

EVALUACIÓN DE CÓDIGO SÍSMICO

(Original: ingles)

REPÚBLICA DOMINICANA

Evaluación llevada a cabo por Jorge Gutiérrez

NOMBRE DEL DOCUMENTO: “Recomendaciones Provisionales para el Análisis Sísmico de Estructuras”. Norma M-001

AÑO: Aprobada en Diciembre de 1979. Reimpresa en Octubre de 2001.

COMENTARIOS GENERALES: Formulada por SODOSISMICA (Sociedad Dominicana de Sismología e Ingeniería Sísmica) y aprobada por el “Departamento de Normas, Reglamentos y Sistemas” (DNRS) de la “Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones” (SEOPC).

Actualmente se encuentra en una etapa muy avanzada el trabajo para un nuevo Código Sísmico y un Código General de Construcciones. El proyecto ha sido finalizado y la SEOPC ha solicitado una revisión final a SODOSISMICA. Se espera que esté lista para su publicación durante el término del año 2003 (información de Hector O’Reilly, Presidente de SODOSISMICA, comunicación personal vía correo electrónico).

TEMAS ESPECÍFICOS:

NOTA: Los números entre corchetes se refieren a capítulos o artículos específicos del Código: [4.1.b]

Los números entre paréntesis se refieren a temas de este documento: (ver 2.2)

1. ALCANCE

1.1 Conceptos explícitos. [1.2]

El Código está diseñado sólo para edificaciones y estructuras similares.

Como su nombre indica, el Código se refiere específicamente al análisis sísmico de edificios; para el diseño de elementos y componentes estructurales el Código se refiere a las normas de EUA o a las Normas Europeas (ACI, AISC, CEB) u otras Normas nacionales del DNRS/SEOPC.

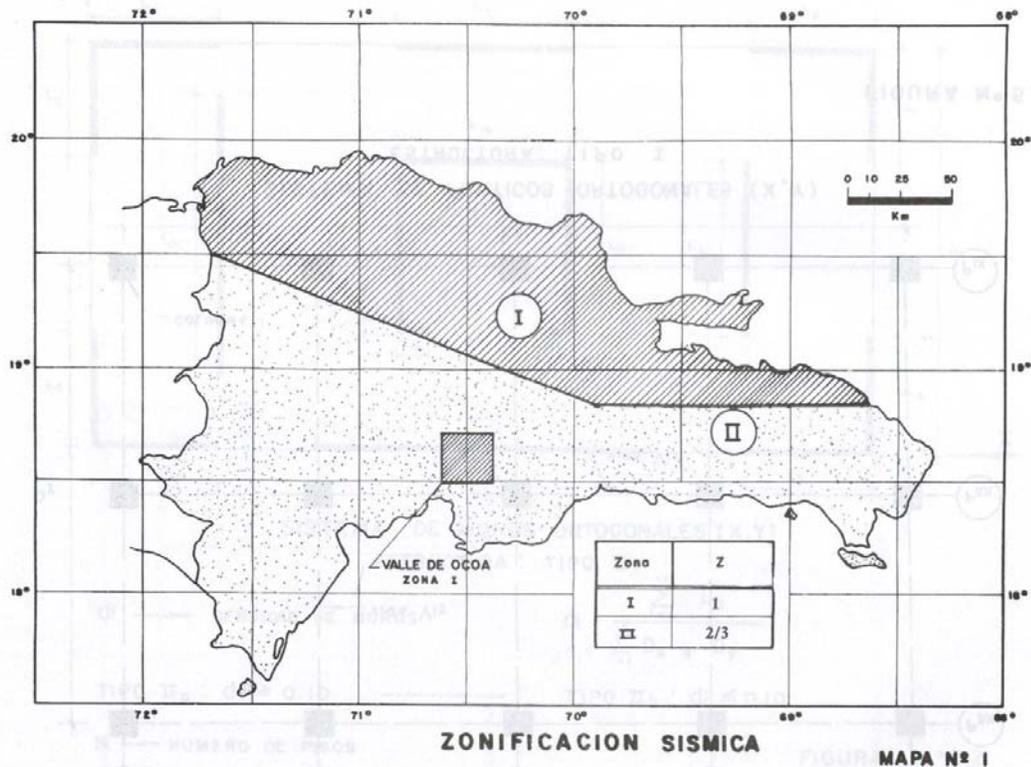
1.2 Objetivos del Desempeño.

