)	[3] y [4]
e) Estadios y lugares de reunión sin asientos individuales	0.4 (40)	3.5 (350)	4.5 (450)	[5]
f) Otros lugares de reunión (bibliotecas, templos, cines, teatros, gimnasios, salones de baile, restaurantes, salas de juego y similares)	0.4 (40)	2.5 (250)	3.5 (350)	[5]
g) Comercios, fábricas y bodegas	$0.8W_m$	$0.9W_m$	$W_m$	[6]
h) Cubiertas y azoteas				
- Pendiente no mayor que 5%	1.5 (15)	7 (70)	10 (100)	[4], [7] y [8]
- Pendiente de 6 a 10%	1 (10)	3 (30)	6 (60)	[4], [7] y [8]
- Pendiente de 11 a 20%	0.5 (5)	2 (20)	4 (40)	[4], [7] y [8]
- Pendiente mayor que 20%	0.5 (5)	2 (20)	3 (30)	[4], [7] y [8]
j) Volados en vía pública (marquesinas, balcones y similares)	0.15 (15)	0.7 (70)	3 (300)	
k) Garajes y estacionamientos (exclusivamente para automóviles)	0.4 (40)	1.0 (100)	2.5 (250)	[9]

**NOTA:** Tabla sacada de las NTC-M

#### 4.5 CONDICIONES DE CARGAS

Se consideran dentro del análisis 7 condiciones de cargas independientes, 5 de ellas estáticas y 2 dinámicas.

Las 5 cargas estáticas utilizadas son:

Peso propio de los elementos estructurales:	PP
Sobre carga muerta (carga muerta adicional):	SCM
Carga viva máxima:	CVmax o Wm
Carga viva accidental (Instantánea):	CVacc o Wa
Carga viva media:	CVmed o W

Las 2 condiciones de cargas dinámicas utilizadas son:

Sismo dinámico en dirección X:	SDX
Sismo dinámico en dirección Y:	SDY

Para la evaluación del comportamiento estructural, se definen las cargas verticales dependiendo del uso que tendrá la estructura. En las siguientes Tablas, se muestra los valores de las cargas consideradas.

**Tabla 2**

#### Análisis de cargas

Losa de Entrepiso			Losa de Roof Garden		
Losa de concreto (12 cms)	288	Kg / m <sup>2</sup>	Losa de concreto (12 cms)	288	Kg / m <sup>2</sup>
Instalaciones	20	Kg / m <sup>2</sup>	Instalaciones	20	Kg / m <sup>2</sup>
Loseta (Vitropiso)	50	Kg / m <sup>2</sup>	Loseta (Vitropiso)	50	Kg / m <sup>2</sup>
Pegazulejo	5	Kg / m <sup>2</sup>	Pegazulejo	5	Kg / m <sup>2</sup>
Mortero cemento Arena (2 cm)	42	Kg / m <sup>2</sup>	Mortero cemento Arena (2 cm)	42	Kg / m <sup>2</sup>
Falso plafón (Yeso)	30	Kg / m <sup>2</sup>	Falso plafón (Yeso)	30	Kg / m <sup>2</sup>
NTC-CADEE 5.1.2	40	Kg / m <sup>2</sup>	NTC-CADEE 5.1.2	40	Kg / m <sup>2</sup>
Sumatoria:	475	Kg / m <sup>2</sup>	Sumatoria:	475	Kg / m <sup>2</sup>
uso en programa	187	Kg/cm <sup>2</sup>	Uso en programa	187	Kg/cm <sup>2</sup>
Carga Viva Máxima Wm	190	Kg/cm <sup>2</sup>	Carga Viva Máxima Wm	350	Kg/cm <sup>2</sup>
Carga Viva Accidental Wa	100	Kg/cm <sup>2</sup>	Carga Viva Accidental Wa	250	kg/cm <sup>2</sup>
Carga Viva Media W	80	kg/cm <sup>2</sup>	Carga Viva Media W	40	kg/cm <sup>2</sup>

Losa de Balcones	Losa de Pasillos y escaleras
------------------	------------------------------

Losa de concreto (12 cms)	288 Kg / m2	Losa de concreto (12 cms)	288 Kg /m2
Instalaciones	20 Kg / m2	Instalaciones	20 Kg /m2
Loseta (Vitropiso)	50 Kg / m2	Loseta (Vitropiso)	50 Kg /m2
Pegazulejo	5 Kg / m2	Pegazulejo	5 Kg /m2
Mortero cemento Arena (2 cm)	42 kg /m2	Mortero cemento Arena (2 cm)	42 Kg /m2
Falso plafón (Yeso)	30 kg /m2	NTC-CADEE 5.1.2	40 kg/ m2
NTC-CADEE 5.1.2	40 Kg /m2	Sumatoria:	445 Kg m2
Sumatoria:	475 Kg / m2	uso en programa	157 kg/cm2
uso en programa	187 Kg/ cm2		
Carga Viva Maxima Wm	300 kg/cm2	Carga Viva Maxima Wm	350 kg/cm2
Carga Viva Accidental Wa	70 kg/cm2	Carga Viva Accidental Wa	150 kg/cm2
Carga Viva Media W	15 kg/cm2	Carga Viva Media W	40 kg/cm2

**NOTA:** DATOS OBTENIDOS DE LAS NTC-M

#### 4.6 CLASIFICACION DE LA CONSTRUCCION SEGUN SU IMPORTANCIA

El destino de las construcciones debe tomarse en consideración y como una de las principales referencias para determinar su importancia, basados en que tan relevante y la magnitud de los daños que pueden generarse en caso de ocurra una falla, y con esto, definir la protección o seguridad necesaria a proveer contra la acción de los sismos (este criterio se encuentra en la tabla 1.1 CFE, 2015). La estructura clasifica como del grupo B, tal cual se describe en la siguiente Tabla.

**Figura 9**

*Clasificación de las estructuras según su destino*

GRUPO	DESCRIPCIÓN
A+	Las estructuras de gran importancia, o del Grupo A+, son aquellas en que se requiere un grado de seguridad extrema, ya que su falla causaría cientos o miles de víctimas, y/o graves pérdidas y daños económicos, culturales, ecológicos o sociales. Ejemplos de estructuras de importancia extrema son las grandes presas y las plantas nucleares.
A	Estructuras en que se requiere un grado de seguridad alto. Construcciones cuya falla estructural causaría la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas, daños ecológicos o culturales, científicos o tecnológicos de magnitud intensa o excepcionalmente alta, o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o inflamables, así como construcciones cuyo funcionamiento sea esencial después de un sismo. Ejemplo de ellas son las <b>estructuras fundamentales</b> (principales) de: Centrales de generación, transmisión y distribución eléctrica, instalaciones industriales de proceso, almacenamiento y distribución de hidrocarburos, sistemas de transporte y telecomunicaciones, sistemas de almacenamiento, conducción, distribución y tratamiento de aguas, escuelas, centros de investigación, estadios, hoteles, sistemas de emergencia como estaciones de bomberos u hospitales, etc.
B	Estructuras en las que se requiere un grado de seguridad convencional. Construcciones cuya falla estructural ocasionaría la pérdida de un número reducido de vidas, pérdidas económicas moderadas o pondría en peligro otras construcciones de este grupo y/o daños a las del Grupo A+ y A moderados. Ejemplo de ellas son las naves industriales, locales comerciales, estructuras comunes destinadas a vivienda u oficinas, salas de espectáculos, depósitos y estructuras urbanas o industriales no incluidas en los Grupos A+ y A, así como muros de retención, bodegas ordinarias y bardas.

**NOTA:** Sacado del MOC-CFE

#### 4.7 CLASIFICACIÓN DE CONSTRUCCIONES POR SU TAMAÑO Y RELACIÓN CON EL SECTOR ENERGÉTICO O INDUSTRIAL

Según el MOC-CFE 2015, “en el caso de las estructuras del Grupo B, no se requerirán exploraciones del subsuelo de manera detallada. Para su análisis es basta con el uso de métodos simplificados a partir de espectros regionales o de aceleración constante. De esta forma , las estructuras del Grupo B [y A] se dividen de acuerdo a su tamaño, a la altura de la construcción H, y al área total construida, Ac, como se indica:”

**Figura 10**

*Grupos y subclases estructurales*

Grupo	Clasificación de las construcciones	
A+	Todas las estructuras de gran importancia del sector energético o industrial	
A	A1: Pertenece o se relaciona con el sector energético o industrial	A2: No pertenece ni se relaciona con el sector energético o industrial
B	B1: Altura mayor que 13 m o área total construida mayor que 400 m <sup>2</sup>	B2: Altura menor o igual que 13 m y área total construida menor o igual que 400 m <sup>2</sup>

**NOTA:** Sacado del MOC-CFE

Altura total= 15.80 m

Área construida en planta=37.29 m x 9.4 m = 350.53 m<sup>2</sup>

La estructura de estudio, tiene una altura de 15.80 m y un área total construida mayor o menor que 40 m<sup>2</sup>, esta se clasifica como Clase 1, Grupo B (B1).

#### 4.8 CLASIFICACIÓN DE CONSTRUCCIONES SEGÚN SU ESTRUCTURACION

Según ls características estructurales que condicionan la respuesta sísmica, las construcciones, **según su estructuración, se clasifican:**

**Figura 11**

*Clasificación de las construcciones según su estructuración*

TIPO 1	Edificios. Estructuras comunes en que las fuerzas laterales se resisten en cada nivel por marcos continuos contraventados o no, por diafragmas o muros o por la combinación de estos.
TIPO 2	Estructuras Industriales. Son todos aquellos sistemas estructurales que forman parte de plantas industriales y que requieren que los criterios de diseño sísmico consideren efectos particulares y un tanto diferentes a los especificados para estructuras comunes de edificios, como la consideración de diagrama flexible.
TIPO 3	Péndulos invertidos y apéndices. Estructuras en que el 50 % o más de su masa se halle en el extremo superior y tengan un solo elemento resistente en la dirección de análisis o una sola hilera de columnas perpendicular a esta. Apéndices o elementos cuya estructuración difiera radicalmente de la del resto de la estructura, tales como tanques, parapetos, prelles, anudidos, ornamentos, ventanales, muros y revestimientos, entre otros.
TIPO 4	Muros de retención. Estructuras que soportan grandes presiones debidas a retenciones que aumentan con la presencia del agua.
TIPO 5	Chimeneas, silos y similares. Estructuras en que su masa y rigidez se encuentran distribuidas continuamente a lo largo de su altura y donde dominen las deformaciones por flexión.
TIPO 6	Tanques, depósitos y similares. Estructuras destinadas al almacenamiento de líquidos que originan importantes fuerzas hidrodinámicas sobre el recipiente.
TIPO 7	Puentes. Estructuras destinadas a cubrir claros de hasta 100 m, construidos de concreto de peso normal, acero estructural o mixto, cuya subestructura está formada por pilas y estribos o cabalotes.
TIPO 8	Tuberías. Estructuras destinadas al transporte de materiales líquidos o gaseosos, que cubren grandes distancias. La masa y la rigidez se distribuyen uniformemente a lo largo de estas estructuras.
TIPO 9	Presas. Son estructuras formadas por grandes masas de material, cuya estabilidad se proporciona fundamentalmente por su peso propio. Se destinan para contener una gran cantidad de agua, lo cual genera altas presiones hidrodinámicas.
TIPO 10	Sistemas de aislamiento sísmico y disipación de energía. Son elementos estructurales que forman parte del sistema que soporta la carga gravitacional de cualquier tipo de estructura. Su función es controlar la respuesta sísmica estructural, ya sea por alargar el periodo de la estructura (aislamiento de base), por aumentar el amortiguamiento del conjunto estructural (disipadores de energía) o por ambos efectos.
TIPO 11	Torres de telecomunicación. Estructuras isométricas de soporte para equipos de telecomunicación. Estos sistemas generalmente están constituidos por estructuras de celosía y pueden ser autoportantes o constar con sistemas de antecosteo.
TIPO 12	Túneles y túneles. Son estructuras subterráneas construidas para establecer una comunicación a través de un medio, por debajo de un río u otro obstáculo similar.
	Acrocineradores. Estructuras utilizadas para soportar un escudo colocado en el extremo libre, cuyo efecto

**NOTA:** *Sacado del MOC-CFE*

Para la correcta clasificación de la estructura se deberá considerar que es un edificio de departamentos, construido a base de muros de carga de mampostería confinada y muros de cortante (de ser necesarios). La resistencia de todos los entrepisos es suministrada por muros con losas.

De acuerdo con los criterios del inciso 3.1.2, se establece que:

- a) Por su importancia (tabla 1.1, inciso 3.1.2.1)

La construcción tendrá un uso destinado para viviendas en todos sus entrepisos, por lo que se considera como estructura del **Grupo B**

- b) Por su tamaño (inciso 1.1, inciso 3.1.2.2)

Altura total= 15.80

Área construida en planta=

La estructura tiene una altura de 15.80 y un área total construida mayor o menor que 400m<sup>2</sup>, esta se clasifica como Clase 1 (B1).

- c) Por su estructuración (tabla 2.1, inciso 3.2.2)

La estructura se considera como **Tipo 1, Estructuras de edificios.**

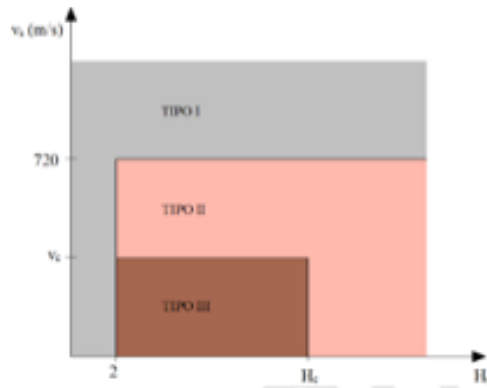
Se concluye que el edificio en estudio se clasifica como Estructura del Grupo B, Clase 1 (B1) y Tipo 1, estructuras de edificios.

