

NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DE EMERGENCIA PARA DISEÑO POR SISMO

ÍNDICE

JUSTIFICACIÓN

PRESENTACIÓN

NOTACIÓN

1. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

1.1 Alcance

1.2 Condiciones de análisis y diseño

1.3 Muros divisorios, de fachada y de colindancia

1.3.1 Muros que contribuyan a resistir fuerzas laterales

1.3.2 Muros que no contribuyan a resistir fuerzas laterales

1.4 Zonificación

1.5 Coeficiente sísmico

1.6 Reducción de fuerzas sísmicas

1.7 Combinación de acciones

1.8 Revisión de desplazamientos laterales

1.9 Holguras en vidrios

1.10 Separación de edificios colindantes

1.11 Estructuras especiales

1.12 Estructuras con sistemas no convencionales de resistencia sísmica

2. ELECCIÓN DEL TIPO DE ANÁLISIS

2.1 Método simplificado de análisis

2.2 Análisis estático y dinámico

3. ESPECTROS PARA DISEÑO SÍSMICO

4. REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS

4.1 Factor de reducción

5. FACTOR DE COMPORTAMIENTO SÍSMICO

5.1 Requisitos para $Q = 4$

5.2 Requisitos para $Q = 3$

5.3 Requisitos para $Q = 2$

5.4 Requisitos para $Q = 1.5$

5.5 Requisitos para $Q = 1$

6. CONDICIONES DE REGULARIDAD

6.1 Estructura regular

6.2 Estructura irregular

6.3 Estructura fuertemente irregular

6.4 Corrección por irregularidad

7. MÉTODO SIMPLIFICADO DE ANÁLISIS

8. ANÁLISIS ESTÁTICO

8.1 Fuerzas cortantes

8.2 Reducción de las fuerzas cortantes

8.3 Péndulos invertidos

8.4 Apéndices

8.5 Efectos de torsión

8.6 Efectos de segundo orden

8.7 Efectos bidireccionales

8.8 Comportamiento asimétrico

9. ANÁLISIS DINÁMICO

9.1 Análisis modal

9.2 Análisis paso a paso

9.3 Revisión por cortante basal

9.4 Efectos bidireccionales

10. ANÁLISIS Y DISEÑO DE OTRAS CONSTRUCCIONES

10.1 Tanques, péndulos invertidos y chimeneas

10.2 Muros de contención

11. ESTRUCTURAS EXISTENTES

NOTACIÓN

JUSTIFICACIÓN

Las “Normas Técnicas Complementarias de Emergencia (NTCE)” del Reglamento de Construcción y Seguridad Estructural para el Estado de Oaxaca, son el resultado de la suma del esfuerzo de colegios de profesionistas, cámaras e instituciones educativas y de investigación, así como de la Secretaría de las Infraestructuras y el Ordenamiento Territorial Sustentable (SINFRA), a través de la Subsecretaría de Ordenamiento Territorial. Estas NTCE, están dirigidas a todos los Ayuntamientos, constructoras, colegios, cámaras y profesionistas de la construcción y edificación, cuyo cumplimiento o incumplimiento no tendrá por ahora ninguna consecuencia de derecho y tampoco serán consideradas vinculantes para quienes puedan ser sujetos de las mismas, ya que son unilaterales e incoercibles, hasta en tanto no se estipule lo contrario.

El Plan Estatal de Desarrollo 2016–2022, tiene como objetivo principal mejorar de forma significativa la calidad de vida de las familias oaxaqueñas y heredar a sus nuevas generaciones una plataforma de impulso más sólida, con los elementos necesarios para asegurar un mayor progreso y un mejor porvenir.

Las Normas Técnicas Complementarias de Emergencia surgen como parte de las actividades del Grupo de Trabajo 4 denominado: “Actualización del marco jurídico en materia de ordenamiento territorial y desarrollo urbano” del Consejo Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Oaxaca (CEOTDU), presidido por SINFRA e integrado por 35 Consejeros de instituciones gubernamentales, educativas y

de investigación, colegios y cámaras de profesionistas relacionados con la construcción y el desarrollo urbano.

Por otra parte, para la aplicación del Programa Nacional de Reconstrucción (PNR) en el estado de Oaxaca se instaló la Coordinación Estatal para la Reconstrucción (CER) la cual solicitó a la SINFRA la integración y coordinación de una “Mesa Técnica y de Normatividad” para la Reconstrucción en el estado, misma que se integró con los expertos del Grupo de Trabajo 4 del CEOTDU.

La SINFRA es una institución clave para impulsar el desarrollo sostenible de nuestra entidad; por lo cual, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 37 de la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Oaxaca; 2, 7 y demás numerales respectivos del Reglamento Interno de la Secretaría de las Infraestructuras y el Ordenamiento Territorial Sustentable, se permite emitir las siguientes **Normas técnicas complementarias de emergencia del Reglamento de construcción y seguridad estructural para el estado de Oaxaca:**

1. Norma Técnica Complementaria de Emergencia para diseño por sismo.
2. Norma Técnica Complementaria de Emergencia para diseño por viento.
3. Norma Técnica Complementaria de Emergencia para diseño y construcción de cimentaciones.
4. Norma Técnica Complementaria de Emergencia sobre criterios y acciones para el diseño estructural de las edificaciones.

AGRADECIMIENTOS

La SINFRA reconoce el entusiasmo de los expertos que participaron en la “Mesa Técnica y de Normatividad” para lograr en pocas semanas la revisión, discusión y aprobación de las NTCE. De manera desinteresada apoyaron esta actividad los profesionistas del: Colegio de Ingenieros Civiles de Oaxaca (CICO); Colegio Oaxaqueño de Ingenieros Civiles, Unidos para el Desarrollo del Estado (COIC UNDEO), Colegio de Arquitectos del Estado de Oaxaca (CAEO), Colegio Libre e Independiente de Arquitectos de Oaxaca (CLIAO), Colegio de Urbanistas de Oaxaca, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (SMIS), Sociedad Mexicana de Seguridad Estructural (SMSE), Sociedad Mexicana de Ingeniería (SMI), Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), Asociación Mexicana de la Industria de la Construcción (AMIC), Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra y Corresponsables (AMDROC).

Agradecemos especialmente a los profesionistas que participaron en las reuniones de trabajo para analizar y aprobar las NTCE: Arodi Carballo Bernabé, Carlos Espinoza Castellanos, Cuauhtémoc Hernández Sibaja, Darío Vasconcelos Martínez, Erika Morales García, Ernesto A. López V., Everardo García Mendoza, Humberto Mario Durán Gómez, Jaime Rojas Arellano, Javier Vázquez Ortiz, Jorge Parada Vicente, Juan Alfredo Bautista León, Luis Felguerez Guzmán, Manuel Meza Corres, Porfirio Cruz Cruz, Rafael Jiménez Toledo, Rolando Ortiz Ramos, Romeo E. Ávila García, Romeo Gutiérrez Vásquez, Sergio P. Ríos Aquino, Víctor E. Flores González.

DIRECTORIO

Alejandro I. Murat Hinojosa

Gobernador Constitucional del Estado de Oaxaca

Fabian Sebastián Herrera Villagómez

Secretario de las Infraestructuras y el Ordenamiento Territorial Sustentable y Presidente del CEOTDU.

Fabián Alejandro Vázquez Martínez

Subsecretario de Ordenamiento Territorial y Secretario Técnico del CEOTDU.

Rodolfo Díaz Jiménez

Director de Ordenamiento Territorial y Coordinador de los Grupos de Trabajo del CEOTDU.

