

## Presentación

La Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica, creada en 1974 en el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, presenta a la comunidad profesional y a la sociedad costarricense el Código Sísmico de Costa Rica 2010.

Este código es el producto de varios años de intenso trabajo, representa una actualización del código de 2002 y se complementará pronto con la publicación de los comentarios respectivos para su mejor entendimiento y aplicación por parte de los profesionales, especialistas o no en ingeniería estructural.

La comisión responsable de la presente versión estuvo integrada por los siguientes ingenieros civiles: Roy Acuña Prado, Johnny Bermúdez Vargas, Javier Cartín Carranza, Miguel Cruz Azofeifa, Carlos Fernández Chaves, Johnny Granados Bloise, Eduardo Guevara Escalante, Jorge Gutiérrez Gutiérrez, Rodolfo Herrera Jiménez, María Laporte Pirie, Rafael Mora Abarca, Álvaro Poveda Vargas, Guillermo Santana Barboza y Ronald Steinvorth Sauter. Durante el periodo de preparación de este documento, desde el año 2003, la Comisión contó con el efectivo apoyo del Ing. Alejandro Navas Carro como secretario ejecutivo.

El trabajo de la Comisión se organizó por medio de los comités técnicos integrados por miembros de la Comisión y, en algunos casos, miembros externos, que tuvieron a su cargo la revisión y actualización de uno o varios capítulos del Código. En cada comité se recopiló y analizó la información tecnológica y científica disponible, tanto de producción nacional como extranjera, para preparar los informes que fueron presentados a la Comisión, donde fueron estudiados, discutidos y finalmente aprobados. Además, se contó con un comité editorial que se encargó de revisar los aspectos formales en cuanto a la unidad de presentación y de estilo del documento y de coordinar las labores de edición e impresión.

Los profesionales que se integraron a los comités técnicos, que aportaron su valiosa experiencia y su conocimiento en temas específicos, son: Gabriela Arce Aita y Pío Miranda Jenkins en acero, Guillermo González Beltrán, Guillermo González Trejos y Juan Tuk Durán en madera, Alejandro Navas Carro en concreto y mampostería, Luis Diego Salas De la Fuente en concreto prefabricado y Rafael Baltodano Goulding y Sergio Sáenz Aguilar en cimentaciones.

Además, los aportes de muchos profesionales de oficinas de consultoría que presentaron sugerencias fueron tomados en cuenta en el trabajo realizado en los comités.

Se reitera el reconocimiento dado en la edición del código sísmico anterior al aporte de la Universidad de Costa Rica por medio del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanamme-UCR), donde se realizaron muchas pruebas de materiales y de componentes estructurales que han servido de apoyo para los trabajos de los comités técnicos; en sus instalaciones también se realizaron múltiples reuniones de los comités y se obtuvo su colaboración en la preparación de documentos, como el mapa de zonificación sísmica, entre otros. Asimismo, han resultado de gran utilidad los aportes de los profesores y estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil que desarrollaron trabajos de investigación en sus tesis de maestría o en sus proyectos de graduación para licenciatura.

La Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica agradece el apoyo y la confianza que ha recibido ininterrumpidamente de parte de la Junta Directiva General del CFIA, así como a la Asamblea de Representantes que dio su aprobación a este código.

## Introducción

Los códigos sísmicos recogen, sintetizan y ordenan conjuntos de normas y prácticas del diseño sismorresistente, producto del conocimiento científico, la praxis tecnológica, la experiencia de terremotos pasados y el sentido común. Orientan y guían al profesional responsable en procura de que las edificaciones y otras obras civiles que se diseñen y construyan de acuerdo con sus lineamientos, garanticen la vida de sus ocupantes, mantengan su integridad estructural y protejan los bienes que en ellas se alberguen, conforme a objetivos de desempeño previamente definidos.

Este código representa una actualización del CSCR 2002, recoge los resultados de la revisión de su aplicación en la práctica del diseño sismorresistente e incorpora algunos cambios debidos a las actualizaciones de otras normas extranjeras que se utilizan como referencia.

Las investigaciones que se realizan internacionalmente sobre el comportamiento de los materiales, sobre los detalles y las técnicas constructivas, se unen a las investigaciones analíticas y experimentales que se realizan en nuestro país, muchas veces con limitación de recursos, pero que arrojan resultados muy relacionados con nuestra práctica de construcción, nuestros suelos y nuestra sismicidad.