#### 4.9 ESPECTRO ELASTICO TRANSPARENTE

La estructura se localizará en una localidad del estado de Baja California Sur, tal como se detalló anteriormente. De acuerdo al estudio de la mecánica de suelos el edificio se construirá sobre un terreno firme con una clasificación de suelo Tipo 1.

**Figura 12**

*Carta de microzonificación sísmica*



Terreno firme o rocoso en el que no se presentan amplificaciones dinámicas:

Depósito de suelo con  $V_s \geq 720$  m/s ó  $H_s \leq 2$  m

**NOTA:** sacado del MOC-CFE

Para obtener el espectro de diseño sísmico transparente, se hizo mediante el programa Prodisis 4.1, para un espectro regional del municipio, ingresando las coordenadas de la ubicación el terreno.

**Tabla 3**

*Valores de los parámetros del espectro de diseño transparente*

GRUPO ESTRUCTURAL	$a_0$ [g]	$c$ [g]	$T_a$	$T_b$	$T_c$	$r$	$k$
B1	0.125	0.305	0.1	0.6	2	0.5	1.5

**NOTA:** DATOS OBTENIDOS DE PRODISIS 4.0

Donde: ☒

$a_0$ : Aceleración máxima del terreno (1/g)

$c$ : Aceleración máxima espectral (1/g) ☒

$T_a$ : Límite inferior de la meseta del espectro de diseño (s)

$T_b$ : Límite superior de la meseta del espectro de diseño (s)  $T_c$ : Periodo estructural en la dirección del análisis (s)

$T_c$ : Periodo de inicio de la rama descendente en la que los desplazamientos espectrales tienden



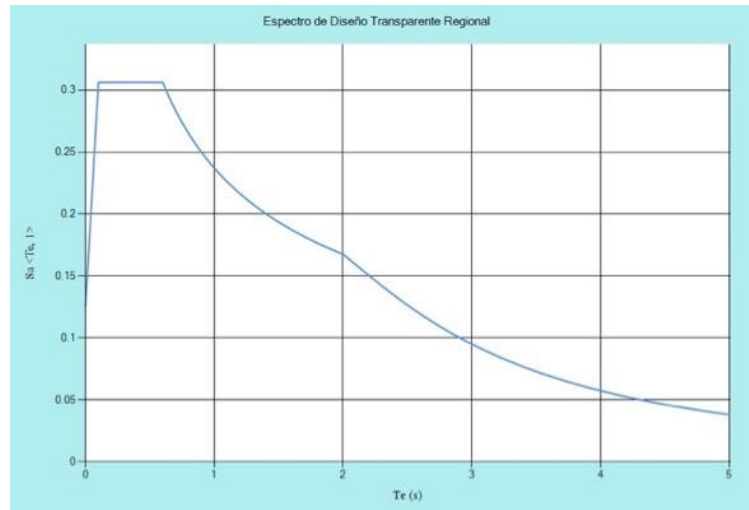
correctamente al desplazamiento del terreno (s)

K: Parámetro que controla la caída de las ordenadas espectrales  $\square$

r: Parámetro que controla la caída de las ordenadas espectrales para  $T_b \leq T_e < T_c$

**Figura 13**

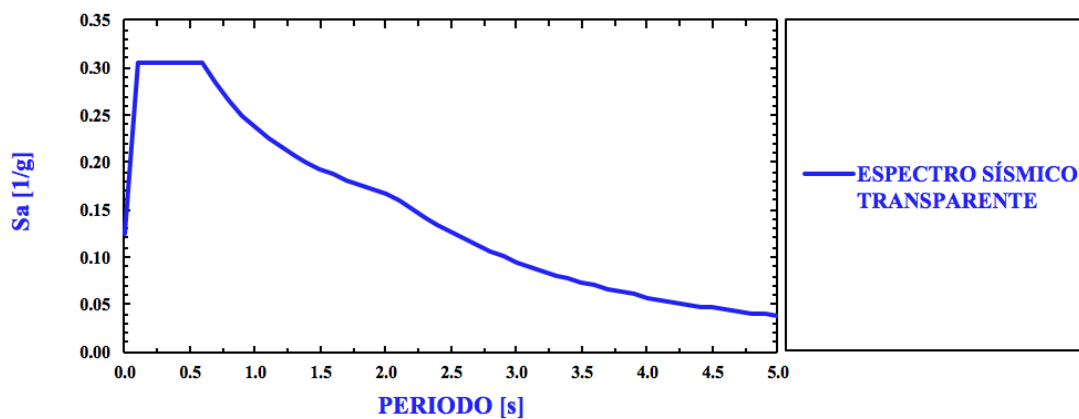
*Espectro sísmico transparente*



**NOTA:** Sacado de Prodisis 4.1

**Figura 14**

*Espectro transparente, Estructura grupo B, Clase 1 (B1), tipo 1, Edificio*



## 4.9 ESPECTRO DE DISEÑO INELÁSTICO

### 4.9.1 FACTOR DE COMPORTAMIENTO SÍSMICO (Q)

En la Sección 3.1 del Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Sismo de la CFE-2015, se definen los valores de los factores para la reducción de las fuerzas sísmicas.

Se revisó el factor de comportamiento sísmico de acuerdo con la sección 3.3.1.1 del MOC- 2020. El factor de comportamiento sísmico Q se emplea para tomar en cuenta la influencia del comportamiento no lineal del sistema en la estimación de su demanda sísmica, y con esto, su desempeño esperado y nivel de confiabilidad. Por lo tanto, la ductilidad empleada para ambas direcciones es  $Q=2$  que cumple con lo establecido, ya que el edificio está estructurado a base de muros de mampostería, en ambos sentidos.

#### **Figura 15**

##### *Factor de comportamiento sísmico*

Q = 2 cuando se cumplan los siguientes requisitos:

La resistencia a fuerzas laterales es suministrada por losas planas con columnas de acero o de concreto reforzado, por marcos de acero con ductilidad reducida o provistos de contraventeo con ductilidad normal, o de concreto reforzado que no cumplan con los requisitos para ser considerados dúctiles, o muros de concreto reforzado, de placa de acero o compuestos de acero y concreto, que no cumplen en algún entrepiso lo que se especifica para los casos  $Q = 4$  y  $Q = 3$  o por muros de mampostería de piezas macizas confinados por castillos, dadas, columnas o traves de concreto reforzado o de acero que satisfacen los requisitos de las RNDEV. También se usará  $Q = 2$  cuando la resistencia es suministrada por elementos de concreto prefabricado o presforzado, con las excepciones que sobre el particular marcan las RNDEV, o cuando se trate de estructuras de madera con las características que se indican en las RNDEV para estructuras de madera, o de algunas estructuras de acero que se indican en las normas vigentes.

**NOTA:** *Sacado de MOC-CFE 2015*

### 4.9.2 FACTOR DE SOBRERRESISTENCIA (R)

Tal como lo indica la sección 3.3.1.3. “Factor de reductor por sobrerresistencia” del Manual de Diseño de Obras Civiles Diseño por Sismo de la CFE-2015; la sobrerresistencia índice tiene un valor de  $R_o=2$  para ambas direcciones de análisis (X y Y).

**Figura 16**

*Factor reductor por sobrerresistencia*

$R_o = 2$  para los siguientes sistemas estructurales:

Marcos de concreto reforzado, de acero estructural o compuestos de los dos materiales diseñados con  $Q = 3$  ó  $Q = 2$ ; columnas de acero o de concreto reforzado con losas planas, por marcos o estructuraciones hechas con elementos de concreto prefabricado o presforzado; por marcos contraventeados o con muros de concreto reforzado o de placa de acero o compuestos de los dos materiales diseñados con  $Q = 2, 3$  y  $4$ ; por muros de mampostería de piezas huecas, confinados o con refuerzo interior o por marcos y armaduras de madera.

**NOTA:** Sacado de MOC-CFE 2015

4.9.3 FACTOR DE IRREGULARIDAD ( $\alpha$ )

Se revisaron las condiciones de regularidad de acuerdo la sección 3.3.2.1 MOC-2015 “Estructuras regulares” para determinar los factores que afectan los parámetros de análisis y diseño del espectro de aceleraciones de acuerdo con las características geométricas de las estructuras.

A continuación, se enlistan las condiciones que debe cumplir una construcción para que sea considerada regular, irregular o muy irregular.

1.- La distribución en planta de las masas, los muros y otros elementos resistentes, es sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales. Estos elementos son sensiblemente paralelos a los ejes ortogonales principales del edificio.



¿Simetría en planta?  
SI

2. La relación entre la altura y la dimensión menor de la base no es mayor que 2.5.

Dimensión menor (b)= 6.80 MT

**SI CUMPLE**

Altura (h)= 14.10 MT

Relación (h/b)= 14.10m/ 6.80 m = 2.07

3. La relación entre largo y ancho de la base no excede de 2.5.

ancho (b)= 6.80 MT

**NO CUMPLE**

Largo (h)= 36.0 MT

Relación (h/b)= 36 m/ 6.80 m = 5.29

4. En planta no se tienen entrantes ni salientes cuya dimensión exceda 20% de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección en que se considera la entrante o saliente.



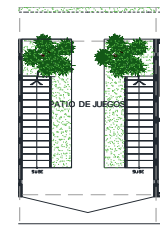
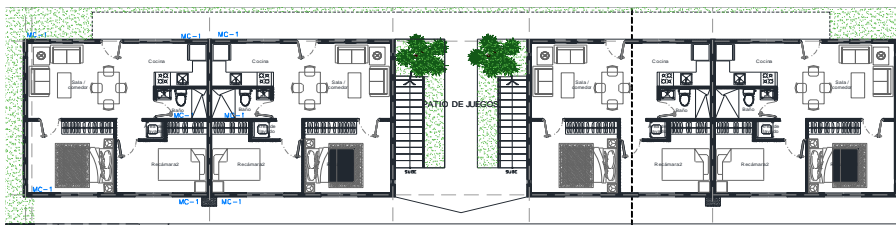
¿TIENE ENTRANTES?

**CUMPLE, YA QUE NO TIENE ENTRANTES**

5. En cada nivel se tiene un sistema de techo o piso rígido y resistente, lo que deberá justificarse con resultados de análisis de modelos simplificados del sistema de piso a utilizar.

**CUMPLE, PUES TODOS SON LOZAS MACIZAS HORIZONTALES**

6. No se tienen aberturas en los sistemas de techo o piso cuya dimensión exceda 20% de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección en que se considera la abertura. Las áreas huecas no ocasionan asimetrías significativas ni difieren en posición de un piso a otro y el área total de aberturas no excede, en ningún nivel, 20% del área de la planta.



ANCHO (b)= 36.0 m,

20% =7.20

Apertura: 1.275\*2= 2.55 mt

**“SU CUMPLE”**

7. El peso de cada nivel, incluyendo la carga viva que debe considerarse para diseño sísmico, no es mayor que 110% ni menor que 70% del correspondiente al piso inmediato inferior. El último nivel de la construcción está exento de condiciones de peso mínimo.

NIVEL	PESO	70%	110%	
PISO AZ	295.379	206.76	324.91	EXCENTO
PISO 3	295.379	206.76	324.91	CUMPLE
PISO 2	292.257	204.57	321.47	CUMPLE

PISO 1	285.250	199.67	313.775	CUMPLE
--------	---------	--------	---------	--------

8. Ningún piso tiene un área, delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes verticales, mayor que 110% ni menor que 70% de la del piso inmediato inferior. El último piso de la construcción está exento de condiciones de área mínima. Además, el área de ningún entrepiso excede en más de 50% a la menor de los pisos inferiores.



PLANTAS SIMÉTRICAS

“CUMPLE”

9. En todos los pisos, todas las columnas están restringidas en dos direcciones ortogonales por diafragmas horizontales y por traveses o losas planas.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO A BASE DE MAMPOSTERÍA

“NO CUMPLE”

10. La rigidez y la resistencia al corte de cada entrepiso no excede en más de 50% a la del entrepiso inmediatamente inferior. El último entrepiso queda excluido de esta condición.

NIVEL	CASOS DE CARGA	CORTANTE X (tonf)	RIGIDEZ X (tonf)	CORTANTE Y (tonf)	RIGIDEZ Y (tonf)	CORTANTE	RIGIDECES
PISO AZ	SX, SY	43.48	641.752	72.96	966.17	EXCENTO	EXCENTO
PISO 3	SX, SY	74.78	866.74	125.63	1457.67	CUMPLE	CUMPLE
PISO 2	SX, SY	94.62	1129.09	158.27	2017.2	CUMPLE	CUMPLE
PISO 1	SX, SY	103	2227.58	172.87	3380.82	<b>NO CUMPLE</b>	CUMPLE

11. En cada entrepiso, la excentricidad torsional calculada estáticamente no excede en más de 10% su dimensión en planta, medida paralelamente a la excentricidad torsional.

Cálculo de la excentricidad torsional en la dirección X									
	YCM	YCR	en <sub>x</sub>	bn <sub>y</sub>	en <sup>+</sup>	en <sup>-</sup>	en <sub>diseño</sub>	10%	
Nivel	m	m	m	m	m	m	m		
PISO 1	3.5	3.2	0.2	6.82	0.3	-0.2	0.34	0.68	<b>CUMPLE</b>
PISO 2	3.5	3.3	0.2	6.82	0.3	-0.3	0.34	0.68	<b>CUMPLE</b>
PISO 3	3.5	3.5	-0.1	6.82	0.3	-0.4	-0.37	0.68	<b>CUMPLE</b>
PISO AZ	3.6	3.7	-0.2	6.82	0.3	-0.4	-0.43	0.68	<b>CUMPLE</b>

Cálculo de la excentricidad torsional en la dirección Y									
	XCM	XCR	en <sub>y</sub>	bn <sub>x</sub>	en <sup>+</sup>	en <sup>-</sup>	en <sub>diseño</sub>	10%	
Nivel	m	m	m	m	m	m	m		
PISO 1	18.0	18.0	0.0	35.99	1.8	-1.8	1.80	3.6	<b>CUMPLE</b>
PISO 2	18.0	18.0	0.0	35.99	1.8	-1.8	1.80	3.6	<b>CUMPLE</b>
PISO 3	18.0	18.0	0.0	35.99	1.8	-1.8	1.80	3.6	<b>CUMPLE</b>
PISO AZ	18.0	18.0	0.0	35.99	1.8	-1.8	1.80	3.6	<b>CUMPLE</b>

Como lo establece el MOC-2015, una estructura es irregular si no cumple con una o hasta tres de las condiciones de regularidad descritas anteriormente. Y se considerará fuertemente irregular si se cumple alguna de las condiciones siguiente:

\*La excentricidad torsional calculada estáticamente en algún entrepiso excede en más de 20% su dimensión en planta, medida paralelamente a la excentricidad.