Cada símbolo empleado en estas Normas Técnicas se define donde aparece por primera vez.

- | | |
|--|---|
| <p>a ordenada de los espectros de diseño, como fracción de la aceleración de la gravedad.</p> <p>a_0 valor de a que corresponde a $T = 0$</p> <p>B_v base del tablero de vidrio.</p> <p>b dimensión de la planta del entrepiso que se analiza, medida perpendicularmente a la dirección de análisis.</p> <p>c coeficiente sísmico.</p> <p>c' factor por el que se multiplican los pesos de los apéndices a la altura de desplante.</p> <p>d diferencia en valores de los cocientes a/Q', expresados como fracción de la gravedad, que sería necesario aplicar en cada uno de los dos sentidos opuestos de una dirección dada, para que la estructura fallara o fluyera plásticamente.</p> <p>e_s excentricidad torsional.</p> <p>F_i fuerza lateral que actúa en el i-ésimo nivel.</p> <p>f inclinación de una estructura con respecto a la vertical, dividida entre su altura.</p> <p>g aceleración de la gravedad.</p> <p>H altura de un entrepiso.</p> <p>H_v altura de un tablero de vidrio.</p> | <p>h altura, sobre el terreno, de la masa para la que se calcula una fuerza horizontal.</p> <p>k_1, k_2 variables para el cálculo de fuerzas laterales con el método estático.</p> <p>L longitud de un muro.</p> <p>Q factor de comportamiento sísmico, independiente de T.</p> <p>Q' factor de reducción de las fuerzas sísmicas con fines de diseño, función del periodo natural.</p> <p>$q = (T_b/T)r$</p> <p>r exponente en las expresiones para el cálculo de las ordenadas de los espectros de diseño.</p> <p>r_0 radio de giro de la masa en péndulos invertidos.</p> <p>P factor de rigidez.</p> <p>S respuesta de la estructura como combinación de las respuestas modales.</p> <p>S_i respuesta de la estructura en el modo natural de vibración i.</p> <p>T periodo natural de vibración de la estructura.</p> <p>T_a, T_b periodos característicos de los espectros de diseño.</p> <p>u giro del extremo superior del elemento resistente de péndulos invertidos</p> <p>V fuerza cortante horizontal en el nivel que se analiza.</p> |
|--|---|

- V_0 fuerza cortante horizontal en la base de la construcción.
- W peso de la construcción arriba del nivel que se considera, incluyendo la carga viva que se especifica en las Normas Técnicas de Emergencia sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones.
- $[W]$ matriz de pesos de las masas de las estructuras.
- W_{ei} peso modal efectivo del modo i -ésimo.
- W_i peso de la i -ésima masa.
- W_0 valor de W en la base de la estructura.
- x desplazamiento lateral del extremo superior del elemento resistente en péndulos invertidos.
- x_i desplazamiento lateral del nivel i relativo a la base de la estructura.
- Δ desplazamiento lateral relativo entre dos niveles.
- $\{\phi\}$ vector de amplitudes del i -ésimo modo natural de vibrar de la estructura.

1. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

1.1 Alcance

Los requisitos de estas Normas Técnicas tienen como propósito obtener una seguridad adecuada tal que, bajo el sismo máximo probable, no habrá fallas estructurales mayores ni pérdidas de vidas, aunque pueden presentarse daños que lleguen a afectar el funcionamiento del edificio y requerir reparaciones importantes; además, bajo sismos que pueden presentarse varias veces durante la vida de la estructura, se tengan, a lo más, daños que no conduzcan a la interrupción de la ocupación del edificio.

El Director Responsable de Obra (DRO), de acuerdo con el propietario, puede decidir que se diseñe el edificio para que satisfaga requisitos más conservadores que los aquí establecidos, con el fin de reducir la probabilidad de pérdidas económicas en la construcción a cambio de una inversión inicial mayor. De igual modo, pueden utilizarse criterios diferentes a los especificados en estas Normas Técnicas que permitan obtener resultados menos conservadores que los aquí establecidos, si se justifica científica y racionalmente su uso y la autoridad correspondiente lo acepta.

1.2 Condiciones de análisis y diseño

Las estructuras se analizarán bajo la acción de dos componentes horizontales ortogonales no simultáneos del movimiento del terreno. Las deformaciones y fuerzas internas que resulten se combinarán entre sí como lo especifican estas Normas Técnicas, y se combinarán con

los efectos de fuerzas gravitacionales y de las otras acciones que correspondan, según los criterios que se establecen en las Normas Técnicas de Emergencia sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones.

Según sean las características de la estructura de que se trate, ésta podrá analizarse por sismo mediante el método simplificado, el método estático o el dinámico modal, que describen los Capítulos 7 a 9, respectivamente, con las limitaciones que se establecen en el Capítulo 2.

En el análisis se tendrá en cuenta la contribución a la rigidez de todo elemento, estructural o no, que sea significativa. Con las salvedades que corresponden al método simplificado de análisis, se calcularán las fuerzas sísmicas, deformaciones y desplazamientos laterales de la estructura, incluyendo sus giros por torsión y teniendo en cuenta los efectos de flexión de sus elementos y, cuando sean significativos, los de fuerza cortante, fuerza axial y torsión de los elementos, así como los efectos geométricos de segundo orden, entendidos éstos últimos como los que producen las fuerzas gravitacionales que actúan en la estructura deformada por la acción de dichas fuerzas y de las laterales.

Se verificará que la estructura y su cimentación no rebasen ningún estado límite de falla o de servicio a que se refiere el Reglamento.

En el caso de las estructuras de los grupos “A” y “B1”, para el diseño de todo muro, columna o contraviento que contribuya en más del 35 por ciento a la resistencia total en fuerza cortante,

momento torsionante o momento de volteo de un entrepiso dado, se adoptarán factores de resistencia 20 por ciento inferiores a los que le corresponderían de acuerdo con las Normas Técnicas correspondientes.

1.3 Muros divisorios, de fachada y de colindancia

Tratándose de muros de mampostería divisorios, de fachada o de colindancia, se deberá observar lo dispuesto en las secciones siguientes.

1.3.1 Muros que contribuyan a resistir fuerzas laterales

Los muros que contribuyan a resistir fuerzas laterales se ligarán adecuadamente a los marcos estructurales o a castillos y dalas en todo el perímetro del muro; su rigidez se tomará en cuenta en el análisis sísmico y se verificará su resistencia de acuerdo con las Normas Técnicas correspondientes. Los castillos y dalas de estos muros, a su vez estarán ligados a los marcos. Se verificará que las vigas o losas y columnas resistan la fuerza cortante, el momento flexionante, las fuerzas axiales y, en su caso, las torsiones que induzcan los muros en ellas. Se verificará, asimismo, que las uniones entre elementos estructurales resistan dichas acciones.

1.3.2 Muros que no contribuyan a resistir fuerzas laterales

Cuando los muros no contribuyan a resistir fuerzas laterales, se sujetarán a la estructura de manera que no restrinjan la deformación de ésta en el plano del muro, pero a la vez que se impida el volteo de estos muros en dirección normal a su plano. Preferentemente estos muros serán de materiales flexibles.

1.4 Regionalización

Para los efectos de estas Normas Técnicas se considerarán las Regiones del Estado de Oaxaca que fija el artículo 235 del Reglamento. Que son los que se muestran en la figura 1.4.1 y la tabla 1.4.1.

1.5 Coeficiente sísmico

El coeficiente sísmico, c , es el cociente de la fuerza cortante horizontal que debe considerarse que actúa en la base de la edificación por efecto del sismo, V_0 , entre el peso de la edificación sobre dicho nivel, W_0 .