No han sido explícitamente considerados.

2. ZONIFICACIÓN SÍSMICA Y CARACTERIZACIÓN DE SITIO

2.1 Zonificación sísmica (Calidad de Datos). [3]

El país está dividido en dos zonas sísmicas, Zona I = Alta Sismisidad y Zona II = Sismisidad Mediana de acuerdo a la siguiente figura:



Siendo un Código de 1979, se esperaría que los datos considerados ya están desactualizados.

2.2 Niveles de Intensidad Sísmica. [6.4.4]

Un Coeficiente de Zona Sísmica Z, que afecta al Coeficiente Sísmico C_b (ver 4.2) está asignado a cada Zona:

Zona Sísmica	Z
I	1
II	2/3

2.3 Consideraciones de Falla Cercana.

No se ha considerado.

2.4 Requisitos de Sitio.

No se han mencionado.

2.5 Clasificación de Sitio. [6.4.6]

Se definen cuatro tipos de sitios relacionados con las condiciones del suelo, cuyos correspondientes coeficientes S que afectan al Coeficiente Sísmico C_b (ver 4.2) se dan en el siguiente Cuadro.

Tipo de Suelo	Propiedades	S
1	Suelos firmes de roca o derivados de roca	1.00
2	Suelos de depósitos sedimentarios marinos	1.20
3	Depósitos de tierra de aluviones recientes	1.50
4	Suelos no definidos	1.35

2.6 Aceleraciones Pico en Tierra (Horizontales y Verticales)

En el Código no se especifican aceleraciones pico en tierra. Sin embargo, la estabilidad del Espectro de Respuesta Elástico (ver 4.1) está dada como 0.635 para todos los tipos de suelos en la Zona Sísmica I. Por consiguiente, una aceleración pico en tierra horizontal efectiva, estimada como 40% de la estabilidad, podría ser calculada como 0.25g. Para la Zona II sería 2/3 de este valor (ver 2.2) o 0.17g.

3. PARÁMETROS PARA LA CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL

3.1 Ocupación e Importancia. [4; 6.4.5]

Se definen cuatro Grupos A, B, C y D y un Factor de Uso U definido según el siguiente Cuadro:

Grupo	Descripción	Factor U
A	Edificios esenciales, peligrosos o de alta ocupación	1.30
B	Edificios Ordinarios	1.00
C	Edificios no incluidos en los Grupos A o B cuyo derrumbe no causará pérdida de vida o afectará otros edificios.	0.75
D	Edificios que no pueden ser clasificados como del Grupo A, B o C. En estos casos se requiere el criterio del DNRS/SEOPC.	-----

3.2 Tipo Estructural. [5]

Hay cinco tipos estructurales definidos como sigue:

- Tipo I:** Marcos Estructurales.
Tipo II: Muros Estructurales. Se divide en:
Tipo II-A. Muros estructurales de Concreto
Tipo II-B. Muros Estructurales de Mampostería.
Tipo III. Sistemas dobles, donde la carga sísmica total es resistida por marcos y muros estructurales según su rigidez. Adicionalmente, los muros estructurales deben ser capaces de resistir 100% de las fuerzas sísmicas y los marcos, actuando por sí solos, para resistir 25% de dichas cargas.
Tipo IV. Estructuras de Vigas Voladizas ya sea con una sola columna (incluye tanques elevados) o una sola línea de columnas.
Tipo V. Cualquier estructura de edificación no clasificada en ninguno de los tipos anteriores. En estos casos se requiere el criterio del DNRS/SEOPC.

Un Factor de Reducción R_d se define para cada Tipo Estructural como sigue:

Tipo Estructural		Factor de Reducción R_d
I		7.0
II-A	$d_i < 0.10$	5.0
	$d_i \geq 0.10$	4.5
II-B	$d_i < 0.10$	4.0
	$d_i \geq 0.10$	3.5
III		6.5
IV		1.5

Donde d_i es la densidad del muro (la proporción de la longitud total del muro en ambas direcciones, al área). Ésta es una cantidad dimensional, supuestamente calculada en el sistema métrico (1/m).

3.3 Regularidad Estructural: Plana y Vertical. [7]

La regularidad estructural no se evalúa específicamente pero está considerada en el Capítulo 7, Configuración Estructural, donde se incluyen cinco recomendaciones para la regularidad:

- Procurar simetría de masa y rigidez.
- Distribución apropiada de elementos y componentes resistentes; tratando de ubicarlos en la periferia de la edificación.
- Evitar discontinuidades del diafragma.