\*La rigidez o resistencia al corte de algún entrepiso exceden en más de 100% a la del piso inmediatamente inferior.

\*No cumple simultáneamente con las condiciones 10 y 11 de regularidad.

\*No cumple con cuatro o más de las condiciones de regularidad descritas. ☒

Para fines de diseño se considera como una ESTRUCTURA MUY IRREGULAR, por lo que el espectro de diseño se afectará por un factor de  $\alpha=0.8$ .

**Figura 17**

*Factor correctivo por irregularidad*

<b>FACTOR CORRECTIVO <math>\alpha</math></b>	<b>TIPO DE IRREGULARIDAD</b>
0.9	Cuando no se cumpla una condición de regularidad enumeradas del 1 al 9 del inciso 3.3.2.1
0.8	Cuando no se cumplan dos o más condiciones de regularidad, o no se cumpla con la condición 10 o 11 de regularidad del inciso 3.3.2.1
0.7	Estructuras fuertemente irregulares

**NOTA:** Sacado de MOC-CFE 2015

#### 4.9.4 FACTOR POR REDUNDANCIA ( $\rho$ )

La redundancia de la estructura empleada fue de  $\rho=0.8$  para las dos direcciones de análisis.

**Figura 18**

*Factor por redundancia*

$\rho = 0.8$  cuando se cumplan los siguientes requisitos:

En estructuras con al menos dos marcos o líneas de defensa paralelas en la dirección de análisis, cuando se disponga de marcos de una sola crujía o estructuraciones equivalentes (un solo muro por línea de defensa paralela, etc.).

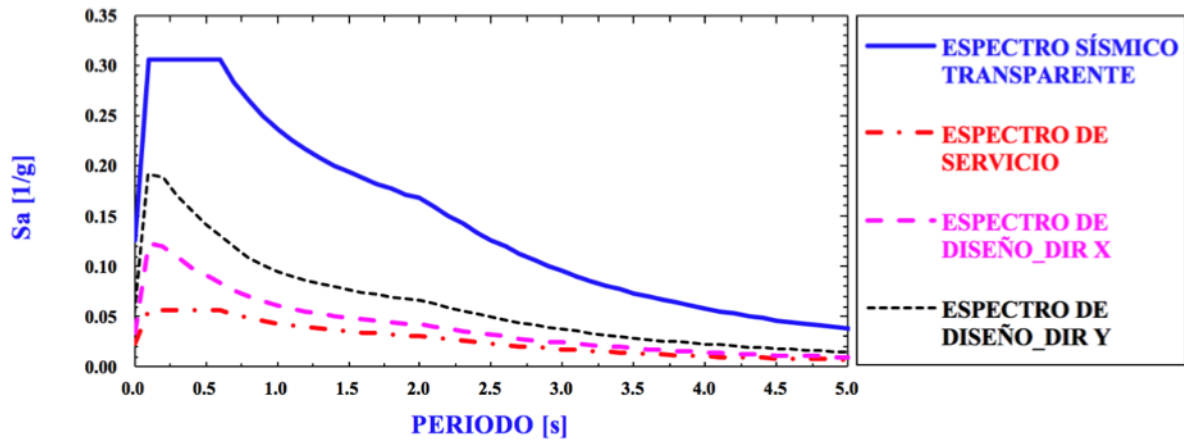
**NOTA:** Sacado de MOC-CFE 2015

RESUMEN DE DATOS:

		Dirección	
<b>Parámetro</b>		<b>X</b>	<b>Y</b>
Ductilidad	Q	2	2
Sobrerresistencia	$R_o$	2	2
Redundancia	$\rho$	1.25	0.8
Irregularidad	$\alpha$	0.8	0.8

Figura 19

*Espectro modificado para el límite de prevención del colapso*



#### 4.10 ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES

Las propiedades mecánicas de los materiales se muestran a continuación:

Para el presente proyecto se consideran las siguientes especificaciones de los materiales que serán utilizados para la elaboración del diseño estructural.

Para el cálculo del módulo de elasticidad,  $E_c$ , se está considerando concretos clase 1 del tipo estructural para agregados grueso calizo y se supondrá igual a:



Figura 20

Clases y propiedades de los concretos estructurales convencionales

Requerimiento (inciso de referencia)	Método de ensayo	Concreto Clase 1		Concreto Clase 2
		1A	1B	
Resistencia a la compresión, $f'_c$ (2.2.6)	NMX-C-083- ONNCCCE-2020	$25 \leq f'_c < 40$ MPa ( $250 \leq f'_c < 400$ kg/cm <sup>2</sup> )	$40 \leq f'_c \leq 70$ MPa ( $400 \leq f'_c \leq 700$ kg/cm <sup>2</sup> )	$20 \leq f'_c \leq 35$ MPa ( $200 \leq f'_c \leq 350$ kg/cm <sup>2</sup> )
Resistencia media a la tensión, $\bar{f}_t$ (2.2.7)	NMX-C-163- ONNCCCE-2019	$0.47\sqrt{f'_c}$ , en MPa ( $1.5\sqrt{f'_c}$ , en kg/cm <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concretos con agregado grueso calizo:                              <math>0.53\sqrt{f'_c}</math>, en MPa (<math>1.67\sqrt{f'_c}</math>, en kg/cm<sup>2</sup>)                         </li> <li>Concretos con agregado grueso basáltico:                              <math>0.47\sqrt{f'_c}</math>, en MPa (<math>1.50\sqrt{f'_c}</math>, en kg/cm<sup>2</sup>)                         </li> </ul>	$0.38\sqrt{f'_c}$ , en MPa ( $1.2\sqrt{f'_c}$ , en kg/cm <sup>2</sup> )
Resistencia media a la tensión por flexión o módulo de rotura, $\bar{f}_r$ (2.2.7)	NMX-C-191- ONNCCCE-2015	$0.63\sqrt{f'_c}$ , en MPa ( $2\sqrt{f'_c}$ , en kg/cm <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concretos con agregado grueso calizo:                              <math>0.85\sqrt{f'_c}</math>, en MPa (<math>2.70\sqrt{f'_c}</math>, en kg/cm<sup>2</sup>)                         </li> <li>Concretos con agregado grueso basáltico:                              <math>0.80\sqrt{f'_c}</math>, en MPa (<math>2.54\sqrt{f'_c}</math>, en kg/cm<sup>2</sup>)                         </li> </ul>	$0.44\sqrt{f'_c}$ , en MPa ( $1.4\sqrt{f'_c}$ , en kg/cm <sup>2</sup> )
Peso volumétrico en estado fresco (2.2.2)	NMX-C-162- ONNCCCE-2014	> 22 kN/m <sup>3</sup> (> 2 200 kg/m <sup>3</sup> )		$19 \leq$ peso vol. $\leq$ 22 kN/m <sup>3</sup> (1 900 $\leq$ peso vol. $\leq$ 2 200 kg/m <sup>3</sup> )
Módulo de elasticidad, $E_c$ (2.2.8)	NMX-C-128- ONNCCCE-2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concretos con agregado grueso calizo:                              <math>4\ 400\sqrt{f'_c}</math>, en MPa (<math>14\ 000\sqrt{f'_c}</math>, en kg/cm<sup>2</sup>)                         </li> <li>Concretos con agregado grueso basáltico:                              <math>3\ 500\sqrt{f'_c}</math>, en MPa (<math>11\ 000\sqrt{f'_c}</math>, en kg/cm<sup>2</sup>)                         </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concretos con agregado grueso calizo:                              <math>2\ 700\sqrt{f'_c} + 11\ 000</math>, en MPa (<math>8\ 500\sqrt{f'_c} + 110\ 000</math>, en kg/cm<sup>2</sup>)                         </li> <li>Concretos con agregado grueso basáltico:                              <math>2\ 700\sqrt{f'_c} + 5\ 000</math>, en MPa (<math>8\ 500\sqrt{f'_c} + 50\ 000</math>, en kg/cm<sup>2</sup>)                         </li> </ul>	$2\ 500\sqrt{f'_c}$ , en MPa ( $8\ 000\sqrt{f'_c}$ , en kg/cm <sup>2</sup> )
Contracción por secado, $\epsilon_{cs}$ (2.2.9)	NMX-C-173- ONNCCCE-2010	$\leq 0.001$	$\leq 0.0006$	$\leq 0.002$
Coefficiente de flujo plástico, $C_f$ (2.2.10)	ASTM C512/C512M-15	2		4
Aplicaciones		Debe utilizarse en: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cimentaciones y estructuras del grupo A, B1 y B2.</li> <li>• Estructuras con requerimientos de durabilidad.</li> </ul>		Es aceptable el uso en estructuras del grupo B2 que cumplan con todo lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Claros no mayores que 4 m</li> <li>• Altura total de no más de 5 m en dos niveles, sobre nivel de banqueta y</li> <li>• Estructuras de no más de 120 m<sup>2</sup> de construcción.</li> </ul>

NOTA: Sacado de NTC-M

Cimentación:

- Resistencia del concreto:  $f'_c=300$  kg/cm<sup>2</sup>
- Modulo de elasticidad del concreto:  $E_c= 242,487.11$  kg/cm<sup>2</sup> ( $14,000\sqrt{300}$ )

Trabes y vigas:

- Resistencia del concreto:  $f'_c=250$  kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad del concreto:  $E_c= 221,359.44$  kg/cm<sup>2</sup> ( $14,000\sqrt{250}$ )

Columnas y muros de corte:

- Resistencia del concreto:  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del concreto:  $E_c= 221,359.44 \text{ kg/cm}^2 \quad (14,000\sqrt{250})$

Acero de refuerzo en concreto Grado 42 para diámetros iguales o mayores de 3/8 (NMX-C-407-ONNCCE).

- Resistencia a la fluencia:  $F_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la ruptura:  $F_u= 5,500 \text{ kg/cm}^2$

**Figura 21**

*Requisitos de tensión para refuerzo ASTM A706*

Requisitos	Grado 42	Grado 56	Grado 70
Resistencia mínima a la tensión, MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	550 (5 600)	690 (7 000)	805 (8 190)
Esfuerzo de fluencia, mínimo, MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	420 (4 200)	550 (5 600)	690 (7 000)
Esfuerzo de fluencia, máximo, MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	540 (5 500)	675 (6 880)	815 (8 260)
Relación mínima entre la resistencia a la tensión real y el esfuerzo de fluencia real	1.25	1.25	1.17
Alargamiento a la fractura en 200 mm, mínimo, %			
Designación 3, 4, 5, 6	14	12	10
Designación 7, 8, 9, 10, 11	12	12	10
Designación 14, 18	10	10	10

**NOTA:** *Sacado de NTC-M*

Alambrón para diámetros de 1/4" (NTC-M-2020, NTC-M2023):

- Resistencia a la fluencia:  $F_y=2,530 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la ruptura:  $F_u= 6,000 \text{ kg/cm}^2$

Malla electrosoldada en concreto grado 52 para castillos y dalas de cerramientos:

- Resistencia a la fluencia:  $F_y=5,000 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la ruptura:  $F_u= 5,700 \text{ kg/cm}^2$

Mampostería confinada por pieza macizas: Bloques de concreto

**Figura 22**

*Peso volumétrico neto mínimo de piezas, es estado seco*

Tipo de pieza	Peso volumétrico, en kN/m <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )
Tabique macizo de arcilla artesanal	13 (1 300)
Tabique hueco de arcilla extruida o prensada	17 (1 700)
Bloque de concreto	17 (1 700)
Tabique macizo de concreto (tabicón)	15 (1 500)

**NOTA:** *Sacado de NTC-M*

## Figura 23

### Requisitos de tensión para refuerzo ASTM A706

Tabla 2.1.2.4 – Valores mínimos permitidos de  $f_p$

Tipo de pieza y material	$f_p$ MPa (kg/cm <sup>2</sup> )
Tabique macizo de arcilla artesanal	6 (60)
Tabique macizo o multiperforado de arcilla o de concreto	10 (100)
Tabique hueco de arcilla o de concreto	6 (60)
Bloque macizo o multiperforado de arcilla o de concreto	10 (100)
Bloque hueco de arcilla o de concreto	6 (60)

**NOTA:** Sacado de NTC-M

Peso volumétrico:	1,656.2 kg/m <sup>3</sup>
• resistencia de la pieza $f_p$	150 kg/cm <sup>2</sup>
• Resistencia a la compresión $f'_m$ :	90 kg/cm <sup>2</sup>
• Resistencia al corte:	$V'_m = 7$ kg/cm <sup>2</sup>

#### 4.11 ANÁLISIS SÍSMICO

Se utiliza un análisis dinámico modal para determinar los efectos del sismo sobre la estructura. Se realiza el modelo del edificio en un programa de análisis estructural. Con la realización de este modelo (en Etabs) se obtienen modos de vibrar, deformaciones, elementos mecánicos, desplazamientos y otros datos necesarios, que sirven para llevar a cabo la revisión de la caso práctico.