La ocurrencia de algunos sismos ha permitido, como en el caso reciente de Chile en 2010, resaltar la importancia de la regularidad en el desempeño adecuado de las estructuras, ratificar la necesidad de cumplir con algunos detalles en la disposición del acero de refuerzo de estructuras de concreto y reconocer la atención que se le

debe dar al correcto diseño y construcción de los elementos no estructurales. También se debe destacar la buena experiencia de las edificaciones diseñadas con códigos modernos.

En nuestro país, el sismo de Cinchona de enero de 2009, a pesar de afectar una zona poco poblada, enseñó de manera clara las consecuencias de realizar obras sin la consideración de los conceptos básicos del diseño y de la práctica constructiva que pretende este código seguir promoviendo. Particularmente, el colapso de viviendas construidas con el sistema prefabricado de paneles verticales con deficiente amarre de solera o viga corona ha provocado cambios en el capítulo 17, que incluye el método de diseño simplificado de viviendas.

La organización de este código mantiene las mismas secciones y capítulos del código anterior, por lo que los usuarios van a poder ubicar los temas de su interés fácilmente. Aunque todos los capítulos han sido modificados, se comentan a continuación algunos de los cambios principales:

En la sección 1 se ha incluido la prohibición de construir sistemas estructurales frágiles, lo que genera cambios y limitaciones tanto en el análisis de las estructuras nuevas como en el de las existentes cuando deban ser adecuadas sísmicamente. Adicionalmente, debido a los resultados de nuevos estudios de sismicidad, se ha modificado el mapa de zonificación sísmica, donde algunos distritos de la zona norte fueron clasificados dentro de la zona III y gran parte del Pacífico Central, dentro de la zona IV.

En la sección 2 se modificaron algunos de los factores de importancia para las edificaciones y para los sistemas y componentes no estructurales, se modificaron los criterios de regularidad y la forma en que las irregularidades pueden afectar los valores de ductilidad global o el tipo de análisis requerido. El cálculo de fuerzas incluye la posibilidad de tomar parcialmente la carga temporal y la consideración de las fuerzas verticales debidas al efecto de la sacudida sísmica. También se variaron los límites de los desplazamientos relativos de niveles adyacentes.

La sección 3 tuvo cambios importantes en todos sus capítulos: el de concreto incluye cambios en nudos y muros, principalmente; el de mampostería incluye parte del contenido del anexo A anterior y se modificó el artículo de mampostería confinada; el de acero se reescribió totalmente debido a los cambios en los códigos de referencia; el de madera, que anteriormente daba lineamientos generales, ahora es un capítulo con información completa; y el de concreto prefabricado incluye una revisión general.

La sección 4 abarca el capítulo de cimentaciones, donde se han incluido nuevos textos sobre cimentaciones profundas y sobre cimentaciones para vivienda; el de sistemas y componentes no estructurales, donde se han modificado los valores de las fuerzas para diseño; y el capítulo de diagnóstico y adecuación, que incluye ahora un artículo referido a las edificaciones históricas y monumentos.

La sección 5, que incluye el capítulo de vivienda, ha sido revisada y ajustada para proporcionar mejores elementos de guía para los profesionales no especialistas en estructuras que vayan a utilizar el diseño simplificado. Se incluyeron nuevas figuras y tablas aplicables a varios sistemas constructivos.

El anexo A, de requisitos para mampostería, se complementa ahora con el nuevo anexo B, de requisitos para uniones precalificadas de acero. Se mantienen los anexos del glosario, simbología y factores espectrales dinámicos; se incluye el anexo F con la normativa complementaria y el anexo G con las equivalencias de las fórmulas en el sistema MKS y en el Sistema Internacional de Unidades.



