

CONTENIDOS MÍNIMOS DEL CÓDIGO MODELO SÍSMICO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Versión 1

**4° Jornada “Elaboración Colaborativa De Código Modelo Sísmico Para
América Latina Y El Caribe”**

Ciudad de Panamá – Panamá – Agosto 2019

Preámbulo

El presente documento denominado **“Contenidos Mínimos del Código Modelo Sísmico para América Latina y El Caribe”**, se basa en la experiencia mancomunada de los miembros de la Comisión Permanente CMS AL&EC, con referencias a las normativas propias de los países miembros de este comité, aportadas por quienes colaboran en la creación de sus normas nacionales.

Esta instancia de colaboración nace como parte de los acuerdos de la 2° Jornada de Elaboración Colaborativa del Código Modelo de Diseño Sísmico para América Latina y el Caribe, efectuada en San José, Costa Rica durante los días 19 y 20 de julio de 2018, y para llevar a cabo este compromiso, se crea un subcomité en Chile presidido por el señor Ian Watt (Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales - AICE Chile), contando como vicepresidenta a Marlena Murillo Segura (Colegio de Ingenieros de Chile)

Participaron en algún momento en el comité las siguientes personas e instituciones:

NOMBRE	INSTITUCIÓN
Ian Watt (presidente)	Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales - AICE
Marlena Murillo (vicepresidenta)	Colegio de Ingenieros de Chile
Rodolfo Saragoni	Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica - Achisina
Cristian Delporte	Asociación de Ingenieros Civiles - AICE
Lucio Ricke	Asociación de Ingenieros Civiles - AICE
Cristina Barría	Ministerio de Vivienda y Urbanismo - División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional
Isabel García	Universidad Central
Nicol Díaz	Instituto de la Construcción (Secretaría Técnica)

El primer borrador de este documento fue presentado por el presidente del subcomité chileno en la 3° Jornada de Elaboración Colaborativa del Código Modelo de Diseño Sísmico para América Latina y el Caribe, efectuada en Antigua, Guatemala durante los días 27, 28 y 29 de marzo de 2019, donde se recibieron observaciones y complementos, vertidas en la “Versión 1”, que fue aprobada por la comisión permanente del Código Modelo Sísmico para América Latina y El Caribe – CMS AL&EC, durante la 4° Jornada de Elaboración Colaborativa del Código Modelo de Diseño Sísmico para América Latina y el Caribe, efectuada en Ciudad de Panamá, Panamá, durante los días 28, 29 y 30 de Agosto de 2019.

Los asistentes de la 4ª Jornada de Elaboración Colaborativa del Código Modelo Sísmico para América Latina y el Caribe, fueron los siguientes:

Panamá

- Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura: Rutilio Villarreal, Secretario General; Ernesto NG, Comité Consultivo Permanente del REP.
- Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia: Jaime Toral Boutet, Director Ejecutivo.
- Universidad Tecnológica de Panamá: Ramiro Vargas, Director del Centro Experimental de Ingeniería; José Manuel Gallardo Méndez, Investigador y Docente; Rogelio B. Pittí E., Docente; Román Lorenzo, Jefe de departamento de Mecánica Estructural; Francisco J. Grajales Saavedra, Investigador y Docente;
- Universidad de Panamá: Eric A.Chichaco R., Ingeniero Geólogo; Luis Santamaria Vallejos, Ingeniero Geofísico;
- Comité Reglamento Estructural de Panamá - REP: Luis García Dutari, Comisionado; Antonio Abrego Maloff, Comisionado; Daniel Ulloa, Comisionado; Eduardo Camacho Astigarrabia, Comisionado.
- Sistema Nacional de Protección Civil - SINAPROC: Nilda M. Cortés V., Ingeniera Civil.
- Isthmian Geo Resources Inc. Autoridad del Canal de Panamá EX: Pastora Franceschi Saavedra, Ingeniera en Minas y Geología del Canal.

Bolivia

- Colegio de Ingenieros Civiles de Bolivia: Gabriela Analy Gonzáles Torres y Neiva Pamela Baldiviezo Peñaranda.

Chile

- Ministerio de Vivienda y Urbanismo: Marcelo Soto, Jefe del departamento Tecnologías de la Construcción.
- Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales: Ian Watt, Secretario.
- Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica: Rodolfo Saragoni, Presidente; Jorge Carvalho, Director.
- Instituto de la Construcción: José Pedro Campos, Director Ejecutivo; Nicol Díaz, Secretaria Técnica.

Colombia

- Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil: Alvaro Viviescas Jaimes; Luis Eduardo Zapata y Gustavo Chio Cho.

Costa Rica

- Comisión Permanente Código Sísmico de Costa Rica: Miguel Cruz, Presidente; Javier Cartín, Vicepresidente; Johnny Bermúdez, Tesorero.
- Universidad de Costa Rica: Diego Hidalgo, Coordinador Laboratorio de Ingeniería Sísmica, Universidad de Costa Rica.

El Salvador

- Ministerio de Obras Públicas y Transportes - MOPT: William Guzmán, Director DACGER.
- Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales – MARN: Luis Ernesto Mixco, Sismólogo.
- Asociación Internacional para la Gestión de Emergencias Latinoamérica & Caribe - AIGELAC: Edwin Portillo, Representante.

Guatemala

- Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica – AGIES: Alberto Pérez, Presidente; Byron Paiz, Comité de Normas.

Nicaragua

- Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI: Ileana Silva, Responsable Dirección de Estudios y Normas de la Construcción; Maycol Rugama Idiaquez, Responsable Departamento Estudios y Tecnología en Normas de Construcción.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales - INETER: José Leonardo Álvarez, Asesor en Ciencias de La Tierra.

Tabla de contenido

Preámbulo	1
a. Introducción.....	7
b. Terminología y Simbología.....	8
b.1. Términos y definiciones	8
b.2. Simbología.....	8
c. Alcance, ámbito de aplicación y exclusiones.....	8
d. Clasificación de edificaciones.....	9
d.1. Por Uso o Importancia.....	9
d.2. Por Irregularidad	11
d.3. Por Material.....	12
d.4. Por Sistema Estructural	12
e. Objetivos de desempeño.....	13
f. Referencias	13
f.1. Normas de referencia y consulta	13
f.1.1. Normas de Requisitos Generales de Materiales de Construcción	13
f.1.2. Normas para Otras Solicitaciones	14
f.1.3. Documentos de referencias y consulta.....	14
g. Amenaza sísmica	15
g.1. Sismicidad.....	15
g.1.1. Regional.....	15
g.1.2. Local	15
g.2. Estimación de la amenaza sísmica	15
g.2.1. Métodos Determinísticos.....	15
g.2.2. Métodos Probabilísticos.....	15
g.3. Registros Sísmicos	15
g.3.1. Procesamiento de registros sísmicos	15
g.3.2. Características y parámetros de los registros sísmicos.....	15
g.3.3. Metodologías y procedimientos para la obtención de registros sísmicos específicos a las características de cada sitio	15
h. Clasificación de Suelos.....	16
i. Demanda sísmica.....	17
j. Combinación de Cargas	18