Con este fin se tomará como base de la estructura el nivel a partir del cual sus desplazamientos con respecto al terreno circundante comienzan a ser significativos. Para calcular el peso total se tendrán en cuenta las cargas muertas y vivas que correspondan, según las Normas Técnicas de Emergencia sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones.

El coeficiente sísmico para las edificaciones clasificadas como del grupo B en el artículo

199 del Reglamento, se indican en la tabla 3.1 de esta norma, a menos que se emplee el método simplificado de análisis, en cuyo caso se aplicarán los coeficientes de la tabla 7.1.

1.6 Reducción de fuerzas sísmicas

Cuando se aplique el método estático o un método dinámico para análisis sísmico, las fuerzas sísmicas calculadas podrán reducirse con fines de diseño empleando para ello los criterios que fija el Capítulo 4, en función de las características estructurales y del terreno.

Los coeficientes que se especifican para la aplicación del método simplificado de análisis toman en cuenta todas las reducciones que procedan por los conceptos mencionados; por ello, las fuerzas sísmicas calculadas por este método no deben sufrir reducciones adicionales.

1.7 Combinación de acciones

Se verificará que tanto la estructura como su cimentación resistan los momentos flexionantes, fuerzas cortantes y axiales, momentos torsionantes de entrepiso y momentos de volteo inducidos por sismo, combinados con los que correspondan a otras solicitaciones y afectados del factor de carga correspondiente, según las Normas Técnicas de Emergencia sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones.

1.8 Revisión de desplazamientos laterales

Las diferencias entre los desplazamientos laterales de pisos consecutivos producidos por

las fuerzas cortantes sísmicas de entrepiso, calculados con alguno de los métodos de análisis sísmico que se describen en los Capítulos 8 y 9, y teniendo en cuenta lo dispuesto en la sección 1.6, no excederán 0.006 veces la diferencia de elevaciones correspondientes, salvo que no haya elementos incapaces de soportar deformaciones apreciables, como muros de mampostería, o éstos estén separados de la estructura principal de manera que no sufran daños por sus deformaciones. En tal caso, el límite en cuestión será de 0.012. El desplazamiento será el que resulte del análisis con las fuerzas sísmicas reducidas según los criterios que se fijan en el Capítulo 4, multiplicado por el factor de comportamiento sísmico, Q . Este mismo desplazamiento se empleará para la revisión del cumplimiento de los requisitos de holguras de vidrios y de separación de edificios colindantes de las secciones 1.9 y 1.10, respectivamente.

Al calcular los desplazamientos mencionados arriba pueden descontarse los debidos a la flexión de conjunto de la estructura.

En edificios en que la resistencia sísmica sea proporcionada esencialmente por sistemas de losas planas y columnas, no se excederá en ningún caso el límite de 0.006, calculado como se indica en el párrafo inicial de esta sección.

Para edificios estructurados con muros de carga de mampostería se observarán los límites fijados en las Normas correspondientes.

1.9 Holguras en vidrios

En fachadas tanto interiores como exteriores,

la colocación de los vidrios en sus marcos o la liga de éstos con la estructura, serán tales que las deformaciones de ésta no afecten a los vidrios. La holgura que debe dejarse entre vidrios y marcos o entre éstos y la estructura no será menor que el desplazamiento relativo entre los extremos del tablero o marco, calculado a partir de la deformación por cortante de entrepiso y dividido entre $1+H_v/B_v$, donde B_v es la base del tablero o marco y H su altura.

1.10 Separación de edificios colindantes

Toda edificación deberá separarse de sus linderos con los predios vecinos una distancia no menor de 50 mm, ni menor que el desplazamiento horizontal calculado para el nivel de azotea de la nueva edificación, aumentado en 0.001, 0.003 ó 0.006 veces la altura de dicho nivel sobre el terreno, en las zonas I, II ó III, respectivamente. En este caso deben incluirse los desplazamientos debidos a la flexión de conjunto de la estructura y al giro de su base, en caso de que sean significativos.

En caso de que en un predio adyacente se encuentre una construcción que esté separada del lindero una distancia menor que la antes especificada, deberá dejarse en la nueva construcción una distancia tal que la separación entre las dos construcciones no sea menor de la suma de las requeridas para cada una, según esta sección. Sólo será admisible dejar la separación requerida para la construcción nueva, cuando se tomen precauciones que, a satisfacción de las autoridades responsables, garanticen evitar daños por el posible contacto entre las dos construcciones durante un sismo.

Si se emplea el método simplificado de análisis sísmico, la separación mencionada no será, en ningún nivel, menor de 50 mm, ni menor que la altura del nivel sobre el terreno multiplicada por 0.007, 0.009 ó 0.012, según que la edificación se halle en las zonas I, II ó III, respectivamente. La separación entre cuerpos de un mismo edificio o entre edificios adyacentes será cuando menos igual a la suma de las que corresponden a cada uno, de acuerdo con los párrafos precedentes.

Podrá dejarse una separación igual a la mitad de dicha suma si los dos cuerpos tienen la misma altura y estructuración y, además, las losas coinciden a la misma altura, en todos los niveles. En los planos arquitectónicos y en los estructurales se anotarán las separaciones que deben dejarse en los linderos y entre cuerpos de un mismo edificio.

Los espacios entre edificaciones colindantes y entre cuerpos de un mismo edificio deben quedar libres de todo material. Si se usan tapajuntas, éstas deben permitir los desplazamientos relativos, tanto en su plano como perpendicularmente a él.

1.11 Estructuras especiales

El análisis y diseño estructurales de puentes, tanques, chimeneas, silos, muros de contención y otras construcciones que no sean edificios, así como de construcciones industriales complejas, se harán de acuerdo con lo que marca el Capítulo 10 de estas Normas y, en los aspectos no cubiertos por las mismas, se harán de manera congruente con ellas, previa aprobación de las autoridades responsables.

1.12 Estructuras con sistemas no convencionales de resistencia sísmica

Cuando la estructura se aisle sísmicamente en su base, o se adopten dispositivos especiales capaces de disipar energía por amortiguamiento o comportamiento inelástico, podrán emplearse criterios de diseño sísmico que difieran de los aquí especificados, pero congruentes con ellos, si se demuestran, a satisfacción de las autoridades responsables, tanto la eficacia de los dispositivos o soluciones estructurales, como la validez de los valores del amortiguamiento y del factor de comportamiento sísmico que se propongan.

2. ELECCIÓN DEL TIPO DE ANÁLISIS

Según sean las características de la estructura de que se trate, ésta podrá analizarse por sismo mediante el método simplificado, el método estático o el dinámico modal que se describen en los Capítulos 7 a 9, con las limitaciones que se establecen a continuación.

2.1 Método simplificado de análisis

El método simplificado a que se refiere el Capítulo 7 será aplicable al análisis de edificios que cumplan simultáneamente los siguientes requisitos:

a. En cada planta, al menos el 75 por ciento de las cargas verticales estarán soportadas por muros ligados entre sí mediante losas monolíticas u otros sistemas de piso suficientemente resistentes y rígidos al corte. Dichos muros tendrán distribución sensiblemente simétrica con respecto a dos

ejes ortogonales y deberán satisfacer las condiciones que establecen las Normas correspondientes. Para que la distribución de muros pueda considerarse sensiblemente simétrica, se deberá cumplir en dos direcciones ortogonales, que la excentricidad torsional calculada estáticamente, e_s , no exceda del diez por ciento de la dimensión en planta del edificio medida paralelamente a dicha excentricidad, b. La excentricidad torsional se podrá calcular como el cociente del valor absoluto de la suma algebraica del momento de las áreas de los muros, afectadas por un “factor de rigidez” p con respecto al centro de cortante del entrepiso, entre el área total de los muros orientados en la dirección de análisis. El factor p considera las deformaciones por flexión y por cortante, al multiplicarlo con el área “bruta” de la sección transversal del muro se obtiene un área “modificada” que es la función de la rigidez. El área “modificada” es el producto del área “bruta” de la sección transversal del muro y del factor p , que está dado por:

$$p = \frac{1}{H \left[2.5 + 4 \left(\frac{H}{L} \right)^2 \right]}$$

donde: H y L son altura y longitud de un muro de un entrepiso.

