

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN

E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

LIMA, 02 DE ABRIL DEL 2003



Resolución Ministerial

N° 079-2003-VIVIENDA

Lima, 02 de Abril de 2003

CONSIDERANDO:

Que, mediante la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, se considera al Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción - SENCICO como Organismo Público Descentralizado del Sector;

Que, de conformidad con lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 032-2001-MTC, el SENCICO, tiene entre sus funciones la de proponer Normas Técnicas de aplicación nacional para la vivienda y edificación, a ser incorporadas en el Reglamento Nacional respectivo;

Que, por Resolución Ministerial N° 494-97-MTC/15.04 se aprobó la actualización de la Norma Básica de Diseño Sismorresistente;

Que, en cumplimiento de sus funciones, el Comité Permanente de Diseño Sismorresistente, propuso la versión actualizada de la Norma Básica antes indicada, a cuyos efectos propone la aprobación de la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente;

Que, mediante Informe N° 002-2003/VIVIENDA-VMCS-DNC, la Dirección Nacional de Construcción, de este Ministerio, ha manifestado su conformidad a la propuesta referida en el anterior considerando, por lo que resulta necesario dictar el resolutivo correspondiente;

De conformidad con la Ley N° 27792 y el Decreto Supremo N° 002-2002-VIVIENDA;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Aprobar la actualización de la Norma Técnica de Edificación E.030 de Diseño Sismorresistente, que consta de veintinueve (29) artículos y un anexo, la cual forma parte integrante de la presente Resolución.

Artículo 2.- Autorizar al Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción - SENCICO, para que adopte las medidas necesarias destinadas a la difusión, distribución y venta de la Norma Técnica a que se refiere la presente Resolución.

Artículo 3.- Déjese sin efecto la Norma Básica de Diseño Sismorresistente aprobada por Resolución Ministerial N° 494-97-MTC/15.04

Regístrese, comuníquese y publíquese.

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.030
COMITÉ TÉCNICO PERMANENTE NTE E.030 DISEÑO
SISMORRESISTENTE

Presidente : Dr. Javier Piqué del Pozo
 Asesor : Ing. Julio Kuroiwa Horiuchi
 Secretario Técnico : SENCICO

INSTITUCIONES	REPRESENTANTES
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. CISMID	Dr. Javier Piqué del Pozo
Centro Regional de Sismología para América del Sur. CERESIS	Dr. Jorge Alva Hurtado
Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Departamental de Lima	Dr. Hugo Scaletti Farina Ing. Luis Zegarra Ciquero
Instituto Geofísico del Perú	Dr. Leonidas Ocola Aquisé
Pontificia Universidad Católica del Perú Facultad de Ciencias e Ingeniería	Ing. Alejandro Muñoz Peláez
Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil	Ing. Roberto Morales Morales
Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción	Ing. Julio Kuroiwa Horiuchi Ing. Julio Rivera Feijóo

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE**ÍNDICE**

	Pag.
CAPITULO 1. GENERALIDADES	7
Artículo 1 Nomenclatura	7
Artículo 2 Alcances	8
Artículo 3 Filosofía y Principios del diseño sismorresistente	8
Artículo 4 Presentación del Proyecto (Disposición transitoria)	9
CAPITULO 2. PARÁMETROS DE SITIO	10
Artículo 5 Zonificación	10
Artículo 6 Condiciones Locales	11
Artículo 7 Factor de Amplificación Sísmica	14
CAPITULO 3. REQUISITOS GENERALES	15
Artículo 8 Aspectos Generales.	15
Artículo 9 Concepción Estructural Sismorresistente	15
Artículo 10 Categoría de las Edificaciones	16
Artículo 11 Configuración Estructural	17
Artículo 12 Sistemas Estructurales	18
Artículo 13 Categoría, Sistema Estructural y Regularidad de las Edificaciones	19
Artículo 14 Procedimientos de Análisis	20
Artículo 15 Desplazamientos Laterales	20
CAPITULO 4. ANÁLISIS DE EDIFICIOS	22
Artículo 16 Generalidades	22
Artículo 17 Análisis Estático	24
Artículo 18 Análisis Dinámico	26
CAPITULO 5. CIMENTACIONES	29
Artículo 19 Generalidades	29
Artículo 20 Capacidad Portante	29
Artículo 21 Momento de Volteo	29
Artículo 22 Zapatas aisladas y cajones	29
CAPITULO 6. ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPO	30
Artículo 23 Generalidades	30
CAPITULO 7. EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS	31
Artículo 24 Generalidades	31
CAPITULO 8. INSTRUMENTACIÓN	32
Artículo 25 Registadores Acelerográficos	32
Artículo 26 Ubicación	32
Artículo 27 Mantenimiento	32
Artículo 28 Disponibilidad de Datos	32
Artículo 29 Requisitos para la Finalización de Obra	32
ANEXO	33
ANEXO N° 1 Zonificación Sísmica	34

CAPITULO 1. GENERALIDADES

Artículo 1 Nomenclatura

Para efectos de la presente norma, se consideran las siguientes nomenclaturas:

C	Coeficiente de amplificación sísmica
C_T	Coeficiente para estimar el periodo predominante de un edificio
D_i	Desplazamiento elástico lateral del nivel "i" relativo al suelo
e	Excentricidad accidental
F_a	Fuerza horizontal en la azotea
F_i	Fuerza horizontal en el nivel "i"
g	Aceleración de la gravedad
h_i	Altura del nivel "i" con relación al nivel del terreno
h_{ei}	Altura del entrepiso "i"
h_n	Altura total de la edificación en metros
M_{ti}	Momento torsor accidental en el nivel "i"
m	Número de modos usados en la combinación modal
n	Número de pisos del edificio
N_i	Sumatoria de los pesos sobre el nivel "i"
P	Peso total de la edificación
P_i	Peso del nivel "i"
R	Coeficiente de reducción de solicitaciones sísmicas
r	Respuesta estructural máxima elástica esperada
r_i	Respuestas elásticas correspondientes al modo "i"
S	Factor de suelo
S_a	Aceleración espectral
T	Periodo fundamental de la estructura para el análisis estático o periodo de un modo en el análisis dinámico
T_p	Periodo que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo.
U	Factor de uso e importancia
V	Fuerza cortante en la base de la estructura
V_i	Fuerza cortante en el entrepiso "i"
Z	Factor de zona
Q	Coeficiente de estabilidad para efecto P-delta global
Δ_i	Desplazamiento relativo del entrepiso "i"

Artículo 2 Alcances

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en el Artículo 3.