#### 4.12 COMBINACIONES Y FACTORES DE RESISTENCIA

Se muestran las posibles combinaciones de carga que estipulan las Normas Técnicas Complementarias de la Ciudad de México (NTC-MX) para un llevar a cabo un análisis dinámico modal en el cual se consideren cada una de las acciones a las que se verá sometida la estructura y así garantizar la seguridad estructural.

Combinaciones de carga para el estado límite de colapso

- Combinación 1: 1.5CM + 1.7CV<sub>máxima</sub>
- Combinación 2: 1.1 (CM + CV<sub>instant</sub> + SX + 0.30SY)
- Combinación 3: 1.1 (CM + CV<sub>instant</sub> + SX - 0.30SY)
- Combinación 4: 1.1 (CM + CV<sub>instant</sub> - SX + 0.30 SY)
- Combinación 5: 1.1 (CM + CV<sub>instant</sub> - SX - 0.30SY)
- Combinación 6: 1.1 (CM + CV<sub>instant</sub> + 0.30SX +SY)
- Combinación 7: 1.1 (CM + CV<sub>instant</sub> + 0.30SX - SY)

Combinaciones de carga para el estado límite de servicio

- Combinación 1: 1.0CM + 1.0CV<sub>máxima</sub>
- Combinación 2: 1.0 (CM + CV<sub>instant</sub> + SX + 0.30SY)
- Combinación 3: 1.0 (CM + CV<sub>instant</sub> + SX - 0.30SY)
- Combinación 4: 1.0 (CM + CV<sub>instant</sub> - SX + 0.30 SY)
- Combinación 5: 1.0 (CM + CV<sub>instant</sub> - SX - 0.30SY)
- Combinación 6: 1.0 (CM + CV<sub>instant</sub> + 0.30SX +SY)
- Combinación 7: 1.0 (CM + CV<sub>instant</sub> + 0.30SX - SY)

Combinación 8: 1.1 (CM + CV<sub>instant</sub> - 0.30SX +SY)

Combinación 8: 1.0 (CM + CV<sub>instant</sub> - 0.30SX +SY)

Combinación 9: 1.1 (CM + CV<sub>instant</sub> - 0.30SX - SY)

Combinación 9: 1.0 (CM + CV<sub>instant</sub> - 0.30SX - SY)

## 5.0 RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS (REVISIONES REGLAMENTARIAS) 0.5 Ig

#### 5.1.1 PERIODOS DE LA ESTRUCTURA Y LA REVISIÓN DE LA PARTICIPACIÓN MODAL 0.5 Ig

En el MOC-2015, especifica que cuando se realiza un análisis dinámico modal se deberán incluir los efectos de los modos naturales que sean necesarios para que la suma de las masas modales efectivas en cada dirección de análisis sea mayor o igual a 90% de la masa total de la estructura.

**Tabla 4**

*Porcentajes de la participación modal de las cargas (Etabs)*

Caso	ItemType	eje	Estático	Dinámico
			%	%
Modal	Acceleration	UX	100	100
Modal	Acceleration	UY	100	100
Modal	Acceleration	UZ	0	0

**Tabla 5**

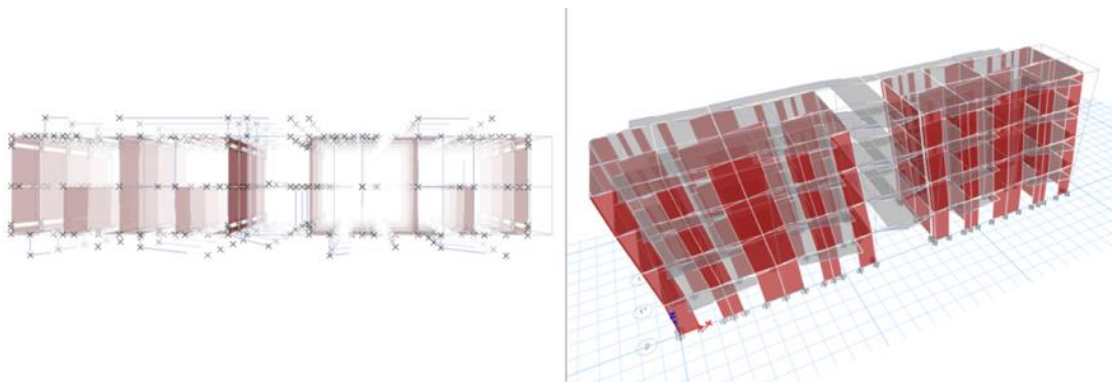
*Participación modal de las masas (Etabs)*

Case	Modo	Periodo	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	SumRX	SumRY	SumRZ
		sec									
Modal	1	0.278	0.7798	0	0	0.7798	0	0	0	0.3005	0.0000 1651
Modal	2	0.205	0	0.7806	0	0.7798	0.7806	0	0.3	0.3005	0.0000 4693
Modal	3	0.19	0.0001	0.0000 2988	0	0.7799	0.7806	0	0.3	0.3005	0.7832
Modal	4	0.074	0.1561	0	0	0.936	0.7806	0	0.3	0.8181	0.7832
Modal	5	0.057	0	0.1802	0	0.936	0.9608	0	0.86 88	0.8181	0.7832
Modal	6	0.053	0.0001	0.0000 08989	0	0.9361	0.9608	0	0.86 88	0.8183	0.96
Modal	7	0.036	0.0487	0	0	0.9848	0.9608	0	0.86 88	0.9476	0.9601

Modal	8	0.03	0	0.0329	0	0.9848	0.9936	0	0.9745	0.9476	0.9601
Modal	9	0.028	0.0001	0.0000 01702	0	0.9849	0.9936	0	0.9745	0.9477	0.9933
Modal	10	0.024	0.015	0	0	0.9999	0.9936	0	0.9745	0.9997	0.9934
Modal	11	0.023	0	0.0064	0	0.9999	1	0	1	0.9997	0.9934
Modal	12	0.022	0.0001	0	0	1	1	0	1	1	1

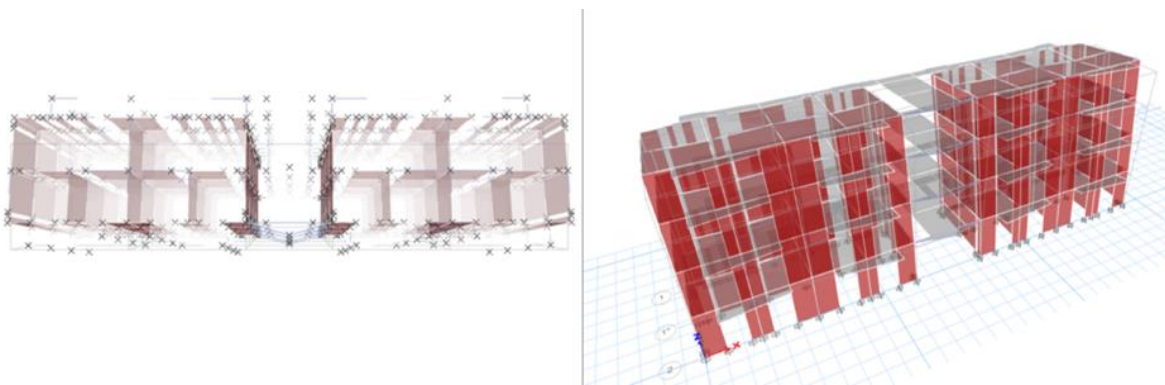
**Figura 24**

*Modo de vibrar 1 (T=0.278, Etabs)*



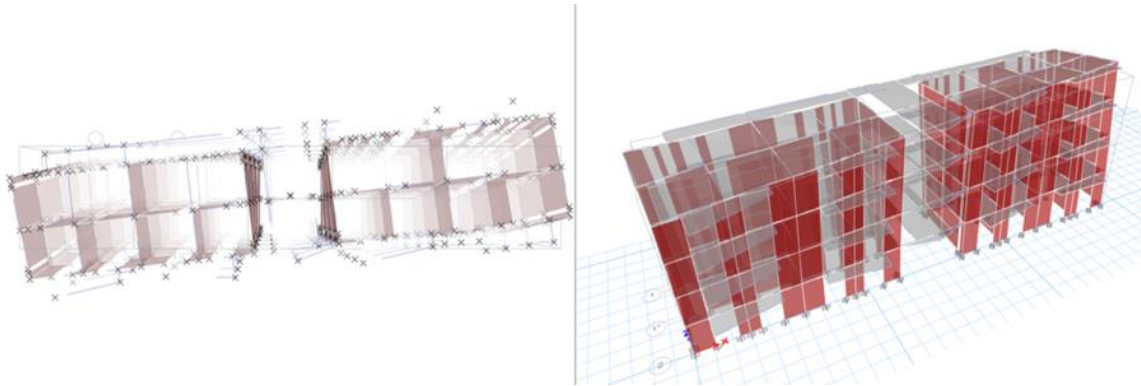
**Figura 25**

*Modo de vibrar 2 (T=0.205, Etabs)*



**Figura 26**

*Modo de vibrar 3 (T=0.19, Etabs)*



### 5.1.2 REVISIÓN DEL CORTANTE BASAL MÍNIMO 0.5 I<sub>g</sub>

Si con el método dinámico aplicado se encuentra que, en la dirección considerada, la relación  $V_0/W_T$  es menor que  $0.7a(T_{e0},\beta)/[Q(T_{e0},Q)R(T_{e0},R_0)\rho]$ , se incrementarán todas las fuerzas de diseño y desplazamientos laterales correspondientes en una proporción tal que  $V_0/W_T$  iguale a ese valor.

<b>Dirección X</b>		<b>Dirección Y</b>	
T=	0.278 s	T=	0.205 s
Q´=	1.10	Q´=	1.28
R=	2.00	R=	2.00
ρ=	1.25	ρ=	0.80
W <sub>T</sub> =	1210 Ton	W <sub>T</sub> =	1210 Ton
a=	0.3060	a=	0.3060
V_estático=	94 Ton	V_estático=	126.6 Ton
V_dinámico=	103.0 Ton	V_dinámico=	172.7 Ton
Factor Escala	1.0000	Factor Escala	1.0000

### 5.1.3 DISTORSIONES PERMISIBLES 0.5 I<sub>g</sub>

Para la revisión de las distorsiones de entrepiso, se consideró que todos los elementos no estructurales están perfectamente desligados de la estructura.

### 5.1.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO 0.5 I<sub>g</sub>

Para el estado límite de servicio, los desplazamientos laterales se restringieron a un valor de 0.004, considerando todos los elementos desligados de la estructura principal.

**Figura 27**

*Desplazamientos horizontales por limitación de daños a elementos no estructurales*

Las diferencias entre los desplazamientos laterales de pisos consecutivos debidos a las fuerzas cortantes horizontales, calculadas con alguno de los métodos de análisis sísmico para las ordenadas espectrales del estado límite de servicio que se describe en el inciso 3.3.1.7, no excederán a 0.002 veces las diferencias de elevaciones correspondientes, salvo que no haya elementos incapaces de soportar deformaciones apreciables, como los muros de mampostería, o estos estén separados de la estructura principal de manera que no sufran daños por sus deformaciones. En este caso, el límite será de 0.004.

**NOTA:** Sacado del MOC-CFE

**Tabla 6**

*Desplazamientos y distorsiones (Etabs)*

	DESPLAZAMIENTOS					DISTORSIONES			
	X max	Y max	X min	Y min	h	X max	Y max	X min	Y min
PISO AZ	0.1455	0.418	-0.7755	-0.1045	320	0.0004547	0.001306	0.00242	0.000327
PISO3	0.1105	0.2915	-0.59125	-0.088	320	0.0003453	0.000911	0.00185	0.000275
PISO2	0.0665	0.165	-0.3575	-0.0605	320	0.0002078	0.000516	0.00112	0.000189
PISO1	0.0235	0.0605	-0.1265	-0.0275	320	7.344E-05	0.000189	0.0004	8.59E-05
Base	0	0	0	0	320	0	0	0	0

Datos para revisión:

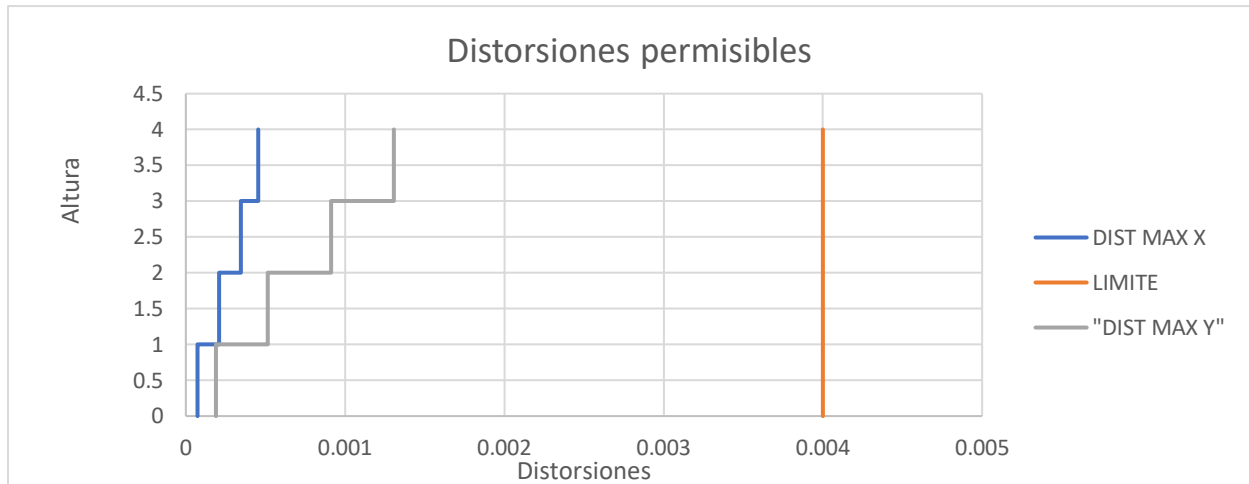
$$Q' = 1.1$$

*distorsiones < distorsión límite*

R=2

P=1.25

Distorsión Límite: 0.004



### 5.1.1.5 ESTADO LÍMITE DE COLAPSO 0.5 I<sub>g</sub>

Se verifica que la estructura no alcance el estado límite para las distorsiones máximas de entrepiso por desplazamientos horizontales para la seguridad contra colapso limitando a un valor de 0.006 como se observa en la Figura 24. Dado que no aparece el sistema dual formado por marcos de acero y muros de concreto, se opta por limitar la distorsión al valor antes mencionado para una ductilidad  $Q=2$ , con base a la NTCS-2020, en donde si aparece esa estructuración dual.