## **Sección 1**

Filosofía, objetivos y demanda sísmica



## 1.1 Filosofía

a) Este código sísmico establece los requisitos mínimos para el análisis, diseño y construcción *sismorresistente* de edificaciones y obras afines que se construyan en el territorio de la República de Costa Rica.

b) Independientemente del grado de refinamiento en el análisis y diseño o de la calidad de la construcción, es necesario que todas las edificaciones estén bien concebidas en cuanto a su sistema resistente a cargas laterales y bien proyectadas en el aspecto estructural, procurando condiciones de simetría y regularidad, tanto en planta como en altura, con una selección cuidadosa de materiales, detalles y métodos constructivos.

c) El diseño *sismorresistente* es un diseño gobernado por desplazamientos y deformaciones internas, pues ese es el efecto que induce la acción sísmica sobre la estructura. Se toleran deformaciones internas que excedan el rango elástico de los materiales, siempre que en el diseño de los elementos y *componentes* se tomen las medidas necesarias para evitar pérdidas sensibles en su resistencia que puedan afectar la integridad y estabilidad de la estructura, así como su capacidad de resistir cargas como sistema.

d) Las disposiciones contenidas en este código representan requisitos mínimos en procura de un adecuado desempeño de las edificaciones ante el efecto de los sismos. No obstante, la labor del profesional responsable del diseño no se debe limitar al cumplimiento acrítico

de estas disposiciones, sino que debe procurar la satisfacción de los objetivos definidos en el artículo 1.2 y adoptar, de ser preciso, criterios alternativos más rigurosos que los que el Código establece.

e) Es tácitamente aceptado que, por la naturaleza aleatoria del fenómeno sísmico y las limitaciones inherentes al conocimiento del comportamiento de materiales y estructuras durante estos fenómenos, el cumplimiento de los objetivos definidos en el artículo 1.2 solo es alcanzable en términos probabilísticos.

f) Por la naturaleza aleatoria y cíclica de las solicitaciones sísmicas, es imperativo que toda edificación sea diseñada y construida con materiales y *sistemas sismorresistentes* de probada resistencia y capacidad de deformación inelástica. En consecuencia, se prohíbe proyectar o construir edificaciones que posean *sistemas estructurales* frágiles, según se definen en el inciso 4.4.2. Tampoco se toleran edificaciones existentes que, sometidas a procesos de diagnóstico, se determine que son sistemas estructurales frágiles; en estos casos su adecuación estructural, conforme al capítulo 15, debe proveerles un mínimo de ductilidad global intrínseca conforme al inciso 4.4.2. Asimismo, se prohíbe el uso estructural de materiales y sistemas constructivos como el adobe, el tapial, el bahareque relleno y la mampostería sin refuerzo en los *sistemas sismorresistentes* de todas las edificaciones y obras afines a ser construidas en el territorio de la República de Costa Rica.

Sin embargo, no se limita el uso de materiales, sistemas sismorresistentes y métodos de diseño alternos que no estén específicamente prescritos por el Código, siempre y cuando el profesional responsable del diseño demuestre que el uso de la alternativa permite el cumplimiento de los objetivos de desempeño descritos en los incisos 1.2 y 4.1.2 de este código.

(Así adicionado el párrafo anterior mediante sesión N° 03-13/14-A.E.R. del 29 de abril del 2014)

### **1.2 Objetivos**

a) Son objetivos de este código sísmico proteger la vida humana y la integridad física de las personas, reducir los daños materiales y las pérdidas económicas ocasionadas por los sismos y minimizar el impacto social y económico ante terremotos.

b) Para lograr estos objetivos, el profesional responsable del diseño debe elegir un *sistema estructural* capaz de resistir las fuerzas laterales y las solicitaciones inducidas por sismo establecidas en este código, procurando que exista redundancia en el sistema y que en todo momento se mantenga la integridad estructural de todos los *elementos, componentes y uniones* de la edificación. Asimismo, se deben limitar los desplazamientos inducidos por las acciones sísmicas a fin de asegurar la estabilidad estructural y reducir los daños estructurales y no-estructurales.

c) Además, el profesional responsable del diseño debe procurar que toda edificación y cada una de sus partes sea proyectada, diseñada y construida para que alcance ciertos *objetivos de desempeño* específicos, acordes con su importancia y funciones, tanto durante las condiciones de emergencia inmediatas al evento como durante el posterior proceso de recuperación social y económica. Para esto el Código clasifica las edificaciones según el nivel de importancia de sus funciones y les asigna distintos *objetivos de desempeño*, los cuales define mediante niveles de intensidad del *sismo de diseño* y sus correspondientes valores límite de desplazamientos y deformaciones laterales, así como por requisitos específicos en la estructuración y en el detallado de sus elementos, *componentes* y uniones. Estos *objetivos de desempeño* se definen en el inciso 4.1.2.