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, a la evaluación y reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaren dañadas por la acción de los sismos.

Para el caso de estructuras especiales tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas, plantas nucleares y todas aquellas cuyo comportamiento difiera del de las edificaciones, se requieren consideraciones adicionales que complementen las exigencias aplicables de la presente Norma.

Además de lo indicado en esta Norma, se deberá tomar medidas de prevención contra los desastres que puedan producirse como consecuencia del movimiento sísmico: fuego, fuga de materiales peligrosos, deslizamiento masivo de tierras u otros.

Artículo 3 Filosofía y Principios del diseño sismorresistente

La **filosofía** del diseño sismorresistente consiste en:

- a. Evitar pérdidas de vidas
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- c. Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en esta Norma los siguientes **principios** para el diseño:

- a. La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.

- b. La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.

Artículo 4

Presentación del Proyecto (Disposición transitoria)

Los planos, memoria descriptiva y especificaciones técnicas del proyecto estructural, deberán llevar la firma de un ingeniero civil colegiado, quien será el único autorizado para aprobar cualquier modificación a los mismos.

Los planos del proyecto estructural deberán contener como mínimo la siguiente información:

- a. Sistema estructural sismorresistente
- b. Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.
- c. Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.

Para su revisión y aprobación por la autoridad competente, los proyectos de edificaciones con más de 70 m de altura deberán estar respaldados con una memoria de datos y cálculos justificativos.

El empleo de materiales, sistemas estructurales y métodos constructivos diferentes a los indicados en esta Norma, deberá ser aprobado por la autoridad competente nombrada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y debe cumplir con lo establecido en este artículo y demostrar que la alternativa propuesta produce adecuados resultados de rigidez, resistencia sísmica y durabilidad.

CAPITULO 2. PARÁMETROS DE SITIO

Artículo 5 Zonificación

El territorio nacional se considera dividido en tres zonas, como se muestra en la Figura N° 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica. En el Anexo N° 1 se indican las provincias que corresponden a cada zona.



FIGURA N° 1

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N°1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.

Tabla N°1	
FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
3	0,4
2	0,3
1	0,15

Artículo 6

Condiciones Locales

6.1

Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio

a. Microzonificación Sísmica

Son estudios multidisciplinarios, que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuefacción de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Los estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño y construcción de edificaciones y otras obras.

Será requisito la realización de los estudios de microzonificación en los siguientes casos:

- Áreas de expansión de ciudades.
- Complejos industriales o similares.
- Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismos y fenómenos asociados.

Los resultados de estudios de microzonificación serán aprobados por la autoridad competente, que puede solicitar informaciones o justificaciones complementarias en caso lo considere necesario.

b. Estudios de Sitio

Son estudios similares a los de microzonificación, aunque no necesariamente en toda su extensión. Estos estudios están limitados al lugar del proyecto y suministran información sobre la posible

modificación de las acciones sísmicas y otros fenómenos naturales por las condiciones locales. Su objetivo principal es determinar los parámetros de diseño.

No se considerarán parámetros de diseño inferiores a los indicados en esta Norma.

6.2

Condiciones Geotécnicas

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el período fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. Los tipos de perfiles de suelos son cuatro:

a. Perfil tipo S_1 : Roca o suelos muy rígidos.

A este tipo corresponden las rocas y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte similar al de una roca, en los que el período fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0,25 s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca sana o parcialmente alterada, con una resistencia a la compresión no confinada mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Grava arenosa densa.
- Estrato de no más de 20 m de material cohesivo muy rígido, con una resistencia al corte en condiciones no drenadas superior a 100 kPa (1 kg/cm²), sobre roca u otro material con velocidad de onda de corte similar al de una roca.
- Estrato de no más de 20 m de arena muy densa con $N > 30$, sobre roca u otro material con velocidad de onda de corte similar al de una roca.

b. Perfil tipo S_2 : Suelos intermedios.

Se clasifican como de este tipo los sitios con características intermedias entre las indicadas para los perfiles S_1 y S_3 .

c. Perfil tipo S₃: Suelos flexibles o con estratos de gran espesor.

Corresponden a este tipo los suelos flexibles o estratos de gran espesor en los que el período fundamental, para vibraciones de baja amplitud, es mayor que 0,6 s, incluyéndose los casos en los que el espesor del estrato de suelo **excede** los valores siguientes:

Suelos Cohesivos	Resistencia al Corte típica en condición no drenada (kPa)	Espesor del estrato (m) (*)
Blandos	< 25	20
Medianamente compactos	25 - 50	25
Compactos	50 - 100	40
Muy compactos	100 - 200	60
Suelos Granulares	Valores N típicos en ensayos De penetración estándar (SPT)	Espesor del estrato (m) (*)
Sueltos	4 - 10	40
Medianamente densos	10 - 30	45
Densos	Mayor que 30	100

(*) Suelo con velocidad de onda de corte menor que el de una roca.

d. Perfil Tipo S₄: Condiciones excepcionales.

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas sean particularmente desfavorables.

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores de T_p y del factor de amplificación del suelo S, dados en la Tabla N°2.

En los sitios donde las propiedades del suelo sean poco conocidas se podrán usar los valores correspondientes al perfil tipo S₃. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S₄ cuando los estudios geotécnicos así lo determinen.

Tabla N°2			
Parámetros del Suelo			
Tipo	Descripción	T_p (s)	S
S ₁	Roca o suelos muy rígidos	0,4	1,0
S ₂	Suelos intermedios	0,6	1,2
S ₃	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0,9	1,4
S ₄	Condiciones excepcionales	*	*

(*) Los valores de T_p y S para este caso serán establecidos por el especialista, pero en ningún caso serán menores que los especificados para el perfil tipo S₃.

Artículo 7 Factor de Amplificación Sísmica

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:

$$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T} \right); C \leq 2,5$$

T es el periodo según se define en el Artículo 17 (17.2) ó en el Artículo 18 (18.2 a)

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la respuesta estructural respecto de la aceleración en el suelo.

CAPITULO 3 REQUISITOS GENERALES

Artículo 8 Aspectos Generales.

Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las solicitaciones sísmicas determinadas en la forma prescrita en esta Norma.

Deberá considerarse el posible efecto de los elementos no estructurales en el comportamiento sísmico de la estructura. El análisis, el detallado del refuerzo y anclaje deberá hacerse acorde con esta consideración.

Para estructuras regulares, el análisis podrá hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales. Para estructuras irregulares deberá suponerse que la acción sísmica ocurre en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño de cada elemento o componente en estudio.

Se considera que la fuerza sísmica vertical actúa en los elementos simultáneamente con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable para el análisis.

No es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento.

Cuando sobre un sólo elemento de la estructura, muro o pórtico, actúa una fuerza de 30 % o más del total de la fuerza cortante horizontal en cualquier entrepiso, dicho elemento deberá diseñarse para el 125 % de dicha fuerza.

Artículo 9 Concepción Estructural Sismorresistente

El comportamiento sísmico de las edificaciones mejora cuando se observan las siguientes condiciones:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como en las rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada.
- Continuidad en la estructura, tanto en planta como en elevación.

- Ductilidad.
- Deformación limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia.
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva e inspección estructural rigurosa.

Artículo 10 **Categoría de las Edificaciones**

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 3. El coeficiente de uso e importancia (U), definido en la Tabla N° 3 se usará según la clasificación que se haga.

Tabla N° 3 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1,0
D Edificaciones Menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	(*)

(*) En estas edificaciones, a criterio del proyectista, se podrá omitir el análisis por fuerzas sísmicas, pero deberá proveerse de la resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales.

Artículo 11**Configuración Estructural**

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares con el fin de determinar el procedimiento adecuado de análisis y los valores apropiados del factor de reducción de fuerza sísmica (Tabla N° 6).

a. Estructuras Regulares. Son las que no tienen discontinuidades significativas horizontales o verticales en su configuración resistente a cargas laterales.

b. Estructuras Irregulares. Se definen como estructuras irregulares aquellas que presentan una o más de las características indicadas en la Tabla N° 4 o Tabla N° 5.

Tabla N° 4 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA
<p>Irregularidades de Rigidez – Piso blando</p> <p>En cada dirección la suma de las áreas de las secciones transversales de los elementos verticales resistentes al corte en un entrepiso, columnas y muros, es menor que 85 % de la correspondiente suma para el entrepiso superior, o es menor que 90 % del promedio para los 3 pisos superiores. No es aplicable en sótanos. Para pisos de altura diferente multiplicar los valores anteriores por (h_i/h_d) donde h_d es altura diferente de piso y h_i es la altura típica de piso.</p>
<p>Irregularidad de Masa</p> <p>Se considera que existe irregularidad de masa, cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa de un piso adyacente. No es aplicable en azoteas</p>
<p>Irregularidad Geométrica Vertical</p> <p>La dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 130% de la correspondiente dimensión en un piso adyacente. No es aplicable en azoteas ni en sótanos.</p>
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes.</p> <p>Desalineamiento de elementos verticales, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento de magnitud mayor que la dimensión del elemento.</p>

Tabla N° 5	
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	
Irregularidad Torsional	Se considerará sólo en edificios con diafragmas rígidos en los que el desplazamiento promedio de algún entrepiso exceda del 50% del máximo permisible indicado en la Tabla N°8 del Artículo 15 (15.1). En cualquiera de las direcciones de análisis, el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, en un extremo del edificio, es mayor que 1,3 veces el promedio de este desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo que simultáneamente se obtiene en el extremo opuesto.
Esquinas Entrantes	La configuración en planta y el sistema resistente de la estructura, tienen esquinas entrantes, cuyas dimensiones en ambas direcciones, son mayores que el 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.
Discontinuidad del Diafragma	Diafragma con discontinuidades abruptas o variaciones en rigidez, incluyendo áreas abiertas mayores a 50% del área bruta del diafragma.

Artículo 12 **Sistemas Estructurales**

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección tal como se indica en la Tabla N°6.

Según la clasificación que se haga de una edificación se usará un coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R). Para el diseño por resistencia última las fuerzas sísmicas internas deben combinarse con factores de carga unitarios. En caso contrario podrá usarse como (R) los valores establecidos en Tabla N°6 previa multiplicación por el factor de carga de sismo correspondiente.

Tabla N° 6	
SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente de Reducción, R Para estructuras regulares (*) (**)
Acero	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos.	9,5
Otras estructuras de acero.	
Arriostres Excéntricos	6,5
Arriostres en Cruz	6,0
Concreto Armado	
Pórticos ⁽¹⁾ .	8
Dual ⁽²⁾ .	7
De muros estructurales ⁽³⁾ .	6
Muros de ductilidad limitada ⁽⁴⁾ .	4
Albañilería Armada o Confinada ⁽⁵⁾ .	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

1. Por lo menos el 80% del cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos que cumplan los requisitos de la NTE E.060 Concreto Armado. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.
 2. Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. Los pórticos deberán ser diseñados para tomar por lo menos 25% del cortante en la base. Los muros estructurales serán diseñados para las fuerzas obtenidas del análisis según Artículo 16 (16.2)
 3. Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 80% del cortante en la base.
 4. Edificación de baja altura con alta densidad de muros de ductilidad limitada.
 5. Para diseño por esfuerzos admisibles el valor de R será 6
- (*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.
- (**) Para estructuras irregulares, los valores de R deben ser tomados como $\frac{3}{4}$ de los anotados en la Tabla.
Para construcciones de tierra referirse a la NTE E.080 Adobe. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos S_3 , ni se permite en suelos S_4 .

Artículo 13 Categoría, Sistema Estructural y Regularidad de las Edificaciones

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse observando las características de regularidad y empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N° 7.

Tabla N° 7			
CATEGORÍA Y ESTRUCTURA DE LAS EDIFICACIONES			
Categoría de la Edificación.	Regularidad Estructural	Zona	Sistema Estructural
A (*) (**)	Regular	3	Acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual
		2 y 1	Acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual, Madera
B	Regular o Irregular	3 y 2	Acero, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada, Sistema Dual, Madera
		1	Cualquier sistema.
C	Regular o Irregular	3, 2 y 1	Cualquier sistema.