k.	Metodología de análisis sísmico del sistema estructural	18
k.1.	Sistema estructural de la edificación y los parámetros de análisis que aplican en su caso	18
k.1.1.	Sistema de Marcos Rígidos.....	18
k.1.2.	Sistema de Marcos Arriostrados	18
k.1.3.	Sistemas de Muros de Corte	18
k.1.4.	Sistemas mixtos.....	18
k.1.5.	Sistemas de enrejados.....	19
k.1.6.	Sistemas de Cables. Colgantes y atirantados.	19
k.2.	Métodos de Análisis Sísmico	19
k.2.1.	Lineales.....	19
k.2.2.	No Lineales	20
k.2.3.	Simplificado - viviendas de 1 y 2 pisos	20
k.3.	Interacción suelo-estructura	21
k.4.	Análisis de estructuras aisladas sísmicamente o con disipación.	23
k.4.1.	Aislación Sísmica	23
k.4.2.	Disipación de Energía	24
k.4.3.	Masas Sintonizadas	25
k.4.4.	Otros Sistemas.....	26
l.	Metodología de diseño sísmico del sistema estructural	27
l.1.	Diseñar y detallar los elementos estructurales que componen la edificación, incluyendo fundaciones.	27
l.2.	Verificar los objetivos de desempeño en la estructura diseñada y el cumplimiento de los requerimientos normativos mínimos de seguridad.	27
l.3.	Diseño de estructuras aisladas sísmicamente o con disipación.....	27
l.3.1.	Aislación Sísmica	27
l.3.2.	Disipación	27
l.3.3.	Masas Sintonizadas	27
l.3.4.	Otros sistemas.....	27
m.	Metodología de análisis y diseño sísmico de elementos no estructurales, secundarios y equipos	27
m.1.	Clasificación sísmica	27
m.2.	Requerimientos generales	27

m.3.	Definición solicitaciones para los componentes	28
m.3.1.	Fuerzas de Diseño	28
m.3.2.	Desplazamientos de diseño.....	28
m.4.	Verificación Compatibilidad con la Estructura	28
m.5.	Diseño Anclajes	29
n.	Requisitos para el aseguramiento de la calidad en el diseño sísmico y construcción	29
n.1.	Verificación de los objetivos de desempeño a niveles de diseño	29
n.2.	Instrumentación de Edificios.....	29
n.3.	Requisitos de Gestión.....	30
n.3.1.	Participación de Ingenieros Revisores de Proyectos de Diseño Estructural	30
n.3.2.	Participación de Inspectores Técnicos de Obra - ITO.....	30
n.3.3.	Fiscalización de la autoridad competente.....	31
n.3.4.	Documentación Estandarizada.....	31
n.3.5.	Suscripción de los profesionales responsables	32
n.3.6.	Protocolo de revisión y mantenimiento en el tiempo de la obra.	32
o.	Evaluación y reparación de estructuras existentes	32
o.1.	Evaluación y diagnóstico	32
o.1.1.	Criterios y objetivos de desempeño.....	32
o.1.2.	Procedimientos de análisis.....	33
o.2.	Adecuación.....	33
o.3.	Reparación	33
o.4.	Reforzamiento.....	33
p.	Anexos.....	33
p.1.	Anexo 1: Mapas de zonificación sísmica	33
p.2.	Anexo 2: Cuantificación y caracterización de Amenaza Sísmica.....	33
p.3.	Anexo 3: Espectros de Diseño Sísmico	33

a. Introducción

El presente documento corresponde a una propuesta de contenidos mínimos del código sísmico referencial para América Latina y El Caribe, que considera las diferentes características de la sismicidad de la región, debido a la interacción de las placas tectónicas presentes, lo que da lugar a una marcada subducción en la costa pacífica de Sudamérica, Centro América y México, así como a una transcurción en el caso de la placa del Caribe.

Considera además los efectos neotectónicos de fallas activas muy importantes en la sismicidad de algunos países de la región. Adicionalmente, en algunos casos el efecto dinámico del suelo tiene un rol dominante en su diseño sísmico.

Este código referencial considera este amplio espectro de situaciones que se presentan en la región, resumiendo el conocimiento y el estado del arte actual en materia de diseño sísmico de todos los países, para lograr este documento que satisface las diversas necesidades potenciales de los países miembros.

El objetivo del código es tener construcciones seguras que garanticen salvaguardar las vidas humanas y en una etapa futura conducir al desafío de construcciones y ciudades resilientes.

Considerando el avance acelerado de la investigación en sismología, geotecnia, análisis y diseño estructural este documento requiere de una revisión y actualización periódica que recoja los resultados de dichas investigaciones.

Este documento al ser referencial debe ser comparado y complementado con las normas, leyes, ordenanzas y reglamentos locales de cada país, sirviendo de complemento a los códigos nacionales y está orientado a su actualización y mejora en la medida que cada país lo estime necesario.

A continuación, se entrega la propuesta de contenidos mínimos del Código Modelo de Diseño Sísmico Regional para América Latina y El Caribe en adelante CMDSR.

Rodolfo Saragoni Huerta

Presidente Asamblea CMDSR

Presidente - Asociación Chilena De Sismología E Ingeniería Antisísmica (ACHISINA) - Chile

b. Terminología y Simbología

De la revisión de las normativas regionales, se detecta distinta terminología para los países miembros, siendo necesario que se genere una nomenclatura común.

b.1. Términos y definiciones

b.2. Simbología

c. Alcance, ámbito de aplicación y exclusiones

Este documento define los criterios mínimos para el análisis y diseño sismorresistente de edificaciones nuevas. También especifica las exigencias sísmicas para componentes y sistemas no estructurales en las edificaciones. Incluye además un procedimiento para la evaluación de daño sísmico y eventual reparación de edificaciones existentes.

Este documento aplica a edificaciones tales como:

- Edificios para uso habitacional, comercio y/o oficinas de uno o varios pisos.
- Espacios de uso público como centros de atención hospitalaria, iglesias, recintos educacionales, teatros, museos, estadios, salas de concierto, bibliotecas, servicios de emergencia, cárceles, cuarteles de policía.
- Bodegas, estacionamientos, estructuras prefabricadas e instalaciones provisionales.

Este documento no aplica para las siguientes estructuras:

- Obras Civiles: puentes, presas, acueductos, túneles, muelles, canales, etc.
- Centrales de Energía y torres de transmisión.
- Edificios y/o Instalaciones Industriales.

El objetivo de este documento es ser una guía para la elaboración de las normativas nacionales por parte de las autoridades competentes. Reúne el conocimiento y el estado del arte actual en materia del análisis y diseño estructural para lograr un documento que satisfaga las diversas necesidades de los países miembros, con el objetivo de tener construcciones lo suficientemente seguras, para cumplir con los objetivos de desempeño establecidos. Este documento no es una norma, ni vincula legalmente a sus usuarios.

Los usuarios de este documento son:

- Profesionales competentes
- Autoridad Competente/ Entidad Regulatoria
- Organismos de Gobierno
- Universidades e Instituciones académicas
- Aseguradoras

Este documento considera solamente el efecto que las vibraciones del terreno inducen sobre las edificaciones. No considera otros efectos nocivos de los sismos tales como asentamientos, deslizamientos, licuación de suelos, ruptura por fallamiento superficial, o inundación por tsunami.

Este documento requiere una revisión y actualización periódica, incorporando los avances en la materia, validados por la experiencia regional.

d. Clasificación de edificaciones

d.1. Por Uso o Importancia

La estructura se clasificará en una de las categorías que se establecen a continuación y se adoptará el correspondiente factor de importancia I. El propósito del factor I es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño.

Tipo de uso, Importancia	Categoría	Ejemplos	Coeficiente I (ejemplo)
Estructuras no destinadas a habitación	I	Estructuras aisladas o provisionales no destinadas a habitación, no clasificables en las Categorías de Ocupación III y IV que representan un bajo riesgo para la vida humana en el caso de falla, incluyendo, pero no exclusivamente: <ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones agrícolas. • Ciertas instalaciones provisorias. • Instalaciones menores de almacenaje. 	0.6
Estructuras de ocupación normal	II	Todo lo que no es tipo I, III o IV	1.0
Estructuras de ocupación Especial	III	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1.2
Estructuras esenciales	IV	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5

Nota: los factores de Importancia deben ajustarse a las realidades de cada país.

d.2. Por Irregularidad

Las estructuras deberán clasificarse como regulares o irregulares, basados en criterios basados en su configuración estructural. La irregularidad estructural puede alterar significativamente el desempeño de una estructura durante un sismo. La irregularidad estructural se divide típicamente entre si se refiere a aspectos Horizontales o Verticales, algunas de las cuales se indican a continuación.