### **1.3 Alcance y limitaciones**

a) Los requisitos contenidos en este código se refieren específicamente a edificaciones tales como edificios para vivienda, comercio u oficinas de uno o varios *pisos*, espacios de uso público como iglesias, escuelas, teatros, museos o salas de conciertos, naves industriales, bodegas, hangares o edificios para estacionamiento de automóviles, entre otros. Estos requisitos pueden también aplicarse a otro tipo de estructuras de naturaleza y comportamiento sísmico afín, como torres, chimeneas, tanques elevados, etc.

b) Las especificaciones contenidas en este código no pueden ser aplicadas a otros tipos de estructuras, tales como puentes, silos y tuberías, cuya naturaleza y comportamiento sísmico es muy diferente al de las edificaciones. Estos otros tipos de estructuras, cuando su número e importancia lo justifiquen, pueden ser objeto de normativas específicas.

c) Tampoco son aplicables las especificaciones de este código en aquellas obras que por su carácter singular, su gran importancia o su elevado costo deban ser objeto de metodologías específicas más refinadas tanto para definir su demanda sísmica como en los métodos de análisis o en el cálculo y detalle de sus elementos y *componentes*. Obras de este tipo, tales como represas, proyectos hidroeléctricos, grandes puentes, obras portuarias, oleoductos, refinерías, complejos industriales especiales o de alta peligrosidad, deben ser objeto de estudios de amenaza sísmica específicos para sus sitios de ubicación, y se debe definir un conjunto de *objetivos de desempeño* de acuerdo con su importancia, vida económica útil y consecuencias de posibles daños para la sociedad y su entorno.

d) Las disposiciones contenidas en este código buscan salvaguardar las edificaciones de los efectos de las vibraciones del terreno producidas por los sismos. No se consideran otros efectos nocivos de los sismos tales como asentamientos excesivos, deslizamientos, licuación de suelos o ruptura del terreno por fallamiento superficial. El profesional responsable del diseño debe verificar que el sitio elegido no presenta este tipo de

riesgos o, en su defecto, se deben tomar las provisiones para controlar sus posibles daños.

e) Este código hace referencia a disposiciones de otros códigos y normas nacionales y extranjeros. Se entiende que el Código se refiere específicamente a las versiones vigentes al momento de la revisión final del presente documento, en el mes de octubre del 2010. El apéndice F presenta una lista de estas normativas. No obstante, el profesional responsable del diseño debe tener presentes las reformas y cambios a dichos documentos posteriores a esta fecha en estricto apego a su mejor criterio profesional y a las reglas de ética establecidas por el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos.

#### **1.4 Suposiciones generales**

**En la redacción de este código se ha tenido por cierto que:**

a) La estructura es diseñada por profesionales responsables, poseedores de criterios y conceptos adecuados de estructuración y diseño *sismorresistente*, con conocimientos y experiencia acordes con la importancia de la edificación.

b) Durante el proceso constructivo hay una inspección eficaz que garantiza un adecuado control de calidad.

c) La construcción es ejecutada por personal adecuadamente calificado y experimentado.

d) Los materiales estructurales cumplen con todos los requerimientos previamente especificados.

e) La estructura recibe un mantenimiento adecuado durante toda su vida útil.

f) En caso de daños durante un sismo, la estructura es debidamente reparada para restituir y, de ser necesario, incrementar su capacidad resistente a sismos y adecuarla sísmicamente para que satisfaga los *objetivos de desempeño* definidos en el inciso 4.1.2.

## 2 Demanda sísmica

Los procedimientos y las limitaciones para el diseño de estructuras deben ser determinados considerando la zonificación sísmica y las características de los sitios de cimentación de acuerdo con este capítulo, así como el resto de las indicaciones en este código.

### 2.1 Zonificación sísmica

Para efectos de este código se divide al país en tres zonas sísmicas de sismicidad ascendente denominadas zonas II, III y IV, las cuales se representan gráficamente en la figura 2.1. Siguiendo la división política y administrativa vigente, la tabla 2.1 presenta la *zona sísmica* asignada a cada cantón o, cuando es necesario, a cada distrito del país.

TABLA 2.1. Zonas sísmicas según provincias, cantones y distritos.