(*) Para lograr los objetivos indicados en la Tabla N°3, la edificación será especialmente estructurada para resistir sismos severos.

(**) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se podrá usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

Artículo 14 Procedimientos de Análisis

14.1 Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos referidos en el Artículo 18.

14.2 Las estructuras clasificadas como regulares según el artículo 10 de no más de 45 m de altura y las estructuras de muros portantes de no más de 15 m de altura, aún cuando sean irregulares, podrán analizarse mediante el procedimiento de fuerzas estáticas equivalentes del Artículo 17.

Artículo 15 Desplazamientos Laterales

15.1 Desplazamientos Laterales Permisibles

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el Artículo 16 (16.4), no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso que se indica en la Tabla N° 8.

Tabla N° 8	
LIMITES PARA DESPLAZAMIENTO LATERAL DE ENTREPISO	
Estos límites no son aplicables a naves industriales	
Material Predominante	(Δ_i / h_{e_i})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010

15.2 Junta de Separación sísmica (s)

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas una distancia mínima s para evitar el contacto durante un movimiento sísmico.

Esta distancia mínima no será menor que los 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos de los bloques adyacentes ni menor que:

$$s = 3 + 0,004 \cdot (h - 500) \quad (h \text{ y } s \text{ en centímetros})$$

$$s > 3 \text{ cm}$$

donde h es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar s .

El Edificio se retirará de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores que $2/3$ del desplazamiento máximo calculado según Artículo 16 (16.4) ni menores que $s/2$.

15.3

Estabilidad del Edificio

Deberá considerarse el efecto de la excentricidad de la carga vertical producida por los desplazamientos laterales de la edificación, (efecto P-delta) según se establece en el Artículo 16 (16.5).

La estabilidad al volteo del conjunto se verificará según se indica en el Artículo 21.

CAPITULO 4 ANÁLISIS DE EDIFICIOS

Artículo 16 Generalidades

16.1 Solicitaciones Sísmicas y Análisis

En concordancia con los principios de diseño sismorresistente del Artículo 3, se acepta que las edificaciones tendrán incursiones inelásticas frente a sollicitaciones sísmicas severas. Por tanto las sollicitaciones sísmicas de diseño se consideran como una fracción de la sollicitación sísmica máxima elástica.

El análisis podrá desarrollarse usando las sollicitaciones sísmicas reducidas con un modelo de comportamiento elástico para la estructura.

16.2 Modelos para Análisis de Edificios

El modelo para el análisis deberá considerar una distribución espacial de masas y rigideces que sea adecuada para calcular los aspectos más significativos del comportamiento dinámico de la estructura.

Para edificios en los que se pueda razonablemente suponer que los sistemas de piso funcionan como diafragmas rígidos, se podrá usar un modelo con masas concentradas y tres grados de libertad por diafragma, asociados a dos componentes ortogonales de traslación horizontal y una rotación. En tal caso, las deformaciones de los elementos deberán compatibilizarse mediante la condición de diafragma rígido y la distribución en planta de las fuerzas horizontales deberá hacerse en función a las rigideces de los elementos resistentes. Deberá verificarse que los diafragmas tengan la rigidez y resistencia suficientes para asegurar la distribución mencionada, en caso contrario, deberá tomarse en cuenta su flexibilidad para la distribución de las fuerzas sísmicas.

Para los pisos que no constituyan diafragmas rígidos, los elementos resistentes serán diseñados para las fuerzas horizontales que directamente les corresponde.

16.3 **Peso de la Edificación**

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la Edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50% de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25% de la carga viva.
- c. En depósitos, el 80% del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25% de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100% de la carga que puede contener.

16.4 **Desplazamientos Laterales**

Los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de C/R indicados en el Artículo 17 (17.3) ni el cortante mínimo en la base especificado en el Artículo 18 (18.2 d).

16.5 **Efectos de Segundo Orden (P-Delta)**

Los efectos de segundo orden deberán ser considerados cuando produzcan un incremento de más del 10 % en las fuerzas internas.

Para estimar la importancia de los efectos de segundo orden, podrá usarse para cada nivel el siguiente cociente como índice de estabilidad:

$$Q = \frac{N_i \cdot \Delta_i}{V_i \cdot h e_i \cdot R}$$

Los efectos de segundo orden deberán ser tomados en cuenta cuando $Q > 0,1$

16.6 Solicitaciones Sísmicas Verticales

Estas sollicitaciones se considerarán en el diseño de elementos verticales, en elementos post o pre tensados y en los voladizos o salientes de un edificio.

Artículo 17 Análisis Estático

17.1 Generalidades

Este método representa las sollicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas horizontales actuando en cada nivel de la edificación.

Debe emplearse sólo para edificios sin irregularidades y de baja altura según se establece en el Artículo 14 (14.2).

17.2 Período Fundamental

a. El periodo fundamental para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

donde :

$C_T = 35$ para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente pórticos.

$C_T = 45$ para edificios de concreto armado cuyos elementos sismorresistentes sean pórticos y las cajas de ascensores y escaleras.

$C_T = 60$ para estructuras de mampostería y para todos los edificios de concreto armado cuyos elementos sismorresistentes sean fundamentalmente muros de corte.

a. También podrá usarse un procedimiento de análisis dinámico que considere las características de rigidez y distribución de masas en la estructura. Como una forma sencilla de este procedimiento puede usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot D_i^2 \right)}{\left(g \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot D_i \right)}}$$

Cuando el procedimiento dinámico no considere el efecto de los elementos no estructurales, el periodo fundamental deberá tomarse como el 0,85 del valor obtenido por este método.

17.3 Fuerza Cortante en la Base

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} \cdot P$$

debiendo considerarse para C/R el siguiente valor mínimo:

$$\frac{C}{R} \geq 0,125$$

17.4 Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Si el periodo fundamental T, es mayor que 0,7 s, una parte de la fuerza cortante V, denominada F_a , deberá aplicarse como fuerza concentrada en la parte superior de la estructura. Esta fuerza F_a se determinará mediante la expresión:

$$F_a = 0,07 \cdot T \cdot V \leq 0,15 \cdot V$$

donde el período T en la expresión anterior será el mismo que el usado para la determinación de la fuerza cortante en la base.