Irregularidades Verticales Estructurales

- Piso blando: Un piso blando es aquel cuya rigidez lateral es menor del 70% de la rigidez del piso superior o menor del 80% de la rigidez promedio de los tres pisos superiores al piso blando.
- Irregularidad de peso (masa): Se debe considerar que existe irregularidad de masa cuando la masa efectiva de cualquier piso es mayor del 150% de la masa efectiva de un piso colindante. No es necesario considerar el nivel de techo.
- Irregularidad vertical geométrica: Se considerará que existe irregularidad vertical geométrica cuando la dimensión horizontal del sistema de resistencia a las fuerzas laterales en cualquier piso es mayor del 130% de la de un piso colindante. No es necesario considerar los pisos de azotea de un solo nivel.
- Discontinuidad en el plano de los elementos verticales resistentes a las fuerzas laterales: Una excentricidad en el plano de los elementos resistentes a cargas laterales mayor que la longitud de esos elementos.
- Discontinuidad en capacidad - piso blando: Un piso débil es aquel en que la resistencia del piso es menor del 80% de la resistencia del piso superior. La resistencia del piso es la resistencia total de todos los elementos resistentes a las fuerzas sísmicas que comparten el esfuerzo cortante del piso en la dirección bajo consideración.

Irregularidades Horizontales Estructurales

- Irregularidad torsional a considerar cuando los diafragmas son rígidos en su plano: Se debe considerar que existe irregularidad torsional cuando el máximo desplazamiento relativo del piso calculado incluyendo la torsión accidental, en un extremo de la estructura transversal a un eje es más de 1,2 veces el promedio de los desplazamientos relativos del piso de los dos extremos de la estructura.
- Esquinas reentrantes: Se debe considerar que existe irregularidad en planta cuando el sistema resistente a las fuerzas laterales posee planos con esquinas reentrantes tales que los retrocesos o avances ocasionados son mayores que el 15% de la dimensión del plano resistente en su dirección principal.
- Discontinuidad de diafragma: Los diafragmas con discontinuidades abruptas o variaciones de rigidez, incluyendo los que tienen áreas recortadas o abiertas mayores del 50% del área bruta encerrada del diafragma o cambios en la rigidez efectiva del diafragma mayores del 50% de un piso al siguiente.

- Desviaciones fuera del plano: Discontinuidades en una trayectoria de fuerza lateral como desviaciones fuera del plano de los elementos verticales.
- Sistemas no paralelos: Los elementos verticales resistentes a las cargas laterales no son paralelos ni simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales del sistema que resiste las fuerzas laterales.

Hay varias razones para el pobre desempeño de estructuras irregulares. La principal es que en estructuras regulares la incursión inelástica se tiende a distribuir en toda la estructura, mientras que en casos con irregularidades mayores, el comportamiento inelástico se concentra en pocos puntos. Adicionalmente, algunas irregularidades pueden introducir demandas no anticipadas que pueden no ser consideradas adecuadamente por el diseñador. Finalmente, los análisis simplificados típicamente usados frecuentemente no pueden predecir la distribución de la demanda en configuraciones estructurales irregulares, lo que puede causar una subestimación de los esfuerzos en las áreas asociadas a la irregularidad.

La clasificación por grado de irregularidad puede afectar:

- El valor del coeficiente de reducción R
- Limitar el tipo de sistemas estructurales disponibles para el grado de irregularidad
- La cantidad máxima de pisos para el grado de irregularidad
- Tipos de análisis sísmico que se pueden utilizar para el grado de irregularidad.

d.3. Por Material

Esta clasificación refleja las características de absorción y disipación de energía de los materiales empleados, así como la experiencia sobre el comportamiento sísmico de los diferentes tipos de materiales.

La clasificación por tipo de material puede afectar:

- El valor del coeficiente de reducción R
- Limitar el tipo de sistemas estructurales disponibles con ese material
- La cantidad máxima de pisos con ese material
- Tipos de análisis sísmico que se pueden utilizar.

d.4. Por Sistema Estructural

Esta clasificación refleja las características de absorción y disipación de energía de los distintos sistemas estructurales empleados, así como la experiencia sobre el comportamiento sísmico de los diferentes sistemas.

La clasificación por sistema estructural puede afectar:

- El valor del coeficiente de reducción R
- Limitar el tipo de materiales utilizables con ese sistema
- La cantidad máxima de pisos con ese sistema

- Tipos de análisis sísmico que se pueden utilizar.

e. Objetivos de desempeño

El desarrollo de este ítem queda pendiente hasta recibir el aporte del documento "Propuesta de Objetivos de Desempeño Sísmico para Obras en América Latina y El Caribe"

f. Referencias

f.1. Normas de referencia y consulta

f.1.1. Normas de Requisitos Generales de Materiales de Construcción

Todo material a utilizar en el diseño sísmo resistente debe a lo menos contar con suficiente documentación, reglamentos y/o normativas aprobadas por la Autoridad Competente para cumplir con los siguientes puntos.

f.1.1.1. Requisitos Generales del Material

Este Reglamento debe establecer los requisitos que debe cumplir el material para que se pueda confeccionar, clasificar, transportar, colocar y trabajar de forma que su uso sea aplicable para la construcción de estructuras. (Ejemplo NCh 170 - Hormigón - Requisitos generales)

f.1.1.2. Diseño del Material

Este Reglamento debe proporcionar los requisitos mínimos para el diseño y la construcción de elementos (muros, pilares, vigas, losas, consolas, nudos, etc.) conformados por el material. Este Reglamento complementa al reglamento general de construcción aprobado por la Autoridad Competente, y rige en todos los aspectos relativos al diseño del material. (Ejemplo ACI-318 - Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural)

f.1.1.3. Control de Calidad Material

Este Reglamento debe proporcionar los procedimientos de evaluación de la calidad del material. Los procedimientos de evaluación tienen por objetivo determinar la conformidad de los resultados con respecto a las propiedades especificadas en el diseño. Este Reglamento debe establecer los criterios de inspección, muestreo, ensayos y de aceptación y rechazo del material. (Ejemplos, ACI-318 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural / NCh. 1998 - Hormigón Evaluación estadística de la resistencia mecánica)

f.1.1.4. Prescripciones Adicionales del Material

Este Reglamento presenta prescripciones adicionales para el material que la Autoridad Competente estime conveniente. (Ejemplo NCh 430 - Hormigón armado - Requisitos de diseño y cálculo)

f.1.2. Normas para Otras Solicitaciones

f.1.2.1. Cargas Permanentes y Sobrecargas

Se debe hacer referencia al Reglamento que contiene las bases que permitan evaluar las cargas permanentes y cargas de uso que se deben considerar en el diseño de edificios y otras estructuras. (Ejemplo NCh 1537 - Cargas permanentes y cargas de uso, Capítulo 3 y 4 ASCE-07 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures)

f.1.2.2. Viento

Se debe hacer referencia al Reglamento que contiene las bases que permitan evaluar las cargas que la acción del viento induce sobre la estructura, revestimientos y elementos secundarios. (Ejemplo NCh 432 – Diseño Estructural Cargas de Viento, Capítulo 6 ASCE-07 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures)

f.1.2.3. Nieve

Se debe hacer referencia al Reglamento que contiene las bases que permitan evaluar las cargas que la acción de la nieve induce sobre la estructura, revestimientos y elementos secundarios. (Ejemplo NCh 433- Diseño Sísmico de Edificios, Capítulo 7 ASCE-07 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures)

f.1.2.4. Inundación

Se debe hacer referencia al Reglamento que contiene las bases que permitan evaluar las cargas que la acción de una inundación induce sobre la estructura, revestimientos y elementos secundarios. (NTM-007 Diseño estructural para edificaciones en áreas de riesgo de inundación por tsunami o seiche, Capítulo 5 ASCE-07 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures)

f.1.2.5. Lluvia

Se debe hacer referencia al Reglamento que contiene las bases que permitan evaluar las cargas que la acción de la lluvia induce sobre la estructura, revestimientos y elementos secundarios. (Capítulo 8 ASCE-07 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures)

f.1.3. Documentos de referencias y consulta.