Provincia	Cantón	Distrito	Zona
1. San José	1. San José	Todos	III
	2. Escazú	Todos	III
	3. Desamparados	Todos	III
	4. Puriscal	1. Santiago	III
		2. Mercedes Sur	III
		3. Barbacoas	III
		4. Grifo Alto	III
		5. San Rafael	III
		6. Candelaria	III
		7. Desamparaditos	III
		8. San Antonio	III
		9. Chires	IV
	5. Tarrazú	Todos	III
	6. Aserri	Todos	III
	7. Mora	Todos	III
	8. Goicoechea	Todos	III
	9. Santa Ana	Todos	III
	10. Alajuelita	Todos	III
	11. Vásquez de Coronado	Todos	III
	12. Acosta	Todos	III
13. Tibás	Todos	III	
14. Moravia	Todos	III	
15. Montes de Oca	Todos	III	
16. Turubares	1. San Pablo	III	
	2. San Pedro	III	
	3. San Juan de Mata	IV	
	4. San Luis	III	
	5. Carara	IV	
17. Dota	Todos	III	
18. Curridabat	Todos	III	
19. Pérez Zeledón	1. San Isidro de El General	IV	
	2. General	III	
	3. Daniel Flores	IV	
	4. Rivas	III	
	5. San Pedro	III	
	6. Platanares	IV	
	7. Pejibaye	IV	
	8. Cajón	III	
	9. Barú	IV	
	10. Río Nuevo	III	
	11. Páramo	III	
20. León Cortés Castro	Todos	III	

Provincia	Cantón	Distrito	Zona
2. Alajuela	1. Alajuela	Todos	III
	2. San Ramón	Todos	III
	3. Grecia	Todos	III
	4. San Mateo	Todos	III
	5. Atenas	Todos	III
	6. Naranjo	Todos	III
	7. Palmares	Todos	III
	8. Poás	Todos	III
	9. Orotina	Todos	III
	10. San Carlos	1. Quesada	III
		2. Florencia	III
		3. Buenavista	III
		4. Aguas Zarcas	III
		5. Venecia	III
		6. Pital	II
7. Fortuna		III	
8. Tigra		III	
9. Palmera		III	
10. Venado		II	
11. Cutris		II	
12. Monterrey		II	
13. Pocosol		II	
11. Alfaro Ruiz	Todos	III	
12. Valverde Vega	Todos	III	
13. Upala	Todos	II	
14. Los Chiles	Todos	II	
15. Guatuso	Todos	II	
3. Cartago	1. Cartago	Todos	III
	2. Paraíso	Todos	III
	3. La Unión	Todos	III
	4. Jiménez	Todos	III
	5. Turrialba	Todos	III
	6. Alvarado	Todos	III
	7. Oreamuno	Todos	III
	8. El Guarco	Todos	III

Provincia	Cantón	Distrito	Zona
4. Heredia	1. Heredia	Todos	III
	2. Barva	Todos	III
	3. Santo Domingo	Todos	III
	4. Santa Bárbara	Todos	III
	5. San Rafael	Todos	III
	6. San Isidro	Todos	III
	7. Belén	Todos	III
	8. Flores	Todos	III
	9. San Pablo	Todos	III

	10. Sarapiquí	1. Puerto Viejo 2. La Virgen 3. Horquetas 4. Llanuras del Gaspar 5. Cureña	II III III II II
5. Guanacaste	1. Liberia	Todos	III
	2. Nicoya	Todos	IV
	3. Santa Cruz	Todos	IV
	4. Bagaces	Todos	III
	5. Carrillo	Todos	IV
	6. Cañas	Todos	III
	7. Abangares	Todos	III
	8. Tilarán	Todos	III
	9. Nandayure	Todos	IV
	10. La Cruz	1. La Cruz 2. Santa Cecilia 3. Garita 4. Santa Elena	III II II III
11. Hojancha	Todos	IV	

Provincia	Cantón	Distrito	Zona
6. Puntarenas	1. Puntarenas	1. Puntarenas	III
		2. Pitahaya	III
		3. Chomes	III
		4. Lepanto	IV
		5. Paquera	IV
		6. Manzanillo	III
		7. Guacimal	III
		8. Barranca	III
		9. Monte Verde	III
		10. Isla del Coco	IV
11. Cóbano		IV	
12. Chacarita		III	
13. Chira		IV	
14. Acapulco		III	
15. El Roble		III	
16. Arancibia		III	
2. Esparza	Todos	III	
3. Buenos Aires	3. Buenos Aires	1. Buenos Aires	III
		2. Volcán	III
		3. Potrero Grande	III
		4. Boruca	IV
		5. Pilas	IV
		6. Colinas o Bajo de Maíz	IV
		7. Chánguena	IV
		8. Bioley	III
		9. Brunka	III
4. Montes de Oro	Todos	III	
5. Osa	Todos	IV	
6. Aguirre	Todos	IV	