El resto de la fuerza cortante, es decir ($V - F_a$) se distribuirá entre los distintos niveles, incluyendo el último, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$F_i = \frac{P_i \cdot h_i}{\sum_{j=1}^n P_j \cdot h_j} \cdot (V - F_a)$$

17.5 Efectos de Torsión

Se supondrá que la fuerza en cada nivel (F_i) actúa en el centro de masas del nivel respectivo y debe considerarse además el efecto de excentricidades accidentales como se indica a continuación.

Para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel (e_i), se considerará como 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la de la acción de las fuerzas.

En cada nivel además de la fuerza actuante, se aplicará el momento accidental denominado M_{t_i} que se calcula como:

$$M_{t_i} = \pm F_i e_i$$

Se puede suponer que las condiciones más desfavorables se obtienen considerando las excentricidades accidentales con el mismo signo en todos los niveles. Se considerarán únicamente los incrementos de las fuerzas horizontales no así las disminuciones.

17.6 Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como una fracción del peso. Para las zonas 3 y 2 esta fracción será de $2/3 Z$. Para la zona 1 no será necesario considerar este efecto.

Artículo 18 Análisis Dinámico**18.1 Alcances**

El análisis dinámico de las edificaciones podrá realizarse mediante procedimientos de combinación espectral o por medio de análisis tiempo-historia.

Para edificaciones convencionales podrá usarse el procedimiento de combinación espectral; y para edificaciones especiales deberá usarse un análisis tiempo-historia.

18.2 Análisis por combinación modal espectral .**a. Modos de Vibración**

Los periodos naturales y modos de vibración podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas de la estructura.

b. Aceleración Espectral

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \cdot g$$

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales.

c. Criterios de Combinación

Mediante los criterios de combinación que se indican, se podrá obtener la respuesta máxima esperada (r) tanto para las fuerzas internas en los elementos componentes de la estructura, como para los parámetros globales del edificio como fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso.

La respuesta máxima elástica esperada (r) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados (r_i) podrá determinarse usando la siguiente expresión.

$$r = 0,25 \cdot \sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

Alternativamente, la respuesta máxima podrá estimarse mediante la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.

En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa de la estructura, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

c. Fuerza Cortante Mínima en la Base

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en la base del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado según el Artículo 17 (17.3) para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

e. Efectos de Torsión

La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable.

18.3

Análisis Tiempo-Historia

El análisis tiempo historia se podrá realizar suponiendo comportamiento lineal y elástico y deberán utilizarse no menos de cinco registros de aceleraciones horizontales, correspondientes a sismos reales o artificiales. Estos registros deberán normalizarse de manera que la aceleración máxima corresponda al valor máximo esperado en el sitio.

Para edificaciones especialmente importantes el análisis dinámico tiempo-historia se efectuará considerando el comportamiento inelástico de los elementos de la estructura.

CAPITULO 5 CIMENTACIONES

Artículo 19 Generalidades

Las suposiciones que se hagan para los apoyos de la estructura deberán ser concordantes con las características propias del suelo de cimentación.

El diseño de las cimentaciones deberá hacerse de manera compatible con la distribución de fuerzas obtenida del análisis de la estructura.

Artículo 20 Capacidad Portante

En todo estudio de mecánica de suelos deberán considerarse los efectos de los sismos para la determinación de la capacidad portante del suelo de cimentación. En los sitios en que pueda producirse licuefacción del suelo, debe efectuarse una investigación geotécnica que evalúe esta posibilidad y determine la solución mas adecuada.

Para el cálculo de las presiones admisibles sobre el suelo de cimentación bajo acciones sísmicas, se emplearán los factores de seguridad mínimos indicados en la NTE E.050 Suelos y Cimentaciones.

Artículo 21 Momento de Volteo

Toda estructura y su cimentación deberán ser diseñadas para resistir el momento de volteo que produce un sismo. El factor de seguridad deberá ser mayor o igual que 1,5.

Artículo 22 Zapatas aisladas y cajones

Para zapatas aisladas con o sin pilotes en suelos tipo S_3 y S_4 y para las zonas 3 y 2 se proveerá elementos de conexión, los que deben soportar en tracción o compresión, una fuerza horizontal mínima equivalente al 10% de la carga vertical que soporta la zapata.

Para el caso de pilotes y cajones deberá proveerse de vigas de conexión o deberá tenerse en cuenta los giros y deformaciones por efecto de la fuerza horizontal diseñando pilotes y zapatas para estas

solicitaciones. Los pilotes tendrán una armadura en tracción equivalente por lo menos al 15% de la carga vertical que soportan.

CAPITULO 6 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPO

Artículo 23 Generalidades

- Se consideran como elementos no-estructurales, aquellos que estando o no conectados al sistema resistente a fuerzas horizontales, su aporte a la rigidez del sistema es despreciable.
- En el caso que los elementos no estructurales estén aislados del sistema estructural principal, éstos deberán diseñarse para resistir una fuerza sísmica (V) asociada a su peso (P) tal como se indica a continuación.

$$V = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot P$$

Los valores de U corresponden a los indicados en el Capítulo 3 y los valores de C_1 se tomarán de la Tabla N°9.

- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación en la cual la dirección de la fuerza es perpendicular a su plano. - Elementos cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	1,3
- Muros dentro de una edificación (dirección de la fuerza perpendicular a su plano).	0,9
- Cercos.	0,6
- Tanques, torres, letreros y chimeneas conectados a una parte del edificio considerando la fuerza en cualquier dirección.	0,9
- Pisos y techos que actúan como diafragmas con la dirección de la fuerza en su plano.	0,6

- Para elementos no estructurales que estén unidos al sistema estructural principal y deban acompañar la deformación de la misma, deberá asegurarse que en caso de falla, no causen daños personales.
- La conexión de equipos e instalaciones dentro de una edificación debe ser responsabilidad del especialista correspondiente. Cada especialista deberá garantizar que estos equipos e instalaciones

no constituyan un riesgo durante un sismo y, de tratarse de instalaciones esenciales, deberá garantizar la continuación de su operatividad.