Se debe incluir cualquier documento adicional que no sea un Reglamento aprobado por la Autoridad Competente, pero que esta considera importante para consultar y referenciar. Comúnmente son documentos emitidos por asociaciones gremiales internacionales (Ejemplo ACI Handbooks) o locales (Ejemplo Manual de Detallamiento ICH)

g. Amenaza sísmica

El desarrollo de este ítem queda pendiente hasta recibir el aporte de los avances de los miembros del comité Amenaza Sísmica, liderado por Costa Rica, en consecuencia, de acuerdos realizados durante la 4ª Jornada de "Elaboración Colaborativa De Código Modelo Sísmico Para América Latina y El Caribe" durante agosto de 2019 en Ciudad de Panamá:

Se acuerda contratar un estudio y que todos los países visualicen fuentes de financiamiento. Como lineamiento general se acuerda que debe ser un mapa de referencia, el mejor posible, que dependerá de la información que se provea, esta información puede ser aportada por los países, y además debe considerar periodos de retorno concordantes con los objetivos de desempeño establecidos por esta comisión Permanente.

Se consultará el desarrollo de un espectro de respuesta de 3 puntos a definir y el tipo de suelo a considerar en su realización será en roca, se deja como responsabilidad de cada país el desarrollo del mapa para suelos locales.

g.1. Sísmicidad

g.1.1. Regional

g.1.2. Local

g.2. Estimación de la amenaza sísmica

(condiciones sismogénicas, fallas tectónicas: subductivas profundas, profundidad intermedia o corticales, otras)

g.2.1. Métodos Determinísticos

g.2.2. Métodos Probabilísticos

g.3. Registros Sísmicos

g.3.1. Procesamiento de registros sísmicos

g.3.2. Características y parámetros de los registros sísmicos

g.3.3. Metodologías y procedimientos para la obtención de registros sísmicos específicos a las características de cada sitio

h. Clasificación de Suelos

La respuesta sísmica en superficie de un depósito de suelos y la sollicitación sísmica que se desarrolla sobre una estructura emplazada en dicho depósito son principalmente dependientes de:

- La rigidez a bajas deformaciones de los estratos superiores del terreno de fundación
- Del periodo fundamental del depósito de suelos
- Del nivel de amortiguamiento desarrollado por los distintos suelos constituyentes del terreno
- De la excitación sísmica propiamente tal

La experiencia empírica y la teoría indican que el mejor comportamiento sísmico se observa en terrenos de afloramientos rocosos y, por el contrario, el mayor daño se ha observado en terrenos de suelos finos blandos. Consecuentemente, la clasificación sísmica del terreno de fundación debe considerar unidades o niveles, que van desde el mejor comportamiento (Suelo tipo Roca) al de mayor exigencia sísmica (Suelo de compacidad o consistencia mediana)

- **Suelo tipo A:** Roca, suelo cementado:
- **Suelo tipo B:** Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme.
- **Suelo tipo C:** Suelo denso o firme.
- **Suelo tipo D:** Medianamente denso o firme:
- **Suelo tipo E:** Suelo de compacidad o consistencia mediana
- **Suelo tipo F:** Suelos especiales

Sin perjuicio de lo anterior, existen depósitos de suelos que por sus características geotécnicas singulares no permiten ser caracterizados sísmicamente dentro de los suelos tradicionales y, por tanto, requieren de estudios especiales como, por ejemplo, estudios de amplificación. En esta categoría podemos encontrar:

- Suelos potencialmente licuables, entendiendo por ellos las arenas, arenas limosas o limos saturados con índice de penetración bajo.
- Suelos susceptibles de densificación por vibración
- Suelos colapsables
- Suelos orgánicos
- Suelos finos saturados con $LL > 80$ y espesores $m > 20m$.
- Suelos finos saturados de sensibilidad mayor a 10

También deben ser objeto de un estudio particular, aquellos terrenos con topografía irregular, donde pueda existir fenómenos de amplificación local.

Se deben investigar las propiedades dinámicas del suelo de soporte de la estructura y se debe considerar el efecto sobre el movimiento del suelo en el sitio. También se deben tener en cuenta las condiciones geográficas y geológicas y la influencia del subsuelo profundo (efectos de cuenca).

El movimiento del suelo en un sitio particular durante un sismo tiene un periodo de vibración predominante que, en general, es más corto en un suelo firme y más largo en un suelo blando. Se debe prestar atención a la posibilidad de amplificaciones locales en los movimientos sísmicos del suelo, que pueden ocurrir (entre otras cosas) en presencia de suelos blandos y cerca del borde de cuencas aluviales. La posibilidad de licuefacción también debe considerarse, particularmente en suelos saturados, sueltos y sin cohesión.

NOTA: Las propiedades de los movimientos sísmicos del suelo incluyendo la intensidad, contenido de frecuencia y duración son características importantes en cuanto a la destructividad de los terremotos o sismos. Además, las estructuras construidas en suelos blandos con frecuencia sufren daños debido a los asentamientos diferenciales que se producen durante sismos de gran magnitud si no se construyen sobre fundaciones profundas.

No obstante, lo señalado anteriormente, se puede evaluar condiciones especiales, para ser aplicado en proyectos de pequeña envergadura, donde exploraciones muy acuciosas hagan inviable el desarrollo de un estudio con dicho nivel de detalle, lo anterior mediante un marco conservador, que permita asegurar el correcto desempeño de la edificación

i. Demanda sísmica

El desarrollo de este ítem queda pendiente hasta recibir el aporte del comité de Amenaza Sísmica Regional, explicado en el punto "g".

j. Combinación de Cargas

Las combinaciones de carga y los factores de carga asociados deben ser usados en el diseño de estructuras de manera consistente a los distintos materiales.

Se debe utilizar la combinación que produzcan el efecto más desfavorable en el edificio, fundación, o el elemento estructural considerado. En algunos casos esto puede ocurrir cuando una o más cargas en la combinación no están presentes.

El diseñador debe considerar las combinaciones más desfavorables para cada situación.

Se puede diseñar por tensiones admisibles o por resistencia última, considerando las combinaciones de cargas correspondientes de cada método.

k. Metodología de análisis sísmico del sistema estructural

k.1. Sistema estructural de la edificación y los parámetros de análisis que aplican en su caso
Los distintos sistemas constructivos obedecen a los requerimientos externos de uso y costumbres locales, dentro de los cuales se consideran los siguientes:

k.1.1. Sistema de Marcos Rígidos

Sistema estructural compuesto por vigas y columnas conectados entre sí por nudos rígidos, los cuales permiten la transferencia de momentos flectores, esfuerzos de corte y cargas axiales a las columnas y por medio de ellas a las fundaciones.

k.1.2. Sistema de Marcos Arriostrados

Sistema estructural compuesto por vigas, columnas y diagonales conectados entre sí por nudos rígidos o rotulados, los cuales permiten la transferencia de momentos flectores, esfuerzos de corte y cargas axiales a las columnas y por medio de ellas a las fundaciones.

k.1.3. Sistemas de Muros de Corte

Sistema estructural compuesto por muros unidos por diafragmas horizontales que resisten las cargas horizontales y verticales de la estructura. Adicionalmente puede considerarse vigas de acople entre los muros.

k.1.4. Sistemas mixtos

Sistemas estructurales compuestos por marcos rígidos y muros de corte conectados por diafragmas horizontales.

k.1.5. Sistemas de enrejados

Sistema estructural compuesto por barras unidas en nudos, dispuestas geoméricamente en diferentes direcciones con el objetivo de conformar un sistema soportante de las cargas aplicadas. Las barras principalmente son consideradas para resistir compresiones y tracciones.

k.1.6. Sistemas de Cables. Colgantes y atirantados.

Sistema estructural compuestos por elementos que resisten sólo tracciones y son dispuestos geoméricamente para lograr un sistema en equilibrio que resista las cargas aplicadas.

k.2. Métodos de Análisis Sísmico

Se debe seleccionar el método de análisis adecuado para determinar la respuesta sísmica de la estructura en términos de: desplazamientos, deformaciones, fuerzas y sollicitaciones sobre los elementos estructurales que se utilizarán para su diseño.