**Figura 28**

*Distorsiones permisibles de entrepiso para el estado límite de colapso para las dos direcciones de análisis.*

SISTEMA ESTRUCTURAL	Q	DISTORSIÓN
Marcos dúctiles de concreto reforzado	4	0.030
	3	0.025
Marcos dúctiles de acero	4	0.030
	3	0.025
Marcos dúctiles de sección compuesta de acero y concreto reforzado	4	0.030
	3	0.020
Marcos de acero, de concreto reforzado o compuestos de ambos materiales con ductilidad intermedia	1.25	0.008
Marcos de acero, de concreto reforzado o compuestos de ambos materiales con ductilidad limitada	2	0.015
Marcos con losas planas sin muros o contravientos	2	0.015
Marcos de acero con contravientos excéntricos	4	0.020
Marcos de acero, de concreto reforzado o compuestos de ambos materiales con contravientos concéntricos	3	0.015
Muros combinados con marcos dúctiles de concreto reforzado, o de placa de acero, o compuestos con los dos materiales o muros de madera contrachapada	3	0.015
Muros de carga de mampostería confinada de piezas macizas con refuerzo horizontal o malla	2	0.008
Muros de carga de mampostería confinada de piezas macizas; mampostería de piezas huecas confinada y reforzada horizontalmente o mampostería de piezas huecas confinada y reforzada con malla	2	0.006
Muros diafragma	2	0.006
Muros de carga de mampostería combinada y confinada	2	0.004
Muros de carga de mampostería de piezas huecas con refuerzo interior, o muros de madera de duela	1.5	0.004
Muros combinados con marcos de concreto reforzado con ductilidad limitada	1.5	0.010
Muros de carga de mampostería confinada de bloques huecos de concreto	1.25	0.003
Muros de carga de mampostería que no cumplan las especificaciones para mampostería confinada ni para mampostería reforzada interiormente	1.25	0.002

**NOTA:** Sacado de NTC-M

	DESPLAZAMIENTOS					DISTORSIONES			
	X max	Y max	X min	Y min	h	X max	Y max	X min	Y min
PISO AZ	0.291	0.152	-0.282	-0.038	320	0.00455	0.002375	0.00440625	0.00059375
PISO3	0.221	0.106	-0.215	-0.032	320	0.00345	0.00165625	0.00335938	0.0005
PISO2	0.133	0.06	-0.13	-0.022	320	0.00208	0.0009375	0.00203125	0.00034375
PISO1	0.047	0.022	-0.046	-0.01	320	0.00073	0.00034375	0.00071875	0.00015625
Base	0	0	0	0	320	0	0	0	0

Datos para revisión:

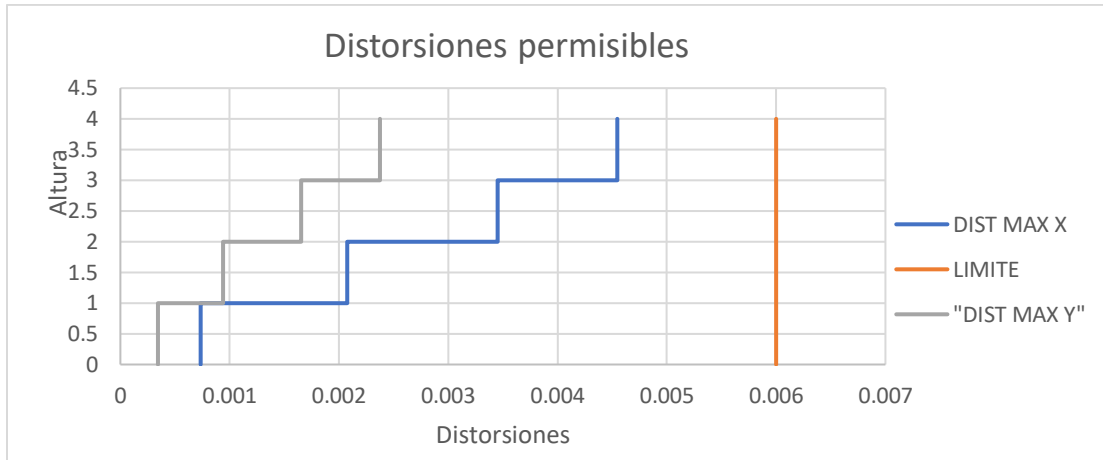
Q= 2

R=2

P=1.25

*distorsiones < distorsión límite*

Distorsión Límite: 0.006



### 5.1.6 REVISIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS 0.5 Ig

Los desplazamientos laterales se obtuvieron del análisis con las fuerzas sísmicas de diseño, y se consideró la mayor distorsión calculada para cada elemento o subsistema vertical contenido en el entrepiso (marcos, muros y cualquier elemento vertical).

Se revisó que la rigidez lateral de la estructura fuera suficiente para cumplir con:

- 1.- Estado límite de seguridad contra colapso. =  $distorsion * Q * R * \rho$
- 2.- Limitación de daños ante sismos frecuentes. =  $\frac{distorsion}{5.5}$

### Figura 29

*Espectro de diseño para el estado límite de servicio*

De acuerdo con la filosofía de este Capítulo, el espectro de diseño transparente debe dividirse por el factor de servicio  $F_{ser} = 5.5$ . Si se considera el comportamiento histerético degradante, su representación es la siguiente:

$$a' = \frac{a(T_c, \beta) A_{cd}(T_c)}{5.5}$$

Los desplazamientos laterales que se calculen con las ordenadas del espectro para el estado límite de servicio serán desplazamientos totales.

**NOTA:** Sacado del MOC-CFE

5.1.7 DISEÑO ESTRUCTURAL 0.5 Ig

5.1.8 DISEÑO DE MUROS 0.5 Ig

DISEÑO DE MURO CONFORME A LAS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERIA 2020

Revisión de muro : **A-02**

L = 38 cm

t = 15 cm

H = 320 cm

**TABIMAX 15**

f 'm = 90 kg/cm<sup>2</sup>

v 'm = 7 kg/cm<sup>2</sup>

MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Cargas de corta Duración	Cargas sostenidas
72000 kg/cm <sup>2</sup>	31500 kg/cm <sup>2</sup>

Elementos Mecánicos (Etabs):

Pu =	8.34 ton
Vu =	1.03 ton
Mu =	1.68 ton-m

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MUROS CONFINADOS ( 5.3.1 NTCDCEM 2020)

La carga vertical resistente PR, se calculará como :

$$P_R = F_R F_E (f'_m A_T +) \sum A_s f_y$$

$$A_T = 569 \text{ cm}^2 \quad (\text{área bruta de la sección transversal del muro , incluye los castillos})$$

$$A_s = 0.00 \text{ cm}^2$$

$$F_R = 0.6$$

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_R = 36.60 \text{ ton}$$

$$P_u = 8.34 \text{ ton}$$

>

ok

FUERZA CORTANTE RESISTIDA POR LA MAMPOSTERÍA (5.4.2 NTCDCEM 2020)

La fuerza cortante de diseño debida a la mampostería  $V_{MR}$  , se calculará con:

$$V_{mR} = F_R [0.5 v'_m A_T + 0.3P f] \leq 1.5F_R v'_m A_T f$$

$$f = \begin{cases} 1.5 & \text{si } \frac{H}{L} \leq 0.2 \\ 1.0 & \text{si } \frac{H}{L} \leq 1.0 \end{cases}$$

$$F_R = 0.7$$

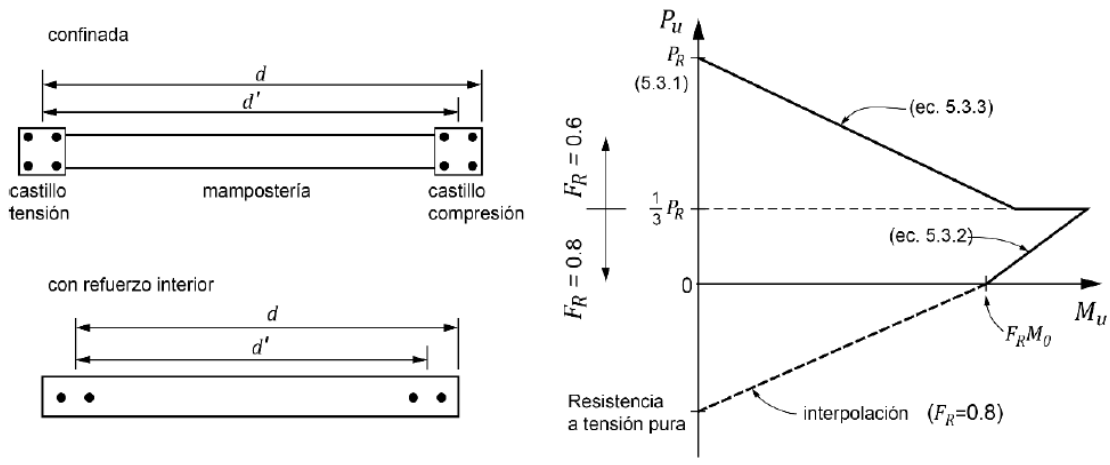
$$V_{mR} = 2.99 \text{ ton} > V_u = 1.03 \text{ ton} \quad \text{ok}$$

### RESISTENCIA A FLEXOCOMPRESIÓN EN EL PLANO DEL MURO (5.3.2 NTCDCEM 2020)

#### Método optativo (5.3.2.2 NTCDCEM 2020)

Para los muros con barras longitudinales colocadas simétricamente en los castillos extremos, ya sean éstos extremos o internos, las fórmulas simplificadas siguientes dan valores suficientemente aproximados y también conservadores del momento flexionante resistente de diseño.

El momento flexionante resistente de diseño de la sección, se calculará de acuerdo a:



$$M_R = F_R M_0 + 0.3P_u d \text{ si } 0 \leq P_u \leq \frac{P_R}{3}$$

$$M_R = (1.5F_R M_0 + 0.15P_R d) \left(1 - \frac{P_u}{P_R}\right) \text{ si } P_u > \frac{P_R}{3}$$

donde:

$M_0 = A_s f_y d'$  resistencia a flexión pura del muro.

$A_s$  área total de acero de refuerzo longitudinal colocada en los castillos.

$d'$  distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos del muro.

$d$  distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra de compresión máxima

$P_u$  carga axial de diseño a compresión.

$F_R$  se tomará igual a 0.8 si  $P_u \leq \frac{P_R}{3}$  e igual a 0.6 en caso contrario.

$$M_R =$$

6.66 ton

>

$$M_U =$$

1.68 ton-m

ok

### 5.1.9 DISEÑO DE TRABES 0.5 lg

#### DISEÑO DE TRABES RECTANGULARES DE CONCRETO REFORZADO PARA DUCTILIDAD BAJA Q=2 (NTCC-2020)

##### 1.- GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Base [cm]:	b =	15.0
Peralte [cm]:	h =	30.0
Peralte efectivo[cm]:	d =	25.0
Recubrimiento [cm]:	r =	5.0
Factor de resistencia a flexión	$F_R =$	0.9

##### 3.- PROPIEDADES DEL ACERO

Esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo longitudinal  
 $f_y =$  4200 kgf/cm<sup>2</sup>

Esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo transversal  
 $f_y =$  4200 kgf/cm<sup>2</sup>

##### 2.- PROPIEDADES DEL CONCRETO

Resistencia especificada del concreto a compresión:

$$f'_c = 250 \text{ kgf/cm}^2$$

Magnitud del bloque equivalente de esfuerzos del bloque de compresión:

$$f_c'' = 212.5 \text{ kgf/cm}^2$$

Factor que especifica la profundidad del bloque equivalente de esfuerzos a compresión:

$$\beta_1 = 0.850$$

##### 4.- DISEÑO A FLEXIÓN

$$q = 1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{F_R b d^2 f'_c}}$$

$$\rho = \frac{q f'_c}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{f_y} =$$

0.0026

Cuantía del acero de refuerzo longitudinal a tensión máxima y mínima

$$\rho_{max} = 0.90 \frac{f'_c}{f_y} \frac{6000 \beta_1}{f_y + 6000} =$$

0.0228

Extremos			Centro		
Momento Negativo			Momento Negativo		
Mu(-) =	4.16	Ton-m	Mu(-) =	4.16	Ton-m
q =	0.2680		q =	0.2680	
$\rho =$	0.0136	!OK!	$\rho =$	0.0136	!OK!
As =	5.08	cm <sup>2</sup>	As =	5.08	cm <sup>2</sup>
db =	1/2	in	db =	1/2	in
#Varillas =	5.00		#Varillas =	5.00	

Momento Positivo			Momento Positivo		
Mu(+)	= 2.56	Ton-m	Mu(+)	= 2.56	Ton-m
q	= 0.1544		q	= 0.1544	
$\rho$	= 0.0078	!OK!	$\rho$	= 0.0078	!OK!
As	= 2.93	cm <sup>2</sup>	As	= 2.93	cm <sup>2</sup>
db	= 1/2	in	db	= 1/2	in
#Varillas	= 3.00		#Varillas	= 3.00	