CAPITULO 7

EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

Artículo 24

Generalidades

- Las estructuras dañadas por efectos del sismo deben ser evaluadas y reparadas de tal manera que se corrijan los posibles defectos estructurales que provocaron la falla y recuperen la capacidad de resistir un nuevo evento sísmico, acorde con los objetivos del diseño sismorresistente anotada en el Capítulo 1.
- Ocurrido el evento sísmico la estructura deberá ser evaluada por un ingeniero civil, quien deberá determinar si el estado de la edificación hace necesario el reforzamiento, reparación o demolición de la misma. El estudio deberá necesariamente considerar las características geotécnicas del sitio.
- La reparación deberá ser capaz de dotar a la estructura de una combinación adecuada de rigidez, resistencia y ductilidad que garantice su buen comportamiento en eventos futuros.
- El proyecto de reparación o reforzamiento incluirá los detalles, procedimientos y sistemas constructivos a seguirse.
- Para la reparación y el reforzamiento sísmico de edificaciones existentes se podrá emplear otros criterios y procedimientos diferentes a los indicados en esta Norma, con la debida justificación y aprobación de la autoridad competente.

CAPITULO 8 INSTRUMENTACIÓN

Artículo 25 Registradores Acelerográficos

En todas las zonas sísmicas los proyectos de edificaciones con un área igual o mayor de 10,000 m², deberán instrumentarse con un registrador acelerográfico triaxial.

Los registradores acelerográficos triaxiales deberán ser provistos por el propietario, con especificaciones técnicas aprobadas por el Instituto Geofísico del Perú.

Artículo 26 Ubicación

Los instrumentos deberán colocarse en una habitación de por lo menos 4 m² ubicado en el nivel inferior del edificio teniendo en cuenta un acceso fácil para su mantenimiento; y una apropiada iluminación, ventilación, suministro de energía eléctrica, y seguridad física y deberá identificarse claramente en el plano de arquitectura.

Artículo 27 Mantenimiento

El mantenimiento operativo, partes y componentes, material fungible y servicio de los instrumentos deberán ser provistos por los propietarios del edificio bajo control del Instituto Geofísico del Perú. La responsabilidad se mantendrá por 10 años.

Artículo 28 Disponibilidad de Datos

Los acelerogramas registrados por los instrumentos, serán procesados por el Instituto Geofísico del Perú e integrados al Banco Nacional de Datos Geofísicos. Esta información es de dominio público y estará disponible a los usuarios a pedido.

Artículo 29 Requisitos para la Finalización de Obra

Para obtener el certificado de finalización de obra, y bajo responsabilidad del funcionario competente, el propietario deberá presentar un certificado de instalación, expedido por el Instituto

Geofísico del Perú y además un contrato de servicio de mantenimiento operativo de los instrumentos.

ANEXO

ANEXO N° 1
ZONIFICACIÓN SÍSMICA

Las zonas sísmicas en que se divide el territorio peruano, para fines de esta Norma se muestran en la Figura 1 del Artículo 5.

A continuación se especifican las provincias de cada zona.

Zona 1

1. Departamento de Loreto. Provincias de Mariscal Ramón Castilla, Maynas y Requena.
2. Departamento de Ucayali. Provincia de Purús.
3. Departamento de Madre de Dios. Provincia de Tahuamanú.

Zona 2

1. Departamento de Loreto. Provincias de Loreto, Alto Amazonas y Ucayali .
2. Departamento de Amazonas. Todas las provincias.
3. Departamento de San Martín. Todas las provincias.
4. Departamento de Huánuco. Todas las provincias.
5. Departamento de Ucayali. Provincias de Coronel Portillo, Atalaya y Padre Abad.
6. Departamento de Pasco. Todas las provincias.
7. Departamento de Junín. Todas las provincias.
8. Departamento de Huancavelica. Provincias de Acobamba, Angaraes, Churcampá, Tayacaja y Huancavelica.
9. Departamento de Ayacucho. Provincias de Sucre, Huamanga, Huanta y Vilcashuamán.
10. Departamento de Apurímac. Todas las provincias.
11. Departamento de Cusco. Todas las provincias.
12. Departamento de Madre de Dios. Provincias de Tambopata y Manú.
13. Departamento de Puno. Todas las provincias.

Zona 3

1. Departamento de Tumbes. Todas las provincias.
2. Departamento de Piura. Todas las provincias.
3. Departamento de Cajamarca. Todas las provincias.
4. Departamento de Lambayeque. Todas las provincias.
5. Departamento de La Libertad. Todas las provincias.
6. Departamento de Ancash. Todas las provincias.
7. Departamento de Lima. Todas las provincias.
8. Provincia Constitucional del Callao.
9. Departamento de Ica. Todas las provincias.
10. Departamento de Huancavelica. Provincias de Castrovirreyna y Huaytará.
11. Departamento de Ayacucho. Provincias de Cangallo, Huanca Sancos, Lucanas, Víctor Fajardo, Parinacochas y Paucar del Sara Sara.
12. Departamento de Arequipa. Todas las provincias.
13. Departamento de Moquegua. Todas las provincias.
14. Departamento de Tacna. Todas las provincias.

1. ESCALAS DE INTENSIDADES SÍSMICAS

1.1 ESCALA DE INTENSIDAD MERCALLI MODIFICADA (ABREVIADA)

1.1.1 INTENSIDAD: GRADOS

- I No sentido en general, excepto por muy pocos en circunstancias especialmente favorables.
- II Sentido solamente por pocas personas en reposo, especialmente en pisos altos de edificios. Objetos delicadamente suspendidos pueden oscilar.
- III Sentido muy perceptiblemente en el interior de las construcciones, especialmente en los pisos superiores de edificios, pero mucha gente no reconoce la perturbación como movimiento sísmico. Vehículos motorizados estacionados pueden mecerse ligeramente. Vibración como el paso de un camión.
- IV Durante el día, sentido en interiores por muchos, en exteriores sentido por pocos. En la noche, algunos se despiertan. Platos, ventanas y puertas se sacuden; las paredes crujen. Sensación como que un camión pesado golpeará el edificio. Vehículos detenidos se mecen notablemente. Líquidos en vasijas abiertas se agitan.
- V Sentido por casi todos. Muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas, etc. se rompen [por la vibración]. En algunos casos, el revestimiento se agrieta. Objetos inestables se voltean. Se advierten algunas veces perturbaciones de postes, árboles, y otros objetos altos. Se asustan pocos, algunos, varios. Pocos salen fuera de las construcciones. Árboles y arbustos se sacuden ligeramente.
- VI Sentido por todos. Algunos muebles pesados se mueven. En algunos casos cae revestimiento. Daño ligero. Muchos se asustan. Muchos salen de la construcción. Objetos son arrojados de repisas o lugares de reposo. Árboles y arbustos se sacuden moderadamente. Se despiertan todos.