Ciertas estructuraciones, materiales o tecnologías requieren de análisis de distintos grados de complejidad.

k.2.1. Lineales

k.2.1.1. Estático Equivalente

Las sollicitaciones sísmicas se representan por medio de fuerzas horizontales actuando en cada piso, cuya amplitud se calcula con fórmulas que se ajustan a algunos parámetros de la estructura, tales como corte basal, momento basal, principal modo de vibración de la estructura, etc.

Este método se permite para el análisis de estructuras regulares, de baja altura y con limitaciones de acuerdo a la zona sísmica e importancia de la estructura.

Se requiere la consideración de los efectos de torsión para la excentricidad accidental.

k.2.1.2. Dinámico Modal Espectral

Este método consiste en la superposición de los resultados de los efectos en cada uno de los modos propios de vibrar de la estructura cuando se aplica espectros de aceleraciones que representan los efectos del sismo sobre la estructura.

Considera propiedades elásticas de los materiales componentes de la estructura y un espectro reducido de las aceleraciones en base a una estimación de las capacidades no lineales remanentes de la estructura.

Las respuestas modales se superponen utilizando el procedimiento de superposición cuadrática completa (CQC), si los períodos de los modos son cercanos entre sí. Si están separados, las normas permiten utilizar la superposición cuadrática simple (SSRS).

Por lo general se consideran efectos de excentricidad accidental, para lo cual se añaden a los resultados del análisis, los efectos estáticos de una excentricidad del cortante, igual a un porcentaje de la dimensión de la planta perpendicular a la dirección del cortante analizado.

k.2.1.3. Dinámico Tiempo Historia

Se determina la respuesta bajo la acción de acelerogramas compatibles con espectros de diseño de cada sitio, mediante métodos de integración numérica.

Las normas que lo permiten introducen recomendaciones y requerimientos sobre los acelerogramas a utilizar (que en general deben ser compatibles con los espectros de diseño), el número mínimo de casos y los respaldos de información necesarios para fundamentar los estudios (por ejemplo, respaldo experimental o de otro tipo, de las curvas de restitución utilizadas).

En el análisis se considera un modelo matemático y se obtiene resultados mediante la superposición modal, la integración directa u otro procedimiento debidamente desarrollado.

k.2.2. No Lineales

k.2.2.1. Estático No lineal – Pushover

Es un método que considera la aplicación de fuerzas de piso, monotónicamente creciente, proporcionales a las que se obtienen con la aplicación de los métodos lineales, hasta valores que definan sucesivamente la resistencia global y cedente, y el nivel de inestabilidad.

Es un procedimiento complementario que ayuda a determinar en forma aproximada, mecanismos de falla, zonas críticas, capacidad y demandas globales o locales de ductilidad. También se utiliza para verificar los objetivos de desempeño para distintos niveles de demanda sísmica.

Este procedimiento permite la obtención de índices del valor de ductilidad global y/o factor de reducción de respuesta en función de las características mecánicas de los miembros diseñados con diagramas de restitución adecuados.

k.2.2.2. Dinámico Tiempo Historia

El procedimiento de respuesta no lineal en el tiempo consiste en el análisis de un modelo matemático que tiene implícito el comportamiento histerético no lineal de los componentes de la estructura. Se determina la respuesta bajo la acción de acelerogramas compatibles con espectros de diseño de cada sitio, mediante métodos de integración numérica.

Las normas que lo permiten introducen recomendaciones y requerimientos sobre los acelerogramas a utilizar (que en general deben ser compatibles con los espectros de diseño), el número mínimo de casos y los respaldos de información necesarios para fundamentar los estudios (por ejemplo, respaldo experimental o de otro tipo, de las curvas de restitución utilizadas).

k.2.3. Simplificado - viviendas de 1 y 2 pisos

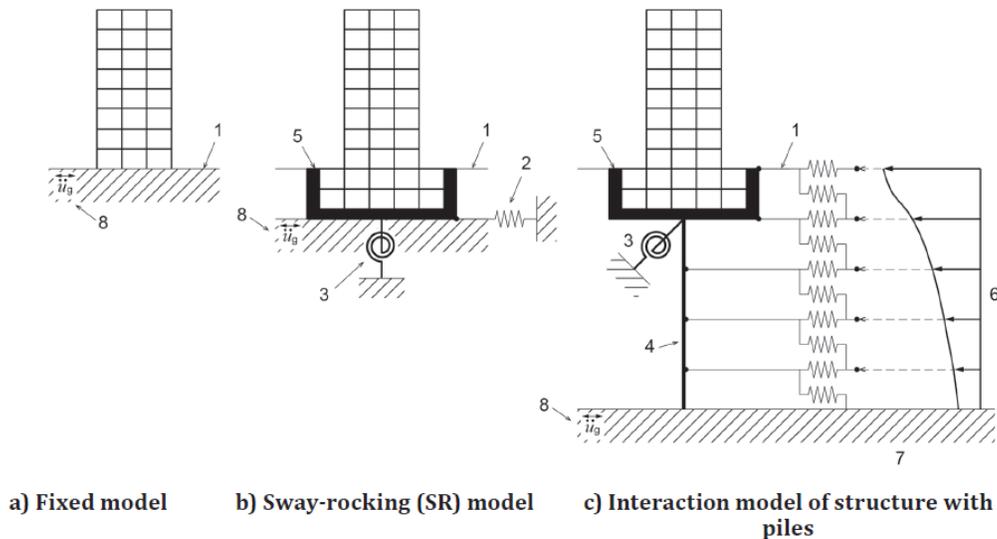
En muchas normas se incluyen métodos simplificados, en general basados en el método estático equivalente, para facilitar el análisis y diseño de estructuras de baja altura.

Son métodos prescriptivos locales limitados a estructuras de baja altura que permiten el diseño de una manera simple en zonas que no hay recursos profesionales más sofisticados.

k.3. Interacción suelo-estructura

En la mayoría de las estructuras, el fenómeno de interacción suelo estructura (SSI), no es considerado al momento de determinar fuerzas sísmicas de diseño. Normalmente se asume una fundación rígida. Para algunas estructuras, en particular estructuras de mayor altura ubicados en suelos blandos, incorporar los efectos SSI puede cambiar de manera relevante la respuesta sísmica de la estructura, modificando las propiedades dinámicas de amortiguamiento y periodo fundamental.

Debido a la profundidad de la excavación o el uso de sistema de fundaciones profundas, el movimiento del suelo puede cambiar bastante en comparación con los percibidos en la superficie. En estos casos los movimientos de input sobre la estructura dependen en buena medida de la rigidez de las pilas y la profundidad alcanzada por el sistema de fundaciones. A continuación, se muestran 3 ejemplos de modelación de SSI:



Key

- 1 ground level
- 2 sway spring
- 3 rocking spring
- 4 piles
- 5 foundation/basement
- 6 forces caused by soil
- 7 bedrock
- 8 ground motion acceleration

Figure H.1 — Examples of soil-structure interaction models

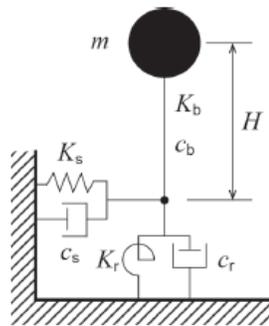
ILUSTRACIÓN 1 FIGURA REFERENCIAL, PROVENIENTE DE LA ISO 3010. SE DEBE GENERAR FIGURAS PROPIAS

El efecto del SSI sobre las estructuras se resume a continuación:

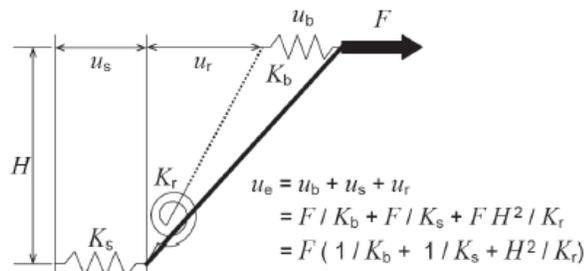
- Elongación del periodo natural en comparación a la condición de base fija.
- Cambio del amortiguamiento en comparación a la condición de base fija.
- Reducción del input del movimiento del suelo en comparación con el movimiento en la superficie

Debido a fuerzas inerciales de la fundación, se pueden identificar 3 tipos de desplazamiento que se combinan:

- El desplazamiento mismo de la estructura (u_b)
- El desplazamiento horizontal de la fundación, conocida como sway (u_s)
 - La rotación de la fundación, conocida como rocking (u_r)



a) SR model



b) Displacement of SR model

Key

- m equivalent mass of superstructure with fundamental vibration mode
- H equivalent height of superstructure with fundamental vibration mode
- F inertia force by mass
- K_b, c_b and u_b spring constant, damping coefficient and displacement of superstructure
- K_s, c_s and u_s spring constant, damping coefficient and displacement by sway
- K_r, c_r and u_r spring constant, damping coefficient and displacement by rocking
- u_e total displacement

ILUSTRACIÓN 2 FIGURA REFERENCIAL, PROVENIENTE DE LA ISO 3010. SE DEBE GENERAR FIGURAS PROPIAS

k.4. Análisis de estructuras aisladas sísmicamente o con disipación.

La aislación sísmica o la disipación de energía son métodos de protección de uso más reciente, cuyos análisis tienen requerimientos particulares que se deben considerar en cada caso.

k.4.1. Aislación Sísmica

Este capítulo aplica al diseño y construcción de edificios con aislación sísmica, sus componentes y partes. Incluye los siguientes sistemas:

- Aisladores Elastómericos de bajo amortiguamiento
- Aisladores Elastómericos de alto amortiguamiento
- Aisladores Elastómericos con corazón de Plomo
- Deslizadores Friccionales
- Aisladores Friccionales (Sistemas de péndulo friccional)
- Sistemas Híbridos (combinación de Aislación con disipación de energía)

k.4.1.1. Clasificación del Sistema de Aislación

En este punto se debe clasificar si el sistema de aislación de acuerdo a una serie de características tales como:

- Presenta degradación de rigidez relevante
- Tiene la capacidad de producir suficiente fuerza restitutiva
- Tiene propiedades de fuerza-deformación que son independientes de la velocidad de carga.
- Tiene propiedades de fuerza-deformación que son independientes de las cargas verticales y efectos de solicitaciones bidireccionales.
- Permite alcanzar el desplazamiento sísmico máximo posible y no menos de 1,2 veces el desplazamiento total de diseño.

Esta clasificación limita algunos de los métodos de análisis utilizables, y las ventajas prescriptivas aplicables para esos sistemas. También define el tipo y cantidad de ensayos a realizar a los dispositivos.

k.4.1.2. Requisitos Especiales para la Subestructura

Se entiende la subestructura como la porción de la estructura que se encuentra por debajo del nivel de aislación. Se deben definir que disposiciones del diseño convencional siguen siendo prescriptivas, y que disposiciones pueden modificarse. Por ejemplo, se especifican criterios de detallamiento, factores de reducción de la demanda, límites de deformación de entrepiso, u otras prescripciones. También se especifican los factores de importancia y los niveles de desempeño asociados a distintos niveles de demanda sísmica.

k.4.1.3. Requisitos Especiales para la Superestructura

Se entiende la superestructura como la porción de la estructura que se encuentra por sobre el nivel de aislación. Se deben definir que disposiciones del diseño convencional siguen siendo prescriptivas, y que disposiciones pueden modificarse. Por ejemplo, se especifican criterios de

detallamiento, factores de reducción de la demanda, límites de deformación de entrepiso, u otras prescripciones.

k.4.1.4. Requisitos Especiales El sistema de Aislación

Se entiende como sistema de aislación al conjunto de elementos estructurales que incluye a todos los aisladores individuales, todos los elementos estructurales que transfieren fuerza entre los elementos del sistema de aislación y la superestructura y subestructura, y todas las conexiones a otros elementos estructurales. El sistema de aislación también incluye al sistema de restricción al viento en caso de que dicho sistema se use para satisfacer esos requisitos adicionales. Se deben definir factores de reducción de la demanda, límites de deformación de entrepiso, u otras prescripciones.

k.4.1.5. Métodos de Análisis

Los métodos de análisis permitidos típicamente dependen de la clasificación del sistema de aislación y de la regularidad de la estructura, cercanía a fuentes sismogénicas, y el nivel de no-linealidad del sistema de disipación.

k.4.1.6. Ensayos

Se deben definir los protocolos de ensayos mínimos para los prototipos y los ensayos de control de calidad. Típicamente se definen secuencias y ciclos de ensayo, y estos pueden variar en consideración de si los dispositivos dependen de deformación, carga vertical o de velocidad.

Los ensayos de prototipos típicamente se realizan a mayores valores y los dispositivos no pueden reutilizarse en obra.

Para los ensayos de calidad se debe definir el porcentaje de muestreo necesario, y son típicamente realizados para verificar comportamiento, no capacidad.

k.4.2. Disipación de Energía

Este capítulo aplica al diseño y construcción de edificios con sistemas pasivos de disipación de energía, sus componentes y partes. Incluye los siguientes sistemas:

- Dependiente del desplazamiento relativo entre sus extremos (friccionales o histeréticos)
- Dependiente de la velocidad de deformación (viscosos o visco-elásticos)

Se excluyen los siguientes sistemas:

- Tipo Inercial (masas sintonizadas)
- Sistemas de control Activo
- Sistemas con Aislación Basal (se debe usar el capítulo apropiado)

k.4.2.1. Clasificación del Sistema de Disipación

En este punto se debe definir el sistema de disipación de acuerdo al grado de importancia que tienen. Los requisitos para en el análisis dependen del grado de contribución a la disipación que el sistema provee. Típicamente se clasifican tomando en cuenta el efecto del sistema sobre el corte

basal, la redundancia del sistema, su configuración. Esta clasificación limita algunos de los métodos de análisis utilizables, y las ventajas prescriptivas aplicables.

k.4.2.2. Requisitos Especiales para la Estructura Sismoresistente

Se entiende la Estructura Sismoresistente como todos los elementos responsables de resistir la acción sísmica que componen la estructura, excluyendo el sistema disipador. Se deben definir que disposiciones del diseño convencional siguen siendo prescriptivas, y que disposiciones pueden modificarse. Por ejemplo, se puede permitir reducciones del corte Basal, límites de deformación de entrepiso, u otras prescripciones.

k.4.2.3. Requisitos para el Sistema de Disipación

Se entiende como Sistema de Disipación el conjunto de elementos estructurales que incluye los disipadores, sus conectores, riostras u otros elementos estructurales necesarias para transferir las fuerzas de disipación desde los disipadores a la estructura sismoresistente. Típicamente se definen los niveles de desempeño del sistema para los distintos niveles de amenaza sísmica. Por ejemplo, se puede permitir alguna incursión inelástica para el sismo máximo posible, pero no para el sismo de diseño.

k.4.2.4. Métodos de Análisis

Los métodos de análisis permitidos típicamente dependen de la clasificación del sistema de disipación y de la regularidad de la estructura, cercanía a fuentes sismogénicas, y el nivel de no-linealidad del sistema de disipación.

k.4.2.5. Ensayos

Se deben definir los protocolos de ensayos mínimos para los prototipos y los ensayos de control de calidad. Típicamente se definen secuencias y ciclos de ensayo, y estos pueden variar en consideración de si los dispositivos dependen de deformación o de velocidad.

Los ensayos de prototipos típicamente se realizan a mayores valores y los dispositivos no pueden reutilizarse en obra.