Los muros referidos podrán ser de mampostería, concreto reforzado, placa de acero o de madera con contraventeo diagonal; o de cualquier otro material que sea aceptado por la autoridad competente. En todos los casos se deberá satisfacer las Normas Técnicas correspondientes.

b. La relación entre longitud y ancho de la planta del edificio no excederá de 2.0.

c. La relación entre la altura y la dimensión mínima de la base del edificio no excederá de 1.5.

d. La altura del edificio o estructura no será mayor de 6.50 m.

e. El método sólo se aplicará a estructuras del Grupo B.

2.2 Análisis estático y dinámico

Los métodos dinámicos del Capítulo 9 pueden utilizarse para el análisis de toda estructura, cualesquiera que sean sus características. Puede utilizarse el método estático del Capítulo 8 para analizar estructuras regulares, según se define en el Capítulo 6, de altura no mayor de 30 m, y estructuras irregulares de no más de 20 m. Para edificios ubicados en la zona I, los límites anteriores se amplían a 40 m y 30 m, respectivamente.

3. ESPECTROS PARA DISEÑO SÍSMICO

Cuando se aplique el análisis dinámico modal que especifica el Capítulo 9, se adoptará como ordenada del espectro de aceleraciones para diseño sísmico, a , expresada como fracción de la aceleración de la gravedad, la que se estipula a continuación:

$$\text{si } 0 < T \leq T_a; \quad a = a_0 + \frac{(c-a_0)}{T_a} T$$

$$\text{si } T_a \leq T \leq T_b \quad a = c$$

$$\text{si } T > T_b \quad a = q_c; \quad (3.1)$$

Donde:

$$q = \left(\frac{T_b}{T} \right)^r \quad (3.2)$$

Los parámetros que intervienen en estas expresiones se obtienen de la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Valores de los parámetros para calcular los espectros de aceleraciones

Zona sísmica	Tipo de suelo	a_0	c	T_a (s)	T_b (s)	r
B	I	0.0	0.14	0.2	0.	1/2
	II	0.0	0.30	0.3	1.5	2/3
	III	0.1	0.36	0.6	2.	1
C	I	0.0	0.36	0.2	0.	1/2
	II	0.1	0.50	0.3	1.4	2/3
	III	0.1	0.64	0.6	1.9	1
D	I	0.1	0.50	0.2	0.	1/2
	II	0.1	0.68	0.3	1.2	2/3
	III	0.2	0.86	0.6	1.7	1

(S) Periodos en segundos

4. REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS

4.1 Factor de reducción

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas para análisis estático y de las obtenidas del análisis dinámico modal con los métodos que se fijan en el Capítulo 9, se empleará un factor de reducción Q' que se calculará como sigue:

$$Q' = Q; \text{ si se desconoce } T, \text{ o si } T \geq T_b$$

$$Q' = 1 + \frac{T}{T_a}(Q - 1); \text{ si } T < T_a \quad (4.1)$$

T se tomará igual al periodo fundamental de vibración de la estructura cuando se utilice el método estático, e igual al periodo natural de vibración del modo que se considere cuando se utilice el análisis dinámico modal; T_a y T_b son periodos característicos del espectro de diseño que se definen en el Capítulo 3. Q es el factor de comportamiento sísmico que se define en el Capítulo 5.

Para el diseño de estructuras que sean irregulares, de acuerdo con el Capítulo 6, el valor de Q' se corregirá como se indica en dicho Capítulo.

5. FACTOR DE COMPORTAMIENTO SÍSMICO

Para el factor de comportamiento sísmico, Q , a que se refiere el Capítulo 4, se adoptará los valores especificados en alguna de las secciones siguientes, según se cumplan los requisitos en ellas indicados.

5.1 Requisitos para $Q=4$

Se usará $Q=4$ cuando se cumplan los requisitos siguientes:

a. La resistencia en todos los entrepisos es suministrada exclusivamente por marcos no contraventeados de acero, concreto reforzado o compuestos de los dos materiales, o bien por marcos contraventeados o con muros de concreto reforzado o de placa de acero o compuestos de los dos materiales, en los que en cada entrepiso los marcos son capaces de resistir, sin contar muros ni contravientos, cuando menos 50 por ciento de la fuerza sísmica actuante.

b. Si hay muros de mampostería ligados a la estructura en la forma especificada en la sección 1.3.1, éstos se deben considerar en el análisis, pero su contribución a la resistencia ante fuerzas laterales sólo se tomará en cuenta si son de piezas macizas, y los marcos, sean o no contraventeados, y los muros de concreto reforzado, de placa de acero o compuestos de los dos materiales, son capaces de resistir al menos 80 por ciento de las fuerzas laterales totales sin la contribución de los muros de mampostería.

c. El mínimo cociente de la capacidad resistente de un entrepiso entre la acción de diseño no difiere en más de 35 por ciento del promedio de dichos cocientes para todos los entrepisos. Para verificar el cumplimiento de este requisito, se calculará la capacidad resistente de cada entrepiso teniendo en cuenta todos los elementos que puedan contribuir a la resistencia, en particular los muros que se hallen en el caso de la sección 1.3.1. El último entrepiso queda excluido de este requisito.

d. Los marcos y muros de concreto reforzado cumplen con los requisitos que fijan las Normas correspondientes para marcos y muros dúctiles.

e. Los marcos rígidos de acero satisfacen los requisitos para marcos con ductilidad alta que fijan las Normas correspondientes, o están provistos de contraventeo excéntrico de acuerdo con las mismas Normas.

5.2 Requisitos para $Q=3$

Se usará $Q=3$ cuando se satisfacen las

condiciones 5.1.b y 5.1.d o 5.1.e y en cualquier entrepiso dejan de satisfacerse las condiciones

5.1.a ó 5.1.c, pero la resistencia en todos los entrepisos es suministrada por columnas de acero o de concreto reforzado con losas planas, por marcos rígidos de acero, por marcos de concreto reforzado, por muros de concreto o de placa de acero o compuestos de los dos materiales, por combinaciones de éstos y marcos o por diafragmas de madera. Las estructuras con losas planas y las de madera deberán además satisfacer los requisitos que sobre el particular marcan las Normas correspondientes. Los marcos rígidos de acero satisfacen los requisitos para ductilidad alta o están provistos de contraventeo concéntrico dúctil, de acuerdo con las Normas correspondientes.

5.3 Requisitos para $Q=2$

Se usará $Q=2$ cuando 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 especificado por las secciones 5.1 y 5.2 de este Capítulo, o por muros de mampostería de piezas macizas confinados por castillos, dadas, columnas o trabes de concreto reforzado o de acero que satisfacen los requisitos de las Normas correspondientes.

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 Normas correspondientes, o cuando se trate de estructuras de madera con las características que se indican en las Normas respectivas, o de algunas estructuras de acero que se indican en las Normas correspondientes.