**DISEÑO DE TRABES RECTANGULARES DE CONCRETO REFORZADO PARA DUCTILIDAD BAJA**  
**Q=2 (NTCC-2020)**

**5.- DISEÑO A CORTANTE**

Claro [m] :	L=	3.5	m
Factor de resistencia a Cortante :	F <sub>R</sub> =	0.75	
Cortante último de diseño [Ton]:	V <sub>u</sub> =	6.16	Ton
Diámetro del estribo [in]:	db <sub>estribo</sub> =	3/8	in

Separación de estribos por confinamiento

	$V_u < 2.5F_R\sqrt{f'_c}bd$	
	$V_u > 1.5F_R\sqrt{f'_c}bd$	Cumple
<i>si</i>		S <sub>1</sub> =0.25d
	$V_u < 1.5F_R\sqrt{f'_c}bd$	
<i>si</i>		S <sub>1</sub> =0.5d

Separación de estribos por refuerzo mínimo  $S_2 = \frac{A_v f_y}{0.3\sqrt{f'_c}b}$

Separación de estribos por refuerzo para fuerza cortante  $S_3 = \frac{FR A_v f_y d}{V_u - V_{cR}}$

Fuerza cortante que toma el concreto   
 si  $\rho < 0.015$   $V_{cR} = F_R(0.2 + 20\rho)\sqrt{f'_c}bd$    
 si  $\rho \geq 0.015$   $V_{cR} = F_R 0.5\sqrt{f'_c}bd$

Extremos		Centro	
$\rho$	= 0.0169	$\rho$	= 0.0101
V <sub>u</sub>	= 6159 kgf	V <sub>u</sub>	= 6159 kgf
#Ramas	= 2	#Ramas	= 2
V <sub>CR</sub>	= 2223.5 kgf	V <sub>CR</sub>	= 1790.71 kgf
S <sub>1</sub>	= 12.5 cm	S <sub>1</sub>	= 12.5 cm
S <sub>2</sub>	= 12.5 cm	S <sub>2</sub>	= 12.5 cm
S <sub>3</sub>	= 28.5 cm	S <sub>3</sub>	= 25.7 cm
S final	= 10 cm	S final	= 10 cm

**6.- DISEÑO POR CAMBIOS VOLUMÉTRICOS**

Altura libre de para el refuerzo por temperatura:	$y_1 =$	20	cm
Diámetro del refuerzo por temperatura:	$db_{\text{Temperatura}} =$	3/8	in
Área la varilla del refuerzo por temperatura:	$as =$	0.71	cm <sup>2</sup>
Área transversal del refuerzo por temperatura:		0.020	cm <sup>2</sup> /cm
Separación del refuerzo por temperatura:	$a_{s1} = \frac{660 x_1}{f_y(x_1+100)} =$	30.00	cm
$E = \frac{y_1}{s_v} =$	$S_v = \frac{100Av}{h a_{s1}} =$		
Espacios	1		
# Varillas por Ramas :	0		

## 5.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS 0.35 Ig

### 5.2.1 PERIODOS DE LA ESTRUCTURA Y LA REVISIÓN DE LA PARTICIPACIÓN MODAL 0.35 Ig

En el MOC-2015, especifica que cuando se realiza un análisis dinámico modal se debe incluir el efecto de los modos naturales que sean necesarios para que la suma de las masas modales efectivas en cada dirección de análisis sea mayor o igual a 90% de la masa total de la estructura.

**Tabla 7**

*Porcentajes de la participación modal de las cargas (Etabs)*

Caso	ItemType	eje	Estático %	Dinámico %
Modal	Acceleration	UX	100	100
Modal	Acceleration	UY	100	100
Modal	Acceleration	UZ	0	0

**Tabla 8**

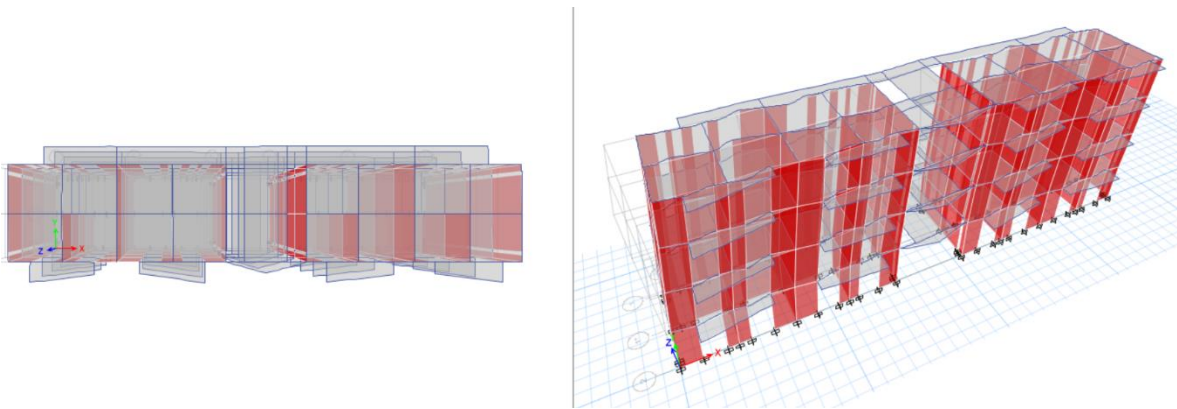
*Participación modal de las masas (Etabs)*

Case	Modo	Periodo	UX	UY	UZ	SumU X	SumU Y	Sum UZ	SumR X	SumR Y	Sum RZ
		sec									
Modal	1	0.304	0.7699	0	0	0.7699	0	0	0	0.3109	0.00003254

Modal	2	0.207	0	0.7796	0	0.7699	0.7796	0	0.3003	0.3109	0.0000346
Modal	3	0.192	0.00001343	0.00003083	0	0.77	0.7796	0	0.3003	0.3109	0.7814
Modal	4	0.077	0.1636	0	0	0.9336	0.7796	0	0.3003	0.8107	0.7814
Modal	5	0.057	0	0.181	0	0.9336	0.9607	0	0.8683	0.8107	0.7814
Modal	6	0.053	0.0001	0.000008676	0	0.9337	0.9607	0	0.8683	0.8109	0.9599
Modal	7	0.037	0.0503	0	0	0.984	0.9607	0	0.8683	0.9459	0.9599
Modal	8	0.03	0	0.0329	0	0.984	0.9936	0	0.9745	0.9459	0.9599
Modal	9	0.028	0.0001	0.00000158	0	0.9841	0.9936	0	0.9745	0.9461	0.9933
Modal	10	0.024	0.0158	0	0	0.9999	0.9936	0	0.9745	0.9996	0.9933
Modal	11	0.023	0	0.0064	0	0.9999	1	0	1	0.9996	0.9933
Modal	12	0.022	0.0001	0	0	1	1	0	1	1	1

**Figura 30**

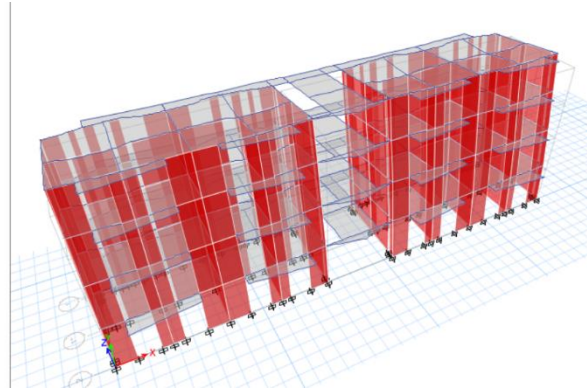
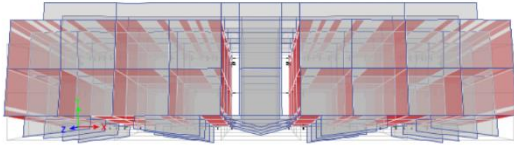
*Modo de vibrar 1 (T=0.3036, Etabs)*





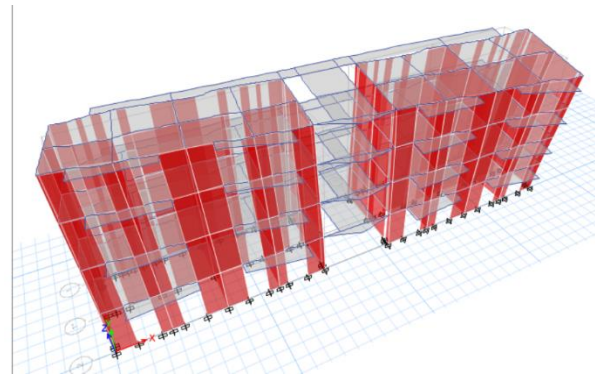
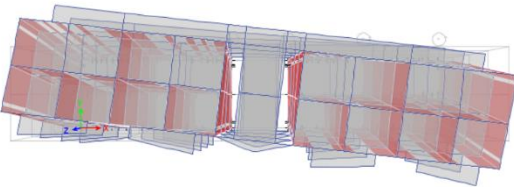
**Figura 31**

*Modo de vibrar 2 (T=0.2070, Etabs)*



**Figura 32**

*Modo de vibrar 3 (T=0.1917, Etabs)*



### 5.2.2 REVISIÓN DEL CORTANTE BASAL MÍNIMO 0.35 $I_g$

Si con el método dinámico aplicado se encuentra que, en la dirección considera, la relación  $V_o/W_T$  es menor que  $0.7a(T_{e0},\beta)/[Q(T_{e0},Q)R(T_{e0},R_o)\rho]$ , se incrementarán todas las fuerzas de diseño y desplazamientos laterales correspondientes en una proporción tal que  $V_o/W_T$  iguale a ese valor.

	<b>Dirección X</b>		<b>Dirección Y</b>
T=	0.278 s	T=	0.205 s
Q´=	1.10	Q´=	1.28
R=	2.00	R=	2.00
$\rho$ =	1.25	$\rho$ =	0.80
$W_T$ =	1210 Ton	$W_T$ =	1210 Ton
a=	0.3060	a=	0.3060

V\_estático= 94 Ton  
 V\_dinámico= 100.37 Ton  
 Factor Escala 1.0000

V\_estático= 126.6 Ton  
 V\_dinámico= 173.86 Ton  
 Factor Escala 1.0000

### 5.2.3 DISTORSIONES PERMISIBLES 0.35 Ig

Para la revisión de las distorsiones de entrepiso, se consideró que todos los elementos no estructurales están perfectamente desligados de la estructura.

### 5.2.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO 0.35 Ig

Para el estado límite de servicio, los desplazamientos laterales se restringieron a un valor de 0.004, considerando todos los elementos desligados de la estructura principal.

#### Figura 33

*Desplazamientos horizontales por limitación de daños a elementos no estructurales*

Las diferencias entre los desplazamientos laterales de pisos consecutivos debidos a las fuerzas cortantes horizontales, calculadas con alguno de los métodos de análisis sísmico para las ordenadas espectrales del estado límite de servicio que se describe en el inciso 3.3.1.7, no excederán a 0.002 veces las diferencias de elevaciones correspondientes, salvo que no haya elementos incapaces de soportar deformaciones apreciables, como los muros de mampostería, o estos estén separados de la estructura principal de manera que no sufran daños por sus deformaciones. En este caso, el límite será de 0.004.

**NOTA:** Sacado del MOC-CFE

**Tabla 9**

*Desplazamientos y distorsiones (Etabs)*

	DESPLAZAMIENTOS					DISTORSIONES			
	X max	Y max	X min	Y min	h	X max	Y max	X min	Y min
PISO					32	0.001005	0.003188	0.000850	
AZ	0.117	0.371	-0.099	-0.224	0	47	28	78	0.001925
PISO3					32	0.000747	0.002320	0.000635	0.001460
	0.087	0.27	-0.074	-0.17	0	66	31	94	94
PISO2					32	0.000438	0.001357	0.000378	0.000902
	0.051	0.158	-0.044	-0.105	0	28	81	13	34
PISO1					32	0.000154	0.000515	0.000128	0.000360
	0.018	0.06	-0.015	-0.042	0	69	63	91	94

Base	0	0	0	0	32	0	0	0	0
					0				

Datos para revisión:

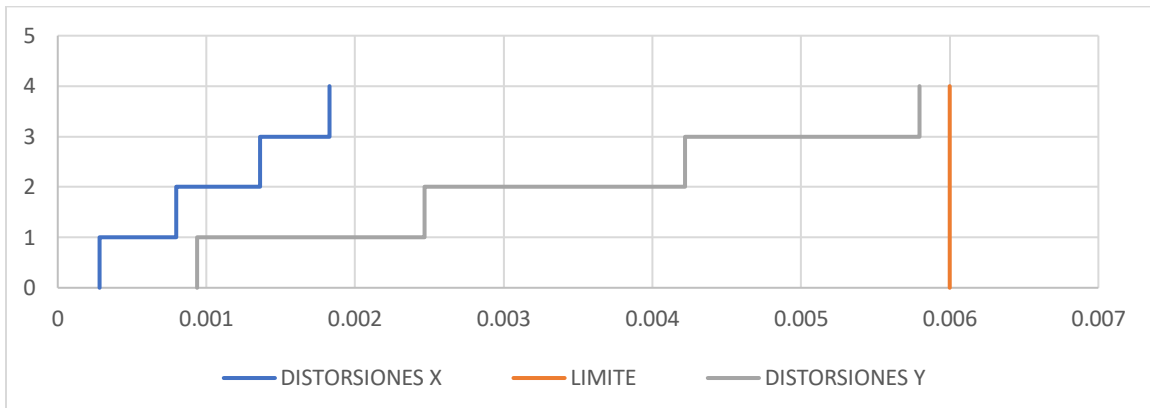
R=2

P=1.25

Distorsión Límite: 0.004

$Q' = 1.1$

*distorsiones < distorsión límite*



### 5.2.5 ESTADO LÍMITE DE COLAPSO 0.35 Ig

Se verificó que la estructura no alcance el estado límite para las distorsiones máximas de entrepiso por desplazamientos horizontales para la seguridad contra colapso limitando a un valor de 0.006 como se observa en la Figura 24. Dado que no aparece el sistema dual formado por marcos de acero y muros de concreto, se opta por limitar la distorsión al valor antes mencionado para una ductilidad  $Q=2$ , con base a la NTCS-2023, en donde si aparece esa estructuración dual.