Para los ensayos de calidad se debe definir el porcentaje de muestreo necesario, y son típicamente realizados para verificar comportamiento, no capacidad.

k.4.3. Masas Sintonizadas

Un Amortiguador de Masa sintonizada (AMS) es un sistema pasivo de control de vibraciones, consistente inicialmente en una masa unida a la estructura principal (donde se busca reducir las vibraciones) por medio de un elemento de rigidez y amortiguamiento conocidos. Aun no existen procedimientos de análisis consensuados como si existen para sistemas de disipación o aislación sísmica, por lo cual el uso de estos dispositivos debe realizarse tomando precaución de estudiar el comportamiento de la estructura con y sin el efecto de los dispositivos, y no se recomienda considerar ventajas prescriptivas en los requisitos de desempeño. Se espera en el futuro que el conocimiento avance lo suficiente para incorporarlo a las normativas.

k.4.4. Otros Sistemas

Los otros sistemas de disipación de energía actualmente en desarrollo son:

- Sistemas de disipación con control activo
- Sistemas de disipación con control semi- activo
- Sistemas Híbridos

Un sistema de control activo se define como un sistema que típicamente requiere altos consumos energéticos para operar sistemas electromecánicos o electrohidráulicos que aplican fuerzas de control sobre la estructura. Se requiere un sistema de monitoreo de la respuesta en tiempo real, y un sistema de feedback que analice y reaccione. El sistema de control y la estructura actúan como sistemas dependientes.

Un sistema de control semi-activo se define como un sistema que típicamente requiere bajos consumos energéticos para modificar las propiedades dinámicas de los dispositivos de disipación. Se requiere un sistema de monitoreo de la respuesta en tiempo real, y se deben definir umbrales de comportamiento que activen el cambio de propiedades de los dispositivos.

Un sistema híbrido combina sistemas de control activo a semi activo con sistemas de disipación pasivos o aislación sísmica como indicados en k.6.1 y k.6.2

Aun no existen procedimientos de análisis consensuados como si existen para sistemas de disipación o aislación basal, por lo cual el uso de estos dispositivos de debe realizarse tomando precaución de estudiar el comportamiento de la estructura con y sin el efecto de los dispositivos, y no se recomienda considerar ventajas prescriptivas en los requisitos de desempeño.

I. Metodología de diseño sísmico del sistema estructural

El desarrollo de este ítem queda pendiente, para desarrollo a la 5° Jornada.

I.1. Diseñar y detallar los elementos estructurales que componen la edificación, incluyendo fundaciones.

I.2. Verificar los objetivos de desempeño en la estructura diseñada y el cumplimiento de los requerimientos normativos mínimos de seguridad.

I.3. Diseño de estructuras aisladas sísmicamente o con disipación.

I.3.1. Aislación Sísmica

I.3.2. Disipación

I.3.3. Masas Sintonizadas

I.3.4. Otros sistemas

m. Metodología de análisis y diseño sísmico de elementos no estructurales, secundarios y equipos

Este capítulo aplica a la estimación de demandas sísmicas sobre componentes y sistemas no estructurales. Estos son todos aquellos elementos permanentes que no forman parte del sistema resistente de la estructura que los contiene, pero que pueden verse afectados por sus movimientos durante un sismo. Los componentes no estructurales pueden ser arquitectónicos como tabiques, ventanas o cielos, o electromecánicos como equipos, ductos, tuberías entre otros.

m.1. Clasificación sísmica

Los componentes estructurales deben recibir la misma clasificación que las estructuras que las contienen en términos de zona sísmica y tipo de suelo. Además, debe definirse un factor de importancia en función del uso de la edificación, sus requerimientos de operabilidad y la relevancia del componente para cumplir dichos requerimientos.

m.2. Requerimientos generales

Los componentes estructurales, así como sus anclajes deben ser capaces de resistir las demandas sísmicas en términos de fuerza y deformación. El cumplimiento de este requerimiento debe demostrarse mediante análisis desarrollados por un profesional competente o mediante ensayos efectuados según procedimientos estandarizados.

Alternativamente, el adecuado desempeño sísmico de los componentes no estructurales y sus anclajes puede validarse mediante certificados que establezcan la capacidad sísmica de los mismos con base en ensayos efectuados previamente.

Debe considerarse la interacción entre componentes, sus apoyos y la estructura principal para evitar que la eventual falla de un componente genere la falla de otro.

El detallado sísmico de los componentes no estructurales debe presentarse en planos constructivos y su diseño debe documentarse en una memoria de cálculo que contenga los análisis, ensayos o certificados correspondientes. Estos documentos deben estar desarrollados por un profesional competente.

m.3. Definición solicitaciones para los componentes

m.3.1. Fuerzas de Diseño

Los componentes no estructurales deben ser capaces de resistir una fuerza sísmica horizontal proporcional al peso del componente y cuya estimación considere la amenaza sísmica en el lugar de emplazamiento de la estructura principal (zona sísmica y tipo de suelo) y el factor de importancia del componente. También deben considerarse los efectos de resonancia entre las frecuencias del componente y de la estructura principal, la ductilidad propia del componente y la amplificación de las aceleraciones en altura. Además, se deben establecer límites máximo y mínimo para el valor de la fuerza sísmica de diseño.

Alternativamente, los efectos de la amenaza sísmica en el lugar de emplazamiento y la variación en altura pueden estimarse a partir de análisis modal o de respuesta en el tiempo de modelos completos de la estructura principal donde la amenaza ha sido debidamente definida.

En conjunto con la fuerza sísmica horizontal, los componentes no estructurales deben ser capaces de resistir una fuerza sísmica vertical proporcional al peso del componente y que tome en cuenta la amenaza sísmica en el lugar de emplazamiento de la estructura y la amplificación vertical por la flexibilidad de la estructura.

m.3.2. Desplazamientos de diseño

Aquellos componentes anclados en diferentes alturas de una misma estructura, o entre dos estructuras distintas deben ser capaces de resistir los desplazamientos relativos entre sus puntos de anclaje.

Los desplazamientos relativos deben estimarse utilizando análisis modal o de respuesta en el tiempo de modelos de la estructura principal donde la amenaza sísmica esperada ha sido debidamente definida.

m.4. Verificación Compatibilidad con la Estructura

Debe considerarse la interacción entre componentes, sus apoyos y la estructura principal para evitar que la eventual falla de un componente genere la falla de algún otro elemento.

El detallado sísmico de los componentes no estructurales debe presentarse en planos constructivos y su diseño debe documentarse en una memoria de cálculo que contenga los análisis, ensayos o certificados correspondientes. Estos documentos deben estar desarrollados por un profesional competente.

m.5. Diseño Anclajes

Los componentes no estructurales y sus apoyos deben estar unidos o anclados a la estructura resistente de acuerdo con los requisitos de esta cláusula y la unión debe satisfacer los requisitos del material relacionado, como se indique en la normativa correspondiente al material. Los agregados de componentes no estructurales deben ser apernados, soldados o fijados efectivamente sin considerar la resistencia friccional producida por efecto de la gravedad. Debe generarse una línea de transferencia de carga con suficiente resistencia y rigidez entre el componente y la estructura de soporte. Los elementos locales de la estructura, incluidas sus conexiones, deben ser diseñados y ejecutados para resistir las fuerzas transmitidas por el componente o sistema no estructural, cuando ellas controlen el diseño de los elementos o sus conexiones. Las fuerzas transmitidas por el componente son aquellas determinadas en conformidad con la sección 6.1. Los documentos de diseño deben incluir información suficiente relacionada con las uniones para verificar el cumplimiento de los requisitos de esta sección.

n. Requisitos para el aseguramiento de la calidad en el diseño sísmico y construcción

n.1. Verificación de los objetivos de desempeño a niveles de diseño

Este código está orientado a lograr estructuras que resistan sin daños movimientos sísmicos de intensidad moderada, limiten los daños en elementos no estructurales durante sismos de mediana intensidad y aunque presenten daños, eviten el colapso durante sismos de intensidad excepcionalmente severa

En el diseño de las estructuras se debe considerar limitaciones a los desplazamientos de techo, derivas de entre piso y separaciones entre edificios adyacentes consistentes con las hipótesis de diseño consideradas.

n.2. Instrumentación de Edificios

En todo edificio de más de 10.000 m² sobre el nivel de terreno o con características estructurales especiales, se debe incluir un sistema de monitoreo sísmico, que debe ser capaz de registrar todo evento perceptible que afecta a la edificación.