5.4 Requisitos para $Q=1.5$

Se usará $Q=1.5$ cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada en todos los entresijos por muros de mampostería de piezas huecas, confinados o con refuerzo interior, que satisfacen los requisitos de las Normas correspondientes, o por combinaciones de dichos muros con elementos como los descritos para los casos de las secciones 5.2 y 5.3, o por marcos y armaduras de madera, o por algunas estructuras de acero que se indican en las Normas correspondientes.

5.5 Requisitos para $Q=1$

Se usará $Q=1$ en estructuras cuya resistencia a fuerzas laterales es suministrada al menos parcialmente por elementos o materiales diferentes de los arriba especificados, a menos que se haga un estudio que demuestre, a satisfacción de las autoridades responsables, que se puede emplear un valor más alto que el que aquí se especifica; también en algunas estructuras de acero que se indican en las Normas correspondientes.

En todos los casos se usará para toda la estructura, en la dirección de análisis, el valor mínimo de Q que corresponde a los diversos

entresijos de la estructura en dicha dirección. El factor Q puede diferir en las dos direcciones ortogonales en que se analiza la estructura, según sean las propiedades de ésta en dichas direcciones.

6. CONDICIONES DE REGULARIDAD

6.1 Estructura regular

Para que una estructura pueda considerarse regular debe satisfacer los siguientes requisitos.

- 1) Su planta es sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales por lo que toca a masas, así como a muros y otros elementos resistentes. Éstos son, además, sensiblemente paralelos a los ejes ortogonales principales del edificio.
- 2) La relación de su altura a la dimensión menor de su base no pasa de 2.5.
- 3) La relación de largo a ancho de la base no excede de 2.5.
- 4) En planta no tiene entrantes ni salientes cuya dimensión exceda de 20 por ciento de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección que se considera del entrante o saliente.
- 5) En cada nivel tiene un sistema de techo o piso rígido y resistente.
- 6) No tiene aberturas en sus sistemas de techo o piso cuya dimensión exceda de 20 por ciento de la dimensión en planta medida paralelamente a 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 de 20 por ciento del área de la planta.

7) El peso de cada nivel, incluyendo la carga viva que debe considerarse para diseño sísmico, no es mayor que 110 por ciento del correspondiente al piso inmediato inferior ni, excepción hecha del último nivel de la construcción, es menor que 70 por ciento de dicho peso.

8) Ningún piso tiene un área, delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes verticales, mayor que 110 por ciento de la del piso inmediato inferior ni menor que 70 por ciento de ésta. Se exige de este último requisito únicamente al último piso de la construcción. Además, el área de ningún entrepiso excede en más de 50 por ciento a la menor de los pisos inferiores.

9) Todas las columnas están restringidas en todos los pisos en dos direcciones sensiblemente ortogonales por diafragmas horizontales y por trabes o losas planas.

10) Ni la rigidez ni la resistencia al corte de ningún entrepiso difieren en más de 50 por ciento de la del entrepiso inmediatamente inferior. El último entrepiso queda excluido de este requisito.

11) En ningún entrepiso la excentricidad torsional calculada estáticamente, e_s , excede del diez por ciento de la dimensión en planta de ese entrepiso medida paralelamente a la excentricidad mencionada.

6.2 Estructura irregular

Toda estructura que no satisfaga uno o más de los requisitos de la sección 6.1 será considerada irregular.

6.3 Estructura fuertemente irregular

Una estructura será considerada fuertemente irregular si se cumple alguna de las condiciones siguientes:

- 1) La excentricidad torsional calculada estáticamente, e_s , excede en algún entrepiso de 20 por ciento de la dimensión en planta de ese entrepiso, medida paralelamente a la excentricidad mencionada.
- 2) La rigidez o la resistencia al corte de algún entrepiso exceden en más de 100 por ciento a la del piso inmediatamente inferior.

6.4 Corrección por irregularidad

El factor de reducción Q' , definido en la sección 4.1, se multiplicará por 0.9 cuando no se cumpla con uno de los requisitos 1 a 11 de la sección 6.1, por 0.8 cuando no cumpla con dos o más de dichos requisitos, y por 0.7 cuando la estructura sea fuertemente irregular según las condiciones de la sección 6.3. En ningún caso el factor Q' se tomará menor que uno.

7. MÉTODO SIMPLIFICADO DE ANÁLISIS

Para aplicar este método se deben cumplir los requisitos indicados en la sección 2.1. Se hará caso omiso de los desplazamientos horizontales, torsiones y momentos de volteo. Se verificará únicamente que en cada

entrepiso la suma de las resistencias al corte de los muros de carga, proyectados en la dirección en que se considera la aceleración, sea cuando menos igual a la fuerza cortante total que obre en dicho entrepiso, calculada según se especifica en la sección 8.1, pero empleando los coeficientes sísmicos reducidos que se establecen en la tabla 7.1 para construcciones del grupo B.

Tabla 7.1 Coeficientes sísmicos reducidos para el método Simplificado, correspondientes a estructuras del grupo B

ZONA Y TIPO DE SUELO		Muro de concreto o de mampostería de piezas macizas	Muro de mampostería de piezas huecas
B	I	0.07	0.10
	II	0.15	0.20
	III	0.18	0.24
C	I	0.18	0.24
	II	0.25	0.34
	III	0.32	0.43
D	I	0.25	0.34
	II	0.34	0.46
	III	0.43	0.58

Para muros de madera, se aplicarán los criterios establecidos en las Normas correspondientes. Para muros de otros materiales y sistemas constructivos, deberán justificarse a satisfacción de las autoridades responsables los coeficientes sísmicos que correspondan, con base en la evidencia experimental y analítica sobre su

comportamiento ante cargas laterales alternadas.

8. ANÁLISIS ESTÁTICO

8.1 Fuerzas cortantes

Para aplicar este método se deben cumplir los requisitos establecidos en la sección 2.2. Para calcular las fuerzas cortantes a diferentes niveles de una estructura, se supondrá un conjunto de fuerzas horizontales actuando sobre cada uno de los puntos donde se supongan concentradas las masas. Cada una de estas fuerzas se tomará igual al peso de la masa que corresponde, multiplicado por un coeficiente proporcional a h , siendo h la altura de la masa en cuestión sobre el desplante (o nivel a partir del cual las deformaciones estructurales pueden ser apreciables).

El coeficiente se tomará de tal manera que la relación V_0/W_0 sea igual a c/Q' pero no menor que a_0 , donde a_0 es la ordenada espectral que corresponde a $T=0$ y c el coeficiente sísmico, que se consignan en la tabla 3.1.

De acuerdo con este requisito, la fuerza lateral que actúa en el i -ésimo nivel, F_i , resulta ser

$$F_i = \frac{c}{Q} W_i h_i \frac{\sum W_i}{\sum W_i h_i} \quad (8.1)$$

Donde

W_i peso de la i -ésima masa; y

h_i altura de la i -ésima masa sobre el desplante.

8.2 Reducción de las fuerzas cortantes.

Podrán adoptarse fuerzas cortantes menores que las calculadas según la sección anterior, siempre que se tome en cuenta el valor aproximado del periodo fundamental de vibración de la estructura, de acuerdo con lo siguiente:

- a. El periodo fundamental de vibración, T , se tomará igual a

$$2\pi \sqrt{\frac{\sum W_i X_i^2}{g \sum W_i x_i}} \quad (8.2)$$

donde x_i es el desplazamiento del nivel i , relativo a la base de la estructura, en la dirección de la fuerza, g la aceleración de la gravedad, y las sumatorias se llevan a todos los niveles.