Figura 34

Distorsiones permisibles de entrepiso para el estado límite de colapso para las dos direcciones de análisis.

SISTEMA ESTRUCTURAL	Q	DISTORSIÓN
Marcos dúctiles de concreto reforzado	4	0.030
	3	0.025
Marcos dúctiles de acero	4	0.030
	3	0.025
Marcos dúctiles de sección compuesta de acero y concreto reforzado	4	0.030
	3	0.020
Marcos de acero, de concreto reforzado o compuestos de ambos materiales con ductilidad intermedia	1.25	0.008
Marcos de acero, de concreto reforzado o compuestos de ambos materiales con ductilidad limitada	2	0.015
Marcos con losas planas sin muros o contravientos	2	0.015
Marcos de acero con contravientos excéntricos	4	0.020
Marcos de acero, de concreto reforzado o compuestos de ambos materiales con contravientos concéntricos	3	0.015
Muros combinados con marcos dúctiles de concreto reforzado, o de placa de acero, o compuestos con los dos materiales o muros de madera contrachapada	3	0.015
Muros de carga de mampostería confinada de piezas macizas con refuerzo horizontal o malla	2	0.008
Muros de carga de mampostería confinada de piezas macizas; mampostería de piezas huecas confinada y reforzada horizontalmente o mampostería de piezas huecas confinada y reforzada con malla	2	0.006
Muros diafragma	2	0.006
Muros de carga de mampostería combinada y confinada	2	0.004
Muros de carga de mampostería de piezas huecas con refuerzo interior, o muros de madera de duela	1.5	0.004
Muros combinados con marcos de concreto reforzado con ductilidad limitada	1.5	0.010
Muros de carga de mampostería confinada de bloques huecos de concreto	1.25	0.003
Muros de carga de mampostería que no cumplan las especificaciones para mampostería confinada ni para mampostería reforzada interiormente	1.25	0.002

NOTA: Sacado de NTC-M

	DESPLAZAMIENTOS					DISTORSIONES			
	X max	Y max	X min	Y min	h	X max	Y max	X min	Y min
PISO AZ	0.117	0.371	-0.099	-0.224	320	0.00455	0.00182813	0.00579688	0.00154688
PISO3	0.087	0.27	-0.074	-0.17	320	0.00345	0.00135938	0.00421875	0.00115625
PISO2	0.051	0.158	-0.044	-0.105	320	0.00208	0.00079688	0.00246875	0.0006875
PISO1	0.018	0.06	-0.015	-0.042	320	0.00073	0.00028125	0.0009375	0.00023438
Base	0	0	0	0	320	0	0	0	0

Datos para revisión:

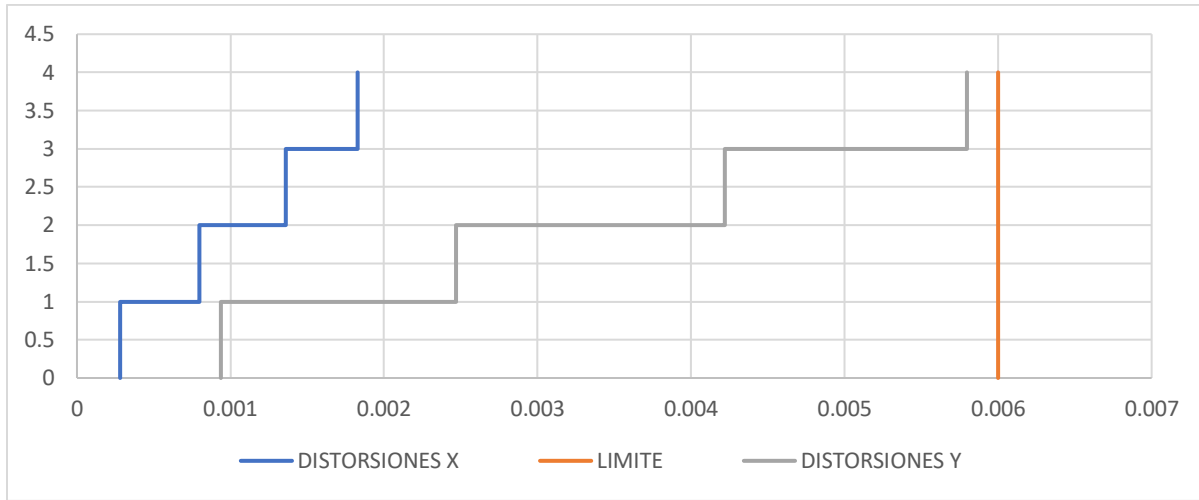
Q= 2

R=2

P=1.25

*distorsiones < distorsión límite*

Distorsión Límite: 0.006



### 5.2.6 REVISIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS 0.35 Ig

Los desplazamientos laterales se obtuvieron del análisis con las fuerzas sísmicas de diseño, y se consideró la mayor distorsión calculada para cada elemento o subsistema vertical contenido en el entrepiso (marcos, muros y cualquier elemento vertical).

Se revisó que la rigidez lateral de la estructura fuera suficiente para cumplir con:

- 1.- Estado límite de seguridad contra colapso. =  $distorsion * Q * R * \rho$
- 2.- Limitación de daños ante sismos frecuentes. =  $\frac{distorsion}{5.5}$

**Figura 35**

*Espectro de diseño para el estado límite de servicio*

De acuerdo con la filosofía de este Capítulo, el espectro de diseño transparente debe dividirse por el factor de servicio  $F_{ser} = 5.5$ . Si se considera el comportamiento histerético degradante, su representación es la siguiente:

$$a' = \frac{a(T_c, \beta) A_{cd}(T_c)}{5.5}$$

Los desplazamientos laterales que se calculen con las ordenadas del espectro para el estado límite de servicio serán desplazamientos totales.

**NOTA:** Sacado del MOC-CFE

### 5.2.7 DISEÑO ESTRUCTURAL 0.35 Ig

### 5.2.8 DISEÑO DE MUROS 0.35 Ig

#### DISEÑO DE MURO CONFORME A LAS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA 2023

Revisión de muro : A-02

L = 38 cm

t = 15 cm

H = 300 cm

#### TABIMAX 15

f 'm = 90 kg/cm<sup>2</sup>

v 'm = 7 kg/cm<sup>2</sup>

MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Cargas de corta Duración	Cargas sostenidas
72000 kg/cm <sup>2</sup>	31500 kg/cm <sup>2</sup>

#### Elementos Mecánicos :

P<sub>u</sub> = 6.32 ton

V<sub>u</sub> = 1.90 ton

M<sub>u</sub> = 2.87 ton-m

#### RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MUROS CONFINADOS ( 5.3.1 NTCDCEM 2023)

La carga vertical resistente P<sub>R</sub>, se calculará como :

$$P_R = F_R F_E (f'_m A_T +) \sum A_s f_y$$

A<sub>T</sub> = 569 cm<sup>2</sup> (área bruta de la sección transversal del muro , incluye los castillos)

A<sub>s</sub> = 10.16 cm<sup>2</sup>

F<sub>R</sub> = 0.6

f<sub>y</sub> = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

**P<sub>R</sub> = 36.60 ton**

**P<sub>u</sub> = 6.32 ton**

>

ok

#### FUERZA CORTANTE RESISTIDA POR LA MAMPOSTERÍA (5.4.2 NTCDCEM 2023)

La fuerza cortante de diseño debida a la mampostería V<sub>MR</sub> , se calculará con:

$$V_{mR} = F_R [0.5 v'_m A_T + 0.3P f] \leq 1.5F_R v'_m A_T f$$

$$f = \begin{cases} 1.5 & \text{si } \frac{H}{L} \leq 0.2 \\ 1.0 & \text{si } \frac{H}{L} \leq 1.0 \end{cases}$$

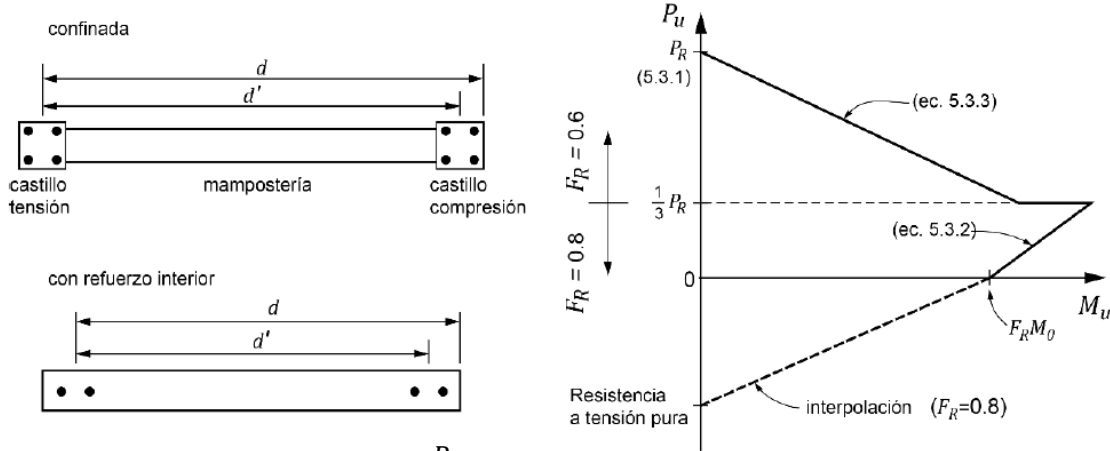
$$V_{mR} = 2.60 \text{ ton} > V_u = 1.90 \text{ ton} \quad \text{ok}$$

RESISTENCIA A FLEXOCOMPRESIÓN EN EL PLANO DEL MURO (5.3.2 NTCDCEM 2023)

Método optativo (5.3.2.2 NTCDCEM 2023)

Para muros con barras longitudinales colocadas simétricamente en sus castillos extremos, sean éstos extremos o internos, las fórmulas simplificadas siguientes dan valores suficientemente - aproximados y conservadores del momento flexionante resistente de diseño.

El momento flexionante resistente de diseño de la sección  $M_R$ , se calculará de acuerdo a:



$$M_R = F_R M_0 + 0.3P_u d \text{ si } 0 \leq P_u \leq \frac{P_R}{3}$$

$$M_R = (1.5F_R M_0 + 0.15P_R d) \left(1 - \frac{P_u}{P_R}\right) \text{ si } P_u > \frac{P_R}{3}$$

donde:

$M_0 = A_s f_y d'$  resistencia a flexión pura del muro.

$A_s$  área total de acero de refuerzo longitudinal colocada en los castillos.

$d'$  distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos del muro.

$d$  distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra de compresión máxima

$P_u$  carga axial de diseño a compresión.

$F_R$  se tomará igual a 0.8 si  $P_u \leq \frac{P_R}{3}$  e igual a 0.6 en caso contrario.

$$M_R =$$

6.53 ton

>

$$M_U =$$

2.87 ton-m ok

### 5.2.9 DISEÑO DE TRABES 0.35 lg

#### DISEÑO DE TRABES RECTANGULARES DE CONCRETO REFORZADO PARA DUCTILIDAD BAJA

Q=2 (NTCC-2023)

##### 1.- GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Base [cm]:	b =	15.0
Peralte [cm]:	h =	30.0
Peralte efectivo[cm]:	d =	25.0
Recubrimiento [cm]:	r =	5.0
Factor de resistencia a flexión	$F_R =$	0.9

##### 3.- PROPIEDADES DEL ACERO

Esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo longitudinal  
 $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$

Esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo transversal  
 $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$

##### 2.- PROPIEDADES DEL CONCRETO

Resistencia especificada del concreto a compresión:

$$f'_c = 250 \text{ kgf/cm}^2$$

Magnitud del bloque equivalente de esfuerzos del bloque de compresión:

$$f_c'' = 212.5 \text{ kgf/cm}^2$$

Factor que especifica la profundidad del bloque equivalente de esfuerzos a compresión:

$$\beta_1 = 0.850$$

##### 4.- DISEÑO A FLEXIÓN

$$q = 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{F_R b d^2 f'_c}}$$

$$\rho = \frac{q f_c''}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{f_y} =$$

0.0026

Cuantía del acero de refuerzo longitudinal a tensión máxima y mínima

$$\rho_{max} = 0.90 \frac{f'_c}{f_y} \frac{6000 \beta_1}{f_y + 6000} =$$

0.0228

Extremos			Centro		
Momento Negativo			Momento Negativo		
Mu(-) =	4.14	Ton-m	Mu(-) =	4.14	Ton-m
q =	0.2662		q =	0.2662	
$\rho =$	0.0135	!OK!	$\rho =$	0.0135	!OK!
As =	5.05	cm <sup>2</sup>	As =	5.05	cm <sup>2</sup>
db =	1/2	in	db =	1/2	in



#Varillas = 4.00	#Varillas = 4.00
Momento Positivo	Momento Positivo
Mu(+) = 2.60 Ton-m	Mu(+) = 2.60 Ton-m
q = 0.1574	q = 0.1574
ρ = 0.0080 !OK!	ρ = 0.0080 !OK!
As = 2.99 cm <sup>2</sup>	As = 2.99 cm <sup>2</sup>
db = 1/2 in	db = 1/2 in
#Varillas = 3.00	#Varillas = 3.00

**DISEÑO DE TRABES RECTANGULARES DE CONCRETO REFORZADO PARA DUCTILIDAD BAJA**  
**Q=2 (NTCC-2023)**

**5.- DISEÑO A CORTANTE**

Claro [m] :	L= 3.5 m
Factor de resistencia a Cortante :	F <sub>R</sub> = 0.75
Cortante último de diseño [Ton]:	V <sub>u</sub> = 5.57 Ton
Diámetro del estribo [in]:	db <sub>estribo</sub> = 3/8 in