- VII** Todos se asustan. Todo el mundo corre fuera de la construcción. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción. Daño ligero a moderado en estructuras ordinarias bien construidas. Daño considerable en estructuras pobremente construidas o malamente diseñadas. Advertido por personas manejando vehículos motorizados. Árboles y arbustos se sacuden fuertemente. En muchos casos muebles pesados se voltean. Agua se vuelve turbia y lodosa. Caída de cornisas, parapetos, locetas, tejas, y piedras.
- VIII** Daño ligero en estructuras especialmente diseñadas. Daño considerable en edificaciones resistentes ordinarias con colapso parcial. Gran daño en estructuras pobremente construidas. Muros de panel forzados fuera de su marco estructural. Caída de columnas, monumentos, muros, etc. Muebles pesados se voltean. Eyección de arena y lodo en pequeñas cantidades. Cambios: temporal, permanente, en flujo de manantiales y pozos, cambios en las temperaturas del agua. Personas manejando vehículos se desconciertan. Árboles se sacuden fuertemente; ramas y troncos se rompen. Terrenos húmedos se agrietan en cierta extensión.
- IX** Daño considerable en estructuras diseñadas especialmente. Pandeo de marcos estructurales bien diseñados. Gran daño en construcciones resistentes, con colapso parcial. Edificio desplazados de sus cimientos. El suelo se agrieta conspicuamente. Se rompen tuberías en el subsuelo. Se reportan varios deslizamientos.
- X** Algunas estructuras de madera bien construidas se destruyen. La mayoría de las estructuras de mampostería/albañilería y pórticos destruida, incluyendo sus cimientos. Terreno severamente agrietado. Rieles se doblan. Considerables deslizamientos de las riberas de ríos y pendientes empinadas. Arena y lodo desplazado/trasladado. Daños severos a presas, diques, y terraplenes. Tuberías subterráneas rotas, trituradas, aplastadas, combadas.
- XI** Pocas, si alguna estructura (mampostería o albañilería) permanece en "pie". Puentes destruidos. Amplias fisuras en el terreno. La tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. Deslizamientos rotacionales y deslizamientos de tierras en terrenos blandos. Rieles se doblan o arquean grandemente. Gran daño a presas, diques, y terraplenes. Causa maremoto significativo.
- XII** Daño total. Se ven ondas en la superficie del terreno. Líneas de vista y nivel distorsionadas. Objetos lanzados hacia arriba: al aire.

1.2 ESCALA DE INTENSIDADES MSK-64

1.2.1 CLASIFICACIÓN ADOPTADA EN LA ESCALA

TIPOS DE ESTRUCTURAS

Edificaciones construidas sin las previsiones sismorresistentes necesarias.

Tipo A: Construcciones de piedra, adobe, ladrillos secados al sol, tapial, etc.

Tipo B: Construcciones de ladrillo, bloquetas de cemento, bloques grandes y paneles, piedra cortada.

Tipo C: Construcciones de ladrillo, bloquetas de cemento, etc. con refuerzo de concreto: vigas y columnas, casas de madera bien diseñadas.

DEFINICIONES DE CANTIDADES

Individual = alrededor del 5%

Muchos = 50%

La mayoría = alrededor del 75%

CLASIFICACIÓN DE DAÑOS

Grado 1. Daño ligero: Grietas finas en el revestimiento y caídas de pequeños pedazos del revestimiento o enlucido.

Grado 2. Daño moderado: Grietas pequeñas en muros, caída de pedazos muy grandes del revestimiento, caída de tejas y lozas del techo.

- Grado 3.** Daño Grave: Grietas grandes y profundas en muros.
- Grado 4.** Destrucción Parcial: Grietas y brechas muy grandes en muros, desplome de partes de la construcción, rotura de conexiones entre partes de la construcción, desplome de muros interiores y muros aporticados.
- Grado 5.** Destrucción total: Destrucción total de la edificación

AGRUPAMIENTO DE LOS CRITERIOS DE INTENSIDAD

- a) La gente y sus ambientes
- b) Las estructuras
- c) Los fenómenos naturales

1.2.2 INTENSIDAD: GRADOS

I No perceptible

- a) Intensidad de vibración por debajo del nivel perceptible de los humanos; sacudimiento del suelo detectado y registrado por los sismógrafos solamente.
- b) No hay daños.
- c) No hay efectos

II Escasamente perceptible

- a) Sacudimiento sentido por algunas personas en reposo en el interior de la construcción, especialmente en pisos superiores.
- b) No hay daños
- c) No hay efectos

III Sismo ligero

- a) Sentido por algunas personas en el interior de la construcción; sentido fuera de la construcción bajo condiciones favorables. Vibración similar al sacudimiento causado por el paso de un camión ligero. Observadores atentos pueden notar ligero oscilamiento de objetos colgados, los cuales son más notorios en pisos superiores.
- b) No hay daños
- c) No hay efectos

IV Sacudimiento perceptible

- a) Sentido en el interior de la construcción por muchas personas; sentido fuera de la construcción sólo por unas pocas. Algunas personas dormidas se despiertan, pero nadie se asusta. Vibraciones similares al sacudimiento causado por el paso de camión pesado. Ventanas, puertas, y platos se sacuden con ruido. Pisos y paredes crujen. Muebles comienzan a sacudirse. Objetos colgantes oscilan. Líquidos en vasijas descubiertas se agitan ligeramente. Vehículos automotores estacionados se mecen.
- b) No daños
- c) No efectos

V Sacudimiento severo

- a) Sentido por todas las personas en el interior de la construcción, y por muchos fuera de la construcción. Muchas personas dormidas se despiertan. Algunas personas corren al exterior de la construcción. Animales se inquietan. Sacudimiento de toda la construcción. Objetos colgantes oscilan considerablemente. Cuadros se mueven. En casos raros, relojes de péndulo se paran. Algunos objetos inestables se vuelcan o desplazan. Puertas y ventanas no aseguradas con llave se abren y se cierran. Pequeñas cantidades de líquido se derrama de vasijas abiertas. Vibraciones similares a las causadas por la caída de objetos pesados percibida dentro de la construcción.
- b) Posible daño de grado-1 a construcciones individuales del Tipo A.
- c) En algunos casos, la cantidad de flujo de agua en los manantiales cambia.