- b. Si T es menor o igual que T_b , se procederá como en la sección 8.1, pero de tal manera que la relación V_0/W_0 sea igual a a/Q' , calculándose a y Q' como se especifica, respectivamente, en los Capítulos 4 y 5.

- c. Si T es mayor que T_b , cada una de las fuerzas laterales se tomará igual a:

$$F_i = W_i (k_1 h_1 + k_2 h_2^2) \frac{a}{Q'} \quad (8.3)$$

Donde

$$k_1 = [1 - 0.5r(1 - q)] \frac{\sum W_i}{\sum W_i h_i} \quad (8.4)$$

$$k_2 = 0.75r(1 - q) \frac{\sum W_i}{\sum W_i h_i} \quad (8.5)$$

q se calcula con la ec. 3.2. El valor de a no se tomará menor que a_0 .

8.3 Péndulos invertidos

En el análisis de péndulos invertidos (estructuras en que 50 por ciento 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 ésta), además de la fuerza lateral estipulada, se tendrán en cuenta las aceleraciones verticales de la masa superior asociadas a su giro con respecto a un eje horizontal normal a la dirección de análisis y que pase por el punto de unión entre la masa y el elemento resistente. El efecto de dichas aceleraciones se tomará equivalente a un par aplicado en el extremo superior del elemento resistente, cuyo valor es:

$$1.5 F_i r_0^2 u/x \quad (8.6)$$

donde

r_0 radio de giro de la masa con respecto al eje horizontal en cuestión; y

u y x giro y desplazamiento lateral, respectivamente, del extremo superior del elemento resistente bajo la acción de la fuerza lateral F_i .

8.4 Apéndices, elementos no estructurales y diafragmas

Cuando se considere relevante revisar la seguridad de apéndices o elementos no estructurales, se estimará la fuerza sísmica que actúa sobre ellos como el producto de su masa y la aceleración máxima del piso en el punto de apoyo del elemento considerado por un factor de amplificación dinámica, γ_a que tome en cuenta la relación entre el periodo natural del elemento en cuestión y el periodo dominante de la respuesta dinámica del piso en que se apoya. Este criterio es aplicable a contenidos como apéndices (parapetos, pretilas, anuncios, plafones) y elementos no estructurales (equipos, instalaciones, ornamentos, ventanales, muros, revestimientos).

En forma aproximada, el factor de amplificación γ_a puede obtenerse con la ecuación 8.7, en la que r_T es el cociente del periodo natural del contenido entre el periodo dominante de la respuesta dinámica del piso:

$$\gamma_a = \frac{1+4\beta_c r_T}{(1+0.5r_T^{3.5})Q_c} \quad (8.7)$$

donde β_c es un factor por amortiguamiento para el contenido que debe estimarse como:

$$\beta_c = (0.05/\zeta_c)^{0.45} \quad (8.7.1)$$

ζ_c es la fracción de amortiguamiento crítico del contenido, y Q_c , un factor que toma en cuenta su capacidad de comportamiento dúctil.

En caso de no poderse justificar otro valor ζ_c debe considerarse igual a 0.02. Si no se conoce r_T , puede tomarse $\gamma_a = 4.0$. El factor Q_c se obtendrá de la siguiente tabla:

Componente	Q_c
Rígido sin anclaje	1
Rígido o flexible, anclado, de acuerdo con el nivel de ductilidad de elementos y anclajes	
a) Baja	1.5
b) Limitada a alta	2.5

La seguridad contra deslizamiento y contra volteo de contenidos rígidos simplemente apoyados se deberá evaluar en al menos dos direcciones horizontales ortogonales, verificando las siguientes condiciones:

a) Para deslizamiento

$$\mu_s > a_i \quad (8.7.2)$$

b) Para volteo

$$b_{me} > h_{cm} a_i \quad (8.7.3)$$

donde μ_s es el coeficiente de fricción estático entre los materiales de la base del contenido y la superficie de apoyo, h_{cm} , la altura del centro de masa del contenido, medida desde la superficie de apoyo, y b_{me} , la menor distancia, en la dirección horizontal considerada, entre la vertical que pasa por el centro de masa del contenido hasta el borde de su zona de apoyo; a_i aceleración absoluta como fracción de la aceleración de la gravedad del centro de masa del i -ésimo nivel, calculada como la resultante de las aceleraciones absolutas en las dos direcciones ortogonales consideradas para el análisis.

Se incluyen, asimismo, los elementos sujetos a esfuerzos que dependen principalmente de su propia aceleración (no de la fuerza cortante ni del momento de volteo), como las losas y diafragmas que transmiten fuerzas de inercia de las masas que soportan.

8.5 Efectos de torsión

La excentricidad torsional de rigideces calculada en cada entrepiso, es, se tomará como la distancia entre el centro de torsión del nivel correspondiente y el punto de aplicación de la fuerza cortante en dicho nivel. Para fines de diseño, el momento torsionante se tomará por lo menos igual a la fuerza cortante de entrepiso multiplicada por la excentricidad que para cada marco o muro resulte más desfavorable de las siguientes:

$$1.5e_s + 0.1b; o$$

$$e_s - 0.1b \quad (8.8)$$

donde b es la dimensión de la planta que se considera, medida perpendicularmente a la acción sísmica.

Además, la excentricidad de diseño en cada sentido no se tomará menor que la mitad del máximo valor calculado para los entrepisos que se hallan abajo del que se considera, ni se tomará el momento torsionante de ese entrepiso menor que la mitad del máximo calculado para los entrepisos que están arriba del considerado.

En estructuras para las que el factor de comportamiento sísmico Q especificado en el

Capítulo 5 sea mayor o igual a 3, en ningún entrepiso la excentricidad torsional calculada estáticamente deberá exceder de 0.2b.

Ningún elemento estructural tendrá una resistencia menor que la necesaria para resistir la fuerza cortante directa.

8.6 Efectos de segundo orden

Deberán tenerse en cuenta explícitamente en el análisis los efectos geométricos de segundo orden, esto es, los momentos y cortantes adicionales provocados por las cargas verticales al obrar en la estructura desplazada lateralmente.

Estos efectos pueden despreciarse si en algún entrepiso no se cumple la condición

$$\frac{\Delta}{H} \leq 0.08 \frac{V}{W} \quad (8.9)$$

donde:

Δ Δ desplazamiento lateral relativo entre los dos niveles que limitan el entrepiso considerado;

H altura del entrepiso;

V V fuerza cortante calculada en el entrepiso; y

W peso de la construcción situada encima del entrepiso, incluyendo cargas muertas y vivas.

Los desplazamientos Δ se calculan multiplicando por Q los causados por las fuerzas sísmicas reducidas.

8.7 Efectos bidireccionales

Los efectos de ambos componentes horizontales del movimiento del terreno se combinarán tomando, en cada dirección en que se analice la estructura, el 100 por ciento de los efectos del componente que obra en esa dirección y el 30 por ciento de los efectos del que obra perpendicularmente a ella, con los signos que resulten más desfavorables para cada concepto.

8.8 Comportamiento asimétrico

En el diseño de estructuras cuyas relaciones fuerza-deformación difieran en sentidos opuestos, se dividirán los factores de resistencia que corresponden según las Normas respectivas, entre el siguiente valor

$$1 + 2.5dQ \quad (8.10)$$

donde d es la diferencia en los valores de a/Q' , expresados como fracción de la gravedad, que causarían la falla o fluencia plástica de la estructura en uno y otro sentido de la dirección de análisis.