	7. Golfito	Todos	IV
	8. Coto Brus	01. San Vito	III
		02. Sabalito	III
		03. Aquabuena	IV
		04. Limoncito	III
		05. Pittier	III
9. Parrita	Todos	IV	
10. Corredores	Todos	IV	
11. Garabito	Todos	IV	

Provincia	Cantón	Distrito	Zona
7. Limón	1. Limón	Todos	III
	2. Pococí	1. Guápiles	III
		2. Jiménez	III
		3. Rita	II
		4. Roxana	II
		5. Cariari	II
		6. Colorado	II
	3. Siquirres	Todos	III
	4. Talamanca	Todos	III
	5. Matina	Todos	III
	6. Guácimo	1. Guácimo	III
2. Mercedes		III	
3. Pocora		III	
4. Río Jiménez		III	
5. Duacaré		II	

**Fuente: División territorial administrativa de la República de Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional. MOPT, 2009.**

## 2.1 Sitios de cimentación

a. El sitio de cimentación es el lugar de emplazamiento de una edificación para efectos de considerar las condiciones dinámicas del sitio en la demanda sísmica. En ausencia de estudios más refinados de amplificación dinámica, se establece la clasificación de los *sitios de cimentación* con base en las propiedades de los parámetros indicados en la tabla 2.2, calculados como promedio en los 30 m superficiales, y en la descripción siguiente:

i) **Sitio tipo  $S_1$**

**Un perfil de roca o suelo rígido o denso con propiedades semejantes a la roca.**

ii) **Sitio tipo  $S_2$**

**Un perfil de suelo con condiciones predominantes de medianamente denso a denso o de medianamente rígido a rígido.**

iii) **Sitio tipo  $S_3$**

**Un perfil de suelo con 6 a 12 m de arcilla de consistencia de suave a medianamente rígida o con más de 6 m de suelos no cohesivos de poca o media densidad.**

iv) **Sitio tipo  $S_4$**

**Un perfil de suelo que contenga un estrato de más de 12 m de arcilla suave.**

**TABLA 2.2. Tipos de sitio y sus parámetros geotécnicos.  
Propiedades promedio de los 30 m superficiales.**

Tipo de sitio	$N$	$V$ (m/s)	$C_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )
S <sub>1</sub>	≥ 50	≥ 760	≥ 1.00
S <sub>2</sub>	35 – 50	350 – 760	0.75 – 1.00
S <sub>3</sub>	15 – 35	180 – 350	0.50 – 0.75
S <sub>4</sub>	≤ 15	≤ 180	≤ 0.50

**$N$  : número de golpes del ensayo de penetración estándar**

**$C_u$  : resistencia al corte no drenada**

**$V_s$  : velocidad de onda cortante**

El tipo de *sitio de cimentación* es establecido a partir de datos geotécnicos debidamente sustentados, ya sean los mencionados en la tabla 2.2 u otros. Cuando las propiedades del sitio no se conozcan con suficiente detalle se supone un *sitio de cimentación* tipo S<sub>3</sub>, salvo que el profesional responsable del diseño considere que el tipo S<sub>4</sub> pueda corresponder al sitio en consideración.

## 2.2 Sacudida sísmica

- Se definen como *sismos fuertes* aquellos cuya sacudida sísmica tiene un *período de retorno* de 475 años. Esto corresponde a una *probabilidad de excedencia* del 10 % para una vida útil de 50 años.
- Se definen como *sismos extremos* aquellos cuya sacudida sísmica, expresada en términos de la aceleración pico efectiva de diseño es 25% mayor que la de los *sismos fuertes* para el mismo sitio de cimentación.
- Se definen como *sismos moderados* aquellos cuya sacudida sísmica, expresada en términos de la aceleración pico efectiva de diseño es 25% menor que la de los *sismos fuertes* para el mismo sitio de cimentación.

## 2.3 Aceleración pico efectiva de diseño

- Con base en la *zonificación sísmica* y el *sitio de cimentación* se establecen los siguientes valores de aceleración pico efectiva de diseño,  $a_{ef}$ , como parámetro indicador de la sacudida sísmica correspondiente a un *período de retorno* de 475 años.