Separación de estribos por confinamiento

$V_u < 2.5F_R\sqrt{f'_c}bd$	<i>Cumple</i>
$V_u > 1.5F_R\sqrt{f'_c}bd$	
<i>si</i>	S <sub>1</sub> =0.25d
$V_u < 1.5F_R\sqrt{f'_c}bd$	
<i>si</i>	S <sub>1</sub> =0.5d

Separación de estribos por refuerzo mínimo

$$S_2 = \frac{A_v f_y}{0.3\sqrt{f'_c}b}$$

Separación de estribos por refuerzo para fuerza cortante

$$S_3 = \frac{F_R A_v f_y d}{V_u - V_{CR}}$$

Fuerza cortante que toma el concreto

si  $\rho < 0.015$   $V_{CR} = F_R(0.2 + 20\rho)\sqrt{f'_c}bd$   
si  $\rho \geq 0.015$   $V_{CR} = F_R 0.5\sqrt{f'_c}bd$

Extremos			Centro		
ρ =	0.0135		ρ =	0.0101	
V <sub>u</sub> =	5569	kgf	V <sub>u</sub> =	5569	kgf
#Ramas=	2		#Ramas=	2	
V <sub>CR</sub> =	2091.2	kgf	V <sub>CR</sub> =	1790.71	kgf
S <sub>1</sub> =	12.5	cm	S <sub>1</sub> =	12.5	cm
S <sub>2</sub> =	12.5	cm	S <sub>2</sub> =	12.5	cm
S <sub>3</sub> =	32.3	cm	S <sub>3</sub> =	29.7	cm
S final =	10	cm	S final =	10	cm

**6.- DISEÑO POR CAMBIOS VOLUMÉTRICOS**

Altura libre de para el refuerzo por temperatura:	$y_1 =$	20	cm
Diámetro del refuerzo por temperatura:	$db_{\text{Temperatura}} =$	3/8	in
Área la varilla del refuerzo por temperatura:	$as =$	0.71	cm <sup>2</sup>
Área transversal del refuerzo por temperatura:		0.020	cm <sup>2</sup> /cm
Separación del refuerzo por temperatura:			
$E = \frac{y_1}{s_v} =$	$a_{s1} = \frac{660 x_1}{f_y(x_1 + 100)} =$	30.00	cm
Espacios		1	
# Varillas por Ramas :		0	
		$S_V = \frac{100Av}{h as1} =$	

A continuación, se presenta una relación de los resultados obtenidos en las dos versiones de las Normas Técnicas complementarias 2020 y 2023, en Diseño de mampostería y Diseño de concreto.

**Tabla 10**

*Porcentaje de diferencia en muros entre ambas NTC*

Muros NTC 2020		Muros NTC 2023		% de diferencia
ELEMENTOS MECANICOS		ELEMENTOS MECANICOS		
Pu	8.34 ton	Pu	6.32 ton	24.22%
Vu	1.03 ton	Vu	1.90 ton	45.78%
Mu	1.68 ton-m	Mu	2.87 ton-m	41.46%

**Tabla 11**

*Porcentaje de diferencia en vigas entre ambas NTC*

Vigas NTC 2020 (0.5 Ig)		Vigas NTC 2023 (0.35 Ig)		% de diferencia
ELEMENTOS MECANICOS		ELEMENTOS MECANICOS		
M_ext_Neg	4.16 ton-m	M_extNeg	4.14 ton-m	0.48%
M_ext_Neg	2.56 ton-m	M_extPos	2.60 ton-m	1.53 %
M_cent_Neg	4.16 ton-m	M_cent_Neg	4.14 ton-m	0.48%
M_cent_Pos	2.56 ton-m	M_cent_Pos	2.60 ton-m	1.53 %
As	2.93 cm <sup>2</sup>	As	2.99cm <sup>2</sup>	2%

## 6.0 CONCLUSIONES

En el presente estudio, se hizo una revisión de la Norma Técnica complementaria de mampostería en su última versión del 2023, emitida en la primera semana Noviembre del mismo año, para determinar cuáles eran las actualizaciones que ésta había sufrido (en comparación con la norma anterior) para la mejora de la misma. La metodología propuesta fue la revisión de la misma en su versión anterior (NTC-2021) y la versión actual 2023. La revisión se hizo en todo el texto, revisando cada fórmula, cada texto, cada imagen, y se aterrizó en un caso práctico, considerando exclusivamente la NTC-M 2023, con la idea de analizar el comportamiento sísmico de la mampostería con los criterios de la nueva actualización.

Es bien sabido que, aunque existe una periodicidad, el factor más significativo que determina una revisión y/o actualización de las NTC-M, es una recurrencia significativa que haya hecho que los criterios establecidos al momento de la recurrencia, no hayan sido suficiente para mantener vigentes los estados de servicio y de seguridad de las estructuras. Esto es, que hayan fallado y hayan causado pérdidas de vidas y económicas, por ende, puesto en evidencia que los criterios para los análisis establecidos en la norma no sean suficientes para resistir dicha ocurrencia.

En las primeras versiones de la norma, los porcentajes de cambio o actualización fueron significativos, pero poco a poco, este porcentaje ha ido disminuyendo. La norma se ha ido adecuando a las nuevas intensidades de los sismos, por mencionar un ejemplo, lo que va dejando cubierto, sismo de menor intensidad dentro de su actualización.

Uno de los pocos cambios que sufrió fue en la fórmula de revisión de la “resistencia a corte por deslizamiento en muros diafragmas”, en la que el factor de evaluación cambia del 40% al 50 % (de 0.4 a 0.5), en la que se evalúa la interacción (pérdida de adherencia) que existe entre piezas y el mortero, y sucede al superarse la resistencia en las juntas por fricción.

Otra de las actualizaciones fue el cálculo de la “fuerza cortante resistente” del refuerzo horizontal, la cual pide el cálculo del valor ( $p_h f_{yh}$ ) en el que el valor máximo de éste en la norma anterior era menos o igual a  $0.15 f'_{mfan}$  y en la norma actual es de  $0.1 f'_{mfan}$ .

Se concluye que la actualización de la NTC para mampostería 2023 tuvo un cambio muy poco significativo, y que no afecta en nada el análisis y diseño estructural, así como las revisiones en materia de mampostería. Las fórmulas, factores y criterios considerados en su versión anterior siguen manteniéndose vigentes en la norma actual.

Cabe señalar que la mejora sustancial y más significativa (pero en poco, o nada, tiene que ver con cálculos, factores, fórmulas, análisis y diseño), son los diferentes “Comentarios” a criterio que se han colocado, con el objetivo de hacer más clara la interpretación de la misma, así como la inserción de más imágenes para detallar los comentarios y observaciones hechas en texto de la misma.

## 7.0 REFERENCIAS

Alcocer, Sergio & Cesín, Javier & Flores, Leonardo & Hernández, Óscar & Meli, Roberto & Tena-Colunga, Arturo & Vasconcelos, Darío. (2005). *Los cambios más importantes en la Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería del Distrito Federal*.

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (s/f). Los sismos históricos de septiembre. gov.mx.  
<https://www.gob.mx/cenapred/articulos/los-sismos-historicos-de-septiembre?idiom=es>

Comisión Federal de Electricidad (2015). *Manual de diseño de Obras civiles, Diseño por sismo*.

Esteva L. (1966), "Behavior under Alternating Loads of Masonry Diaphragms Framed by Reinforced Concrete Members", *International Symposium on the Effects of Repeated Loading of Materials and Structural Elements*, RILEM, Mexico, Sept.

Hilti. *Proceso de actualización de las ntc para las construcciones en la ciudad de México*.  
<https://ask.hilti.com.pa/article/proceso-de-actualizacion-de-las-ntc-para-las-construcciones-en-la-ciudad-de-mexico/jatu7b>

Introducción a la Investigación: guía interactiva. (s.f.). Universidad Veracruzana.  
<https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html>

Meli, R. (2001). *Diseño Estructural*. Limusa (2da Edición)

Métodos de investigación: *Qué son y cómo elegirlos*. (s.f.).  
QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/metodos-de-investigacion/>

Normas Técnicas Complementarias. (2023), *Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México*

Normas Técnicas Complementarias, *Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, 2023*

*Participación de la Coordinación de Geotecnia en el Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE*. (s. f.).  
<https://www.iingen.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Gaceta/GacetaJulioAgosto2019/Paginas/geotecnicacfe.aspx>

Sampieri, R.H., Fernández, C. C., Baptista, L. P. (2010). *Metodología de la Investigación*.  
(5ª ed.). Mc Graw Hill.

## 8.0 ANEXOS

### ESPECIFICACION TECNICA DE TABIQUE INDUSTRIALIZADO TABIMAX DE 15 CMS DE ANCHO.



**INDUSTRIAS  
NOVACERAMIC**  
Tabiques para el diseño arquitectónico y estructural  
Emilio Sanchez Piedras N° 100, Cd. Industrial Xicoténcatl, Tetla, 90434 Tlaxcala, México



## Ficha Técnica Comercial

Elaboración: 07/07/2023      Clave: PSC-TAB15-02

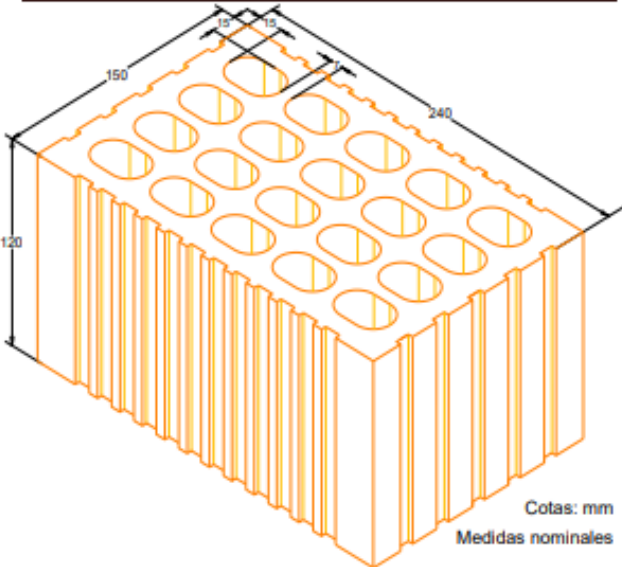
TAB15

# TABIMAX 15

*Tabique industrializado de alta resistencia*

Tipo de pieza: Multiperforada

Recomendados para la construcción que requiere ligereza y velocidad de avance, con acabado estriado para la aplicación de revestimientos. Colocación igual que el tabique rojo, pero con mayor rendimiento y eficiencia estructural



Cotas: mm  
Medidas nominales

DIMENSIONES REALES (cm)		
12.0	15.0	24.0
alto	ancho	largo
Tolerancia dimensional en altura, ancho y largo: ± 3 mm		
ESPESOR DE PAREDES Y AREA NETA		
15.0	7.0	59.40%
Exteriores (mm)	Interiores (mm)	Área Neta %
CARACTERISTICAS DEL SISTEMA		
Pzas/m <sup>2</sup>	30.77	Pzas
Peso/pieza	4.25	kg
Espesor de muro	15.00	cm
Consumo de mortero	26.07	Lt/m <sup>2</sup>
W solo con mortero	188.13	kg/m <sup>2</sup>
W Castillos Ahogado	233.68	kg/m <sup>2</sup>
W Castillos Exteriores	251.16	kg/m <sup>2</sup>
INFORMACION DE ENTREGA		
Piezas / pallet	192	pzas
Peso Pallet	816.00	kg
Rendimiento Pallet	6.24	m <sup>2</sup>
CARACTERISTICAS TECNICAS		
* Resistencia Promedio Compresión Simple (fp)	>150	kg/cm <sup>2</sup>
* Resistencia Compresión de la Mampostería (F'm)	90.00	kg/cm <sup>2</sup>
* Resistencia Compresión Diagonal Muretes (V'm)	7.00	kg/cm <sup>2</sup>
* Modulo de Elasticidad de la Mampostería (Em)	54000	kg/cm <sup>2</sup>
* Modulo Rigidez a Cortante de Mampostería (Gm)	10800	kg/cm <sup>2</sup>
% De Absorción con Respecto al Peso	16-18	%
Resistencia Térmica de la Pieza (RT <sub>p</sub> )	1.1816	m <sup>2</sup> x °K/W
Resistencia Térmica del Sistema (RT <sub>s</sub> )	1.1648	m <sup>2</sup> x °K/W
Aislamiento Acústico Sist. Castillo Interior	47.95	dBa
Aislamiento Acústico Sist. Castillo Exterior	49.10	dBa
*Valor obtenido en ensayos realizados en laboratorio certificado del IMCYC Aislamiento termico calculado según la Norma NMX-460 y NDM-020 Aislamiento acústico calculado según la Norma NBE-CA-88		

Cumple con los requerimientos de la NMX-C-404	SCH-006-002/
---	--------------

- Consultar las últimas actualizaciones y revisiones de este documento en la página oficial de Novaceramic S.A. de C.V. [www.novaceramic.com.mx](http://www.novaceramic.com.mx).
- De acuerdo a la norma NMX-C-404-ONNCEE -VIGENTE, todos los lotes de piezas fabricadas se ensayan y validan de manera interna y cumplen con las especificaciones requeridas.
- El Valor RTs se compone del sustrato base (pieza+mortero), puede incluir acabado interior y exterior.
- El valor Gm y Em se calculan según la fórmula de las NTCM - vigente.
- Las imágenes mostradas son de uso ilustrativo, pueden variar de color por procesos de impresión.
- La tonalidad de la pieza y/o acabado puede variar de un lote a otro.
- Confirmar la cantidad de piezas por pallet y transporte con su asesor comercial.
- Para la limpieza final de muros hechos de ladrillo caravista "natural" se recomienda el uso de productos para barro, no se recomienda ácido muriático.
- Para mayor información consulte al departamento técnico.