9. ANÁLISIS DINÁMICO

Se aceptarán como métodos de análisis dinámico el análisis modal y algún otro método que pueda considerarse equivalente o similar y que dicho método tenga niveles de seguridad adecuados y congruentes con los requisitos contenidos en el Reglamento y en estas Normas, siempre y cuando se le solicite por escrito a la autoridad correspondiente y esta acepte la utilización de dicho método.

9.1 Análisis modal

Cuando en el análisis modal se desprecie el acoplamiento entre los grados de libertad de traslación horizontal y de rotación con respecto a un eje vertical, deberá incluirse el efecto de todos los modos naturales de vibración con periodo mayor o igual a 0.4 segundos, pero en ningún caso podrán considerarse menos de los tres primeros modos de vibrar en cada dirección de análisis, excepto para estructuras de uno o dos niveles.

Si en el análisis modal se reconoce explícitamente el acoplamiento mencionado, deberá incluirse el efecto de los modos naturales que, ordenados según valores decrecientes de sus periodos de vibración, sean necesarios para que la suma de los pesos efectivos en cada dirección de análisis sea mayor o igual a 90 por ciento del peso total de la estructura.

Los pesos modales efectivos, W_{ei} , se determinarán como

$$W_{ei} = \frac{(\{\phi_i\}^T [W] \{J\})^2}{\{\phi_i\}^T [W] \{\phi_i\}} \quad (9.1)$$

donde $\{\phi_i\}$ es el vector de amplitudes del i -ésimo modo natural de vibrar de la estructura, $[W]$ la matriz de pesos de las masas de la estructura y $\{J\}$ un vector formado con "unos" en las posiciones correspondientes a los grados de libertad de traslación en la dirección de análisis y "ceros" en las otras posiciones.

El efecto de la torsión accidental se tendrá en cuenta trasladando transversalmente 0.1b las

fuerzas sísmicas resultantes para cada dirección de análisis, considerando el mismo signo en todos los niveles.

Para calcular la participación de cada modo natural en las fuerzas laterales que actúan sobre la estructura, se supondrán las aceleraciones espectrales de diseño especificadas en el Capítulo 3, reducidas como se establece en el Capítulo 4.

Las respuestas modales S_i (donde S_i puede ser fuerza cortante, desplazamiento lateral, momento de volteo, u otras), se combinarán para calcular las respuestas totales S de acuerdo con la expresión

$$S = \sqrt{\sum S_i^2} \quad (9.2)$$

siempre que los periodos de los modos naturales en cuestión difieran al menos diez por ciento entre sí. Para las respuestas en modos naturales que no cumplen esta condición se tendrá en cuenta el acoplamiento entre ellos. Los desplazamientos laterales así calculados, y multiplicados por el factor de comportamiento sísmico Q , se utilizarán para determinar efectos de segundo orden y para verificar que la estructura no excede los desplazamientos máximos establecidos en la sección 1.8.

9.2 Revisión por cortante basal

Si con el método de análisis dinámico que se haya aplicado se encuentra que, en la dirección que se considera, la fuerza cortante basal V_0 es menor que

$$0.8a \frac{w_0}{Q} \quad (9.3)$$

se incrementarán todas las fuerzas de diseño y desplazamientos laterales correspondientes, en una proporción tal que V_0 iguale a este valor; a y Q' se calculan para el periodo fundamental de la estructura en la dirección de análisis, como se indica en los Capítulos 3 y 4.

9.3 Efectos bidireccionales

Cualquiera que sea el método dinámico de análisis que se emplee, los efectos de movimientos horizontales del terreno en direcciones ortogonales se combinarán como se especifica en relación con el método estático de análisis sísmico en la sección 8.7. Igualmente aplicables son las demás disposiciones del Capítulo 8 en cuanto al cálculo de fuerzas internas y desplazamientos laterales, con las salvedades que señala el presente Capítulo.

10. ANÁLISIS Y DISEÑO DE OTRAS CONSTRUCCIONES NUEVAS

Las presentes Normas sólo son aplicables en su integridad a edificios. Tratándose de otras estructuras se aplicarán métodos de análisis apropiados al tipo de estructura en cuestión siempre que tales métodos respeten las disposiciones del presente Capítulo, sean congruentes con estas Normas y reciban la aprobación de las autoridades responsables.

10.1 Tanques, péndulos invertidos y chimeneas

En el diseño de tanques, péndulos invertidos y

chimeneas, las fuerzas internas debidas al movimiento del terreno en cada una de las direcciones en que se analice, se combinarán con el 50 por ciento de las que produzca el movimiento del terreno en la dirección perpendicular a ella, tomando estas últimas con el signo que para cada elemento estructural resulte más desfavorable.

En el diseño de tanques deberán tenerse en cuenta las presiones hidrostáticas y las hidrodinámicas del líquido almacenado, así como los momentos que obren en el fondo del recipiente.

10.2 Muros de contención

Los empujes que ejercen los rellenos sobre los muros de contención, debidos a la acción de los sismos, se valuarán suponiendo que el muro y la zona de relleno por encima de la superficie crítica de deslizamiento se encuentran en equilibrio límite bajo la acción de las fuerzas debidas a carga vertical y a una aceleración horizontal igual a $4a_0/3$ veces la gravedad. Podrán, asimismo, emplearse procedimientos diferentes siempre que sean previamente aprobados por las autoridades responsables.

11. ESTRUCTURAS EXISTENTES

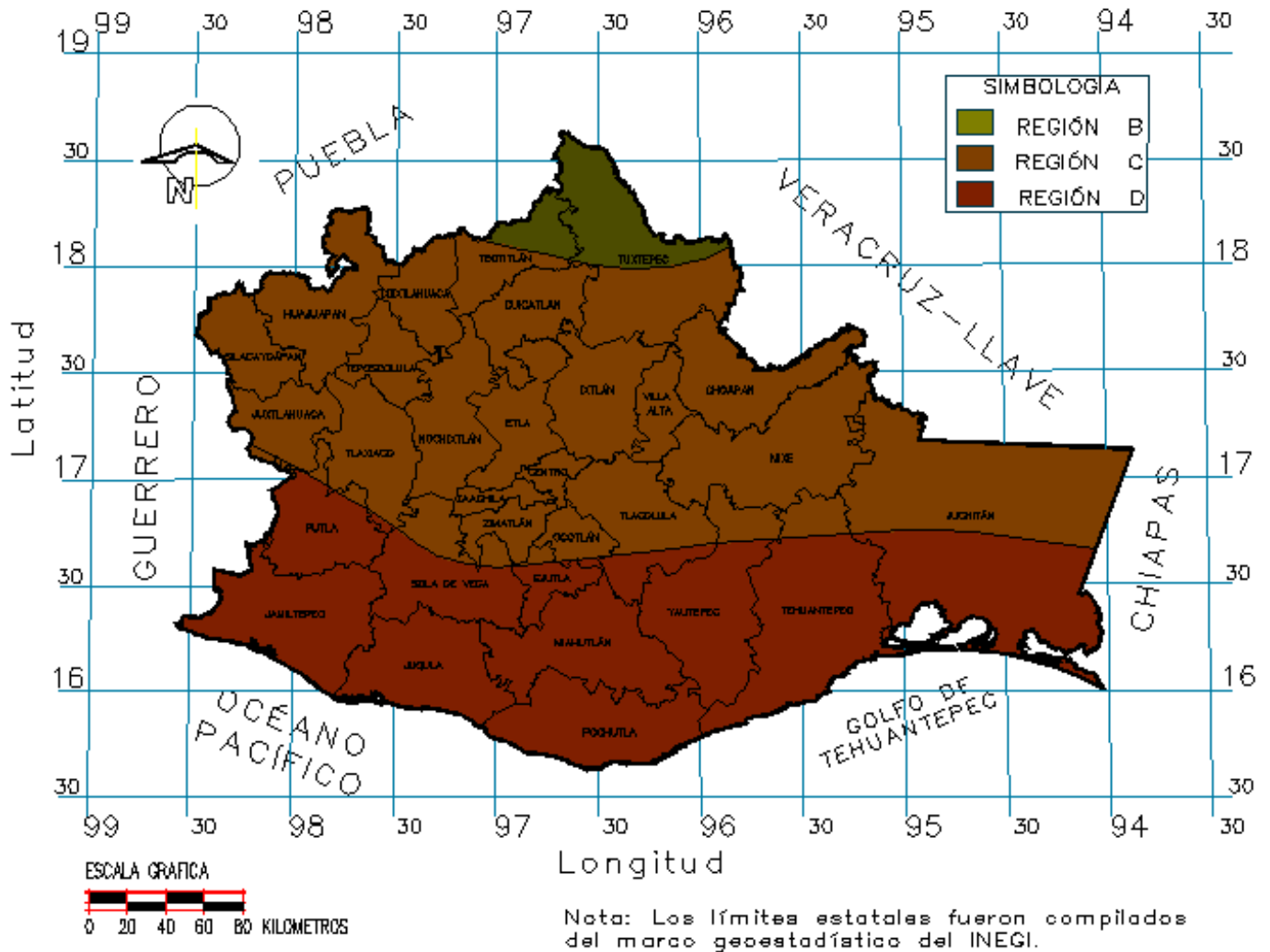
En la revisión de la seguridad de un edificio existente se adoptará el valor del factor de comportamiento sísmico Q que, en los términos del Capítulo 5, corresponda al caso cuyos requisitos sean esencialmente