VI Daños ligeros a construcciones

- a) Sentido por la mayoría de las personas tanto en el interior como en el exterior de la construcción. Muchas personas dentro de la construcción se asustan y corren hacia fuera. Algunas personas pierden su equilibrio. Animales domésticos salen corriendo de sus albergues. En algunos casos, platos y otros objetos de vidrio se rompen; libros se caen. Muebles pesados pueden moverse; puede escucharse el tañer de campanas pequeñas en campanarios.
- b) Daño grado-1 a construcciones individuales del Tipo B y a muchas construcciones del Tipo A. Daño grado-2 a construcciones individuales del Tipo A.
- c) En algunos casos, se forman grietas de hasta 1 cm de ancho en terreno húmedo; algunos deslizamientos en áreas montañosas. Cambios en la cantidad de flujo de agua de manantiales y en los niveles de agua de los pozos.

VII Daño a las construcciones

- a) La mayoría de las personas se asustan y corren fuera de la construcción. Muchas personas tienen dificultad en mantener su equilibrio. El sacudimiento es advertido por personas manejando carros. Grandes campanas suenan.
- b) Daño de grado-1 a muchas construcciones de Tipo C; daño de grado-2 a muchas construcciones de Tipo B, daño de grado-3 a muchas construcciones de Tipo A; daño de grado-4 a construcciones individuales de Tipo A. En algunos casos, deslizamientos sobre carreteras en pendientes empinadas y grietas en carreteras. Roturas en uniones de tuberías; grietas en cercos de albañilería.
- c) Se forman ondas en superficies de agua; el agua se enturbia debido a que el lodo se levanta. Niveles de agua en pozos y flujo de la cantidad de agua de manantiales cambian. En algunos casos, nuevas fuentes de agua aparecen y viejas desaparecen. Casos individuales de deslizamientos de arena o grava en riberas de ríos.

VIII Fuerte daño a construcciones

- a) Miedo y pánico; aún personas manejando carros son desconcertadas. En algunos sitios se rompen ramas de árboles. Muebles pesados se mueven y algunas veces se voltean. Algunas lámparas colgantes se dañan.
- b) Daños del grado-2 a muchas construcciones del Tipo C; daño del grado-3 a edificios individuales del Tipo C. Daños del grado-3, y ocasionalmente grado-4, a construcciones del Tipo B. Daño del grado-4, y ocasionalmente del grado-5, a construcciones del Tipo A. Casos individuales de daños a tuberías. Monumentos y estatuas se mueven, y lápidas se voltean. Cercas de piedras son destruidas.
- c) Deslizamientos pequeños en pendientes empinadas de bajadas y subidas de carreteras; grietas en el terreno alcanzan varios centímetros de ancho. Aparecen nuevos cuerpos de agua. Algunas veces, pozos secos se llenan de agua o pozos que estuvieron funcionando se secan. En muchos casos, la cantidad de flujo de agua de manantiales y niveles de agua de pozos cambian.

IX Destrucción parcial de construcciones

- a) Pánico general; daño severo a muebles. Animales salen precipitadamente y mugen, braman o gritan.
- b) Daño de grado-3, y ocasionalmente grado-4, a construcciones del Tipo C. Daño del grado-4, y ocasionalmente grado-5, a construcciones del Tipo B. Daño del grado-5 a muchos edificios del Tipo A. Monumentos, columnas y pilares se voltean. Daños considerables a reservorios artificiales; rotura de algunas tuberías subterráneas. En casos particulares, rieles de tren se comban y las carreteras se dañan.
- c) Planicies son inundadas, y se notan depósitos de arena y lodo. Grietas en el terreno alcanzan 10 cm en ancho y sobre pendientes y orillas de ríos pueden sobrepasar los 10 cm; además, un gran número de grietas finas aparecen en el terreno. Taludes se rompen por fuerzas cortantes o por deslizamientos; frecuentes deslizamientos y 'desintegración' del terreno. Grandes olas en las superficies de agua.

X Destrucción total de construcciones

- b) Daño de grado-4, y ocasionalmente grado-5, a construcciones del Tipo C, daño de grado-5 a muchas construcciones del Tipo B; daño del grado-5 a muchas construcciones del Tipo A. Daño amenazante a presas y terraplenes, y daños serios a puentes. Ligero combamiento de rieles de tren. Rotura o combadura de la tubería subterránea. Cobertura y asfalto de carreteras forman una superficie ondulada.
- c) Grietas en el terreno son hasta unos pocos decímetros, y algunas veces hasta un metro, de ancho. Anchas fracturas aparecen paralelas a los cursos de agua. Caída de rocas sueltas de pendientes inclinadas. Posibles deslizamientos mayores sobre riberas de ríos y litorales empinados; Agua salpica de canales, lagos, ríos, etc. Aparecen nuevos lagos.

XI Catástrofe

- b) Daños serios aún a edificaciones, puentes, presas y rieles de trenes bien construidas. Autopistas intransitables; destrucción de tuberías subterráneas.
- c) Considerable deformación del terreno en forma de anchas grietas, desplazamientos y roturas, tanto vertical como horizontal; numerosos deslizamientos en montañas.

Determinación de la intensidad de sacudimiento en este caso requiere investigaciones especiales.

XII Cambios en relieve

- b) Fuerte daño o destrucción de todas la estructuras de superficie y de subsuelo.
- c) Cambios drásticos en la superficie terrestre. Grietas algo grandes se observan en el terreno, con grandes desplazamientos verticales y horizontales. Deslizamientos en montañas y derrumbamiento de riberas de ríos sobre grandes áreas. Aparecen nuevos lagos y caídas de agua; cursos de ríos cambian.

La determinación de la intensidad de sacudimiento, en este caso, requiere de investigaciones especiales.

SUSCRIPCIONES Y PEDIDOS

Av. Canadá # 1568 San Borja- Lima

TELÉFAX 4769602

TODA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL REQUIERE

AUTORIZACIÓN DE VIVIENDA O DEL SENCICO

IMPRESO EN LOS TALLERES GRÁFICOS DEL SENCICO