El Ingeniero responsable por el proyecto de instrumentación debe preparar un plan de instrumentación y presentarlo a la Autoridad Competente para su revisión y aprobación. El plan de instrumentación, aprobado por la Autoridad Competente, debe quedar registrado en un proyecto específico con indicación mínima de:

- Plano de ubicación de sensores, central de registro y cableado



- Detallamiento técnico de sensor, central de registro y cableado
- Plan de mantenimiento mínimo requerido

La información será almacenada por un mínimo de 5 años y será accesible y de uso público.

n.3. Requisitos de Gestión

n.3.1. Participación de Ingenieros Revisores de Proyectos de Diseño Estructural

La autoridad competente debe definir qué proyectos requieren revisión estructural. Todo proyecto de cálculo estructural que así lo requiera debe ser revisado por un ingeniero Estructural independiente y distinto de quien haya realizado el proyecto de cálculo estructural, debidamente acreditado en el país y que además pertenezca al registro de profesionales habilitados para dichos fines.

Este registro debe ser administrado por la autoridad competente.

Para inscribirse en el registro de Revisores independientes debe acreditar como mínimo

Título profesional habilitado

Experiencia en el ámbito de la Ingeniería estructural

El registro definirá los alcances, inhabilidades e incompatibilidades que tendrá el Revisor independiente en el ámbito de sus relaciones de parentesco, contractuales o de dependencia económica con los demás profesionales que participen en un proyecto, ya sean personas naturales o jurídicas.

El registro definirá las responsabilidades legales en el ámbito civil y penal que tendrá el Revisor independiente en un proyecto, y también la relación y/o grado de estas responsabilidades con los demás profesionales involucrados en el proyecto.

n.3.2. Participación de Inspectores Técnicos de Obra - ITO

La autoridad competente debe definir qué proyectos requieren inspección técnica y su alcance. La construcción de toda edificación típicamente debe ser inspeccionada técnicamente por profesionales habilitados de acuerdo con la legislación vigente.

Esta inspección debe considerar el cumplimiento de la normativa vigente en el ámbito de la construcción en lo relativo a la verificación de la calidad de los materiales y procedimientos utilizados en el proceso constructivo.

Se debe crear un registro de Inspectores Técnicos de Obra habilitados para inspeccionar la construcción de toda edificación. Este registro debe ser administrado por la autoridad competente. Se pueden definir distintas categorías de revisión asociados a distintitos tipos de proyecto.

Para inscribirse en el registro de Inspectores Técnicos de Obra debe acreditar como mínimo:

Título técnico o profesional habilitado

Experiencia en el ámbito de la Construcción de viviendas

El registro definirá los alcances, inhabilidades e incompatibilidades que tendrá el Inspector en el ámbito de sus relaciones de parentesco, contractuales o de dependencia económica con los demás participantes en la construcción, ya sean personas naturales o jurídicas.

El registro definirá las responsabilidades legales en el ámbito civil y penal que tendrá el Inspector en la construcción, y también la relación y/o grado de estas responsabilidades con los demás participantes en la construcción.

n.3.3. Fiscalización de la autoridad competente.

La autoridad competente debe definir qué proyectos requieren fiscalización. La autoridad competente debe fiscalizar la construcción de toda edificación de acuerdo con la legislación vigente.

Esta fiscalización considera la construcción de viviendas nuevas y también sus intervenciones estructurales que haya durante su vida útil.

Para esto se sugiere la definición de protocolos de inicio y término de obra, el registro de los profesionales y todos los documentos que han intervenido en la construcción de la vivienda.

n.3.4. Documentación Estandarizada

El profesional competente debe generar y firmar los documentos necesarios y suficientes para la revisión y construcción del proyecto.

Se debe incluir un listado actualizado de los documentos que permita la trazabilidad del proceso de diseño y construcción, con un adecuado control de versiones.

Este listado debe incluir al menos los siguientes documentos,

1. Memoria de cálculo estructural
 - a. Criterios de diseño
 - b. Descripción del sistema estructural
 - c. Métodos de análisis
 - d. Normas, códigos y reglamentos aplicables
 - e. Lista de cargas y sus combinaciones
 - f. Informe de mecánica de suelos
 - g. Listado de materiales y sus propiedades mecánicas.

2. Planos estructurales
 - a. Planos de notas generales
 - b. Detalles tipo y notas
 - c. Plantas de fundaciones, secciones y detalles
 - d. Plantas de estructuras, secciones y detalles
 - e. Elevaciones de los ejes estructurales
 - f. Plantas de techos
 - g. Detalles de uniones, conexiones y anclajes

3. Especificaciones técnicas

Deben incluir requisitos del proyecto para los materiales estructurales, su fabricación, colocación, tolerancias y controles de calidad.

4. Protocolos de Inspección de acuerdo con normativa vigente y certificados de calidad de los materiales.

n.3.5. Suscripción de los profesionales responsables

n.3.6. Protocolo de revisión y mantenimiento en el tiempo de la obra.

o. Evaluación y reparación de estructuras existentes

Se establece las condiciones del diseño estructural de las intervenciones en construcciones con el fin de repararlas, rehabilitarlas o restaurarlas, resguardando la integridad del inmueble y la seguridad de sus ocupantes.

o.1. Evaluación y diagnóstico

En este acápite, se entiende por intervención estructural al conjunto de procedimientos destinados a la consolidación y rehabilitación de la estructura, e incluye las disposiciones para la intervención estructural en construcciones a reparar de variadas materialidades, tales como albañilería, hormigón, acero y madera.

o.1.1. Criterios y objetivos de desempeño

Los criterios y disposiciones propuestos para regular las intervenciones en construcciones a reparar tienen como propósito establecer:

- Criterios de intervención de estructuras construidas con anterioridad a las normas y ordenanzas locales vigentes.
- Métodos de análisis y evaluación de desempeño sísmico de estructuras a reparar, que correspondan a las tipologías incluidas en este acápite.
- Requisitos del análisis sísmico según tipo de construcción, de acuerdo con su materialidad, tamaño, uso y desempeño sísmico objetivo de la estructura.

Este acápite establece procedimientos y parámetros mínimos para la intervención de construcciones a reparar. Para ello se definen niveles mínimos de desempeño sísmico objetivo y procedimientos para su evaluación de manera explícita.

Los objetivos de desempeño sísmico, los análisis necesarios, la información requerida para el análisis y el tipo de intervención a realizar, se determinan en función de las características de la estructura.

Se incluye disposiciones para el análisis e intervención en edificios con tipologías constructivas cuya estructura haya sido construida con los siguientes materiales:

- a) Albañilería
- b) Madera
- c) Acero
- d) Hormigón

o.1.2. Procedimientos de análisis

o.2. Adecuación

Este proyecto debe ser realizado por un profesional competente, y busca reforzar una estructura existente sin daños, a la que se le modifican sus características de modo de alcanzar un nivel de seguridad mayor que el original o para modificar su uso o destino.

o.3. Reparación

Este proyecto debe ser realizado por un profesional competente, y busca restituir a una estructura existente dañada al menos su capacidad resistente y su rigidez originales.

o.4. Reforzamiento

Este proyecto debe ser realizado por un profesional competente, y busca reforzar una estructura existente dañada a la que se le modifican sus características de modo de alcanzar un nivel de seguridad mayor que el original.

p. Anexos

p.1. Anexo 1: Mapas de zonificación sísmica

p.2. Anexo 2: Cuantificación y caracterización de Amenaza Sísmica

p.3. Anexo 3: Espectros de Diseño Sísmico