satisfechos por la estructura, a menos que se justifique, a satisfacción de las autoridades responsables, la adopción de un valor mayor que éste.

Tratándose de estructuras cuyo comportamiento en sentidos opuestos sea asimétrico por inclinación de la estructura con respecto a la vertical, si el desplomo de la construcción excede de 0.01 veces su altura, se tomará en cuenta la asimetría multiplicando las fuerzas sísmicas de diseño por $1+10f$ cuando se use el método simplificado de análisis sísmico, o por $1+5Q_f$ cuando se use el estático o el dinámico modal, siendo f el desplomo de la construcción dividido entre su altura. Si se emplea el método dinámico de análisis paso a paso se hará consideración explícita de la inclinación.

Cuando se refuerce una construcción del grupo B con elementos estructurales adicionales será válido adoptar los valores de Q que corresponden a estos elementos, siempre que sean capaces de resistir en cada entrepiso al menos 50 por ciento de la fuerza cortante de diseño, resistiendo la estructura existente el resto, y en cada nivel las resistencias de los elementos añadidos sean compatibles con las fuerzas de diseño que les correspondan. Deberá comprobarse que los sistemas de piso tienen la rigidez y resistencia suficientes para transmitir las fuerzas que se generan en ellos por los elementos de refuerzo que se han colocado y, de no ser así, deberán reforzarse y/o rigidizarse los sistemas de piso para lograrlo.

Figura 1.4.1 Regionalización del Estado de Oaxaca



Fuente: Síntesis de información Geográfica del Estado de Oaxaca.

Tabla 1.4.1 Lista de Municipios y Distritos, según la Región Sísmica

REGIÓN SÍSMICA	CLAVE	NOMBRE DEL MUNICIPIO	DISTRITO
B	002	Acatlán de Pérez Figueroa.	Tuxtepec.
	021	Cosolapa.	Tuxtepec.
	044	Loma Bonita.	Tuxtepec.
	134	San Felipe Jalapa de Díaz.	Tuxtepec.
	166	San José Chiltepec.	Tuxtepec.
	169	San José Independencia.	Tuxtepec.
	184	San Juan Bautista Tuxtepec.	Tuxtepec.
	187	San Juan Coatzacoapam.	Tuxtepec.
	278	San Miguel Soyaltepec Temascal.	Tuxtepec.
	309	San Pedro Ixcatlán.	Tuxtepec.
	029	Eloxochitlán de Flores Magón.	Teotitlán.
	041	Huautla de Jiménez.	Teotitlán.
	142	San Francisco Huehuetlán.	Teotitlán.
	163	San Jerónimo Tecóatl.	Teotitlán.
	169	San José Independencia.	Teotitlán.
	171	San José Tenango.	Teotitlán.
	228	San Lorenzo Cuauquecuiltitla.	Teotitlán.
	234	San Lucas Zoquiapam.	Teotitlán.
	244	San Martín Toxpalán.	Teotitlán.
	249	San Mateo Yoloxochitlán.	Teotitlán.
	322	San Pedro Ocopetatlillo.	Teotitlán.
	354	Santa Ana Ateixtlahuaca.	Teotitlán.
	374	Santa Cruz Acatepec.	Teotitlán.
	396	Santa María la Asunción.	Teotitlán.
	406	Santa María Chilchotla.	Teotitlán.
	434	Santa María Teopoxco.	Teotitlán.
	490	Santiago Texcalcingo.	Teotitlán.
	545	Teotitlán de Flores Magón.	Teotitlán.
C		Todos los municipios.	Centro.
		Todos los municipios.	Choapan.
		Todos los municipios.	Coixtlahuaca.
		Todos los municipios.	Cuicatlán.
		Todos los municipios.	Etla.
		Todos los municipios.	Huajuapán.
		Todos los municipios.	Ixtlán.
		Todos los municipios.	Juxtlahuaca.
		Todos los municipios.	Mixe.
		Todos los municipios.	Nochistlán.
		Todos los municipios.	Ocotlán.
		Todos los municipios.	Silacayoapán.
		Todos los municipios.	Teposcolula.
		Todos los municipios.	Tlaxiaco.

		Todos los municipios.	Villa Alta.
		Todos los municipios.	Zaachila.
		Todos los municipios.	Zimatlán.
		Todos los municipios excepto los de la región	Teotitlán.
		Todos los municipios excepto 333 y 449.	Tlacolula.
		Todos los municipios excepto los de la región	Tuxtepec.
	238	San Martín de los Cansecos	Ejutla.
	010	Barrio de la Soledad.	Juchitán.
	057	Matías Romero.	Juchitán.
	198	San Juan Guichicovi.	Juchitán.
	265	San Miguel Chimalapa.	Juchitán.
	407	Santa María Chimalapa.	Juchitán.
	427	Santa María Petapa.	Juchitán.
	513	Santo Domingo Petapa.	Juchitán.
	137	San Francisco Cahuacua.	Sola de Vega.
	420	Santa María Lachixio.	Sola de Vega.
	535	San Vicente Lachixio.	Sola de Vega.
	036	Guevea de Humboldt.	Tehuantepec.
	200	San Juan Juquila Mixes.	Yautepec.
D	333	San Pedro Totolapam.	Tlacolula.
	449	Santa María Zoquitlán.	Tlacolula.
		Todos los municipios.	Jamiltepec.
		Todos los municipios.	Juquila.
		Todos los municipios.	Miahuatlán.
		Todos los municipios.	Pochutla.
		Todos los municipios.	Putla.
		Todos los municipios excepto 238.	Ejutla.
		Todos los municipios excepto los de la región C.	Juchitán.
		Todos los municipios excepto 137, 420 y 535.	Sola De Vega.
		Todos los municipios excepto 036.	Tehuantepec.
		Todos los municipios excepto 200.	Yautepec.