- Distribución apropiada de masa a través de la altura.
- Evitar esquinas reentrantes dentro de plano.
- Evitar grandes cambios de rigidez a través de la altura. [6.2.3]

Si estas recomendaciones no se cumplen, debe ser aplicado el Método de Superposición Modal (ver 5.4) [6.2.3].

3.4 Redundancia Estructural.

No se ha considerado específicamente.

3.5 Ductilidad de elementos y componentes.

No se ha considerado específicamente.

4. ACCIONES SÍSMICAS

4.1 Espectros de Respuesta Elásticos (Horizontales y Verticales). [6.3.2]

El Espectro Horizontal Elástico está dado por:

$$C = 0.635 \quad \text{para } T \leq 0.5 \text{ s}$$

$$C = 0.4 / T^{2/3} \quad \text{para } T > 0.5 \text{ s}$$

No se ha considerado ningún espectro vertical.

4.2 Espectros de Diseño. [6.4]

Para propósitos de diseño el coeficiente de sismorresistencia base C_b se define como:

$$C_b = Z U S C / R_d \geq 0.03$$

donde:

Z = Coeficiente de Zona Sísmica (ver 2.2)

U = Factor de Uso (ver 3.1)

S = Coeficiente de suelo para el sitio (ver 2.5)

C = Espectro Elástico (ver 4.1)

R_d = Factor de Reducción según el tipo Estructural (ver 3.2)

El producto S multiplicado por C debe satisfacer $S C \leq 0.635$

4.3 Representación de historias de tiempo de aceleración. [6.3.2]

Historias específicas de tiempo de aceleración, ya sea registradas o simuladas usando cualquier procedimiento normal, pueden ser utilizadas para análisis dinámico no lineal bajo el supuesto de que sus aceleraciones, contenido y duración de la frecuencia estén de acuerdo con la sismicidad del país. Estos deben ser aprobados en cada caso por el DNRS/SEOPC.

4.4 Desplazamiento de Tierra del Diseño.

No se ha considerado.

5. FUERZAS DE DISEÑO, MÉTODOS DE ANÁLISIS Y LIMITACIONES DE DESVÍO

5.1 Combinaciones de Carga incluyendo los Efectos de Carga Sísmica Ortogonal.

Siendo un documento relacionado con análisis sísmico, no hay indicaciones sobre cómo los efectos de la carga sísmica están combinadas con cargas gravitacionales u otro tipo de cargas. Presumiblemente, estos requisitos están contenidos en Normas complementarias emitidas por el DNRS/SEOPC.

5.2 Procedimientos de Análisis Simplificado y Diseño. [6.2.1; 6.5.1]

Este método puede ser aplicado para estructuras que satisfagan las cuatro condiciones siguientes:

- Estructuras Tipo II (ver 3.2), cuatro pisos o menos.
- En cada dirección, el diafragma rígido (losa) debe ser apoyado por muros con una longitud de más de 50% de la longitud total del diafragma.
- La delgadez (altura a dimensión mínima) no excederá 1.5.
- Para Estructuras Tipo II-B la altura del piso no excede 20 veces el espesor del muro.

La Sismorresistencia Base Total V será:

$$V = C_b W$$

donde:

$$W = \text{Peso total del edificio para propósitos sísmicos; } W = \sum_i W_i$$

$$W_i = W_{mi} + (\varphi_i \varphi_{ri}) W_{vi}$$

donde

W_{mi} = Carga Muerta en el nivel i

W_{vi} = Carga Viva en el nivel i

φ_i = Coeficiente de reducción de Carga Viva debido al uso.

φ_{ri} = Coeficiente de reducción de Carga Viva debido a las dimensiones del área cargada.

$(\varphi_i \varphi_{ri}) = 0.25$ a menos que se considere necesario un análisis refinado más detallado.

Para el cálculo de C_d el período estructural T puede ser estimado como:

$$T = K_o H / (D_s)^{1/2}$$

donde:

H = Altura del edificio (en m).

D_s = Dimensión del edificio en la dirección de análisis (en m).

K_o = Coeficiente relacionado al Tipo Estructural como sigue:

Tipo Estructural		K_o
I		0.13
II	$d_i < 0.10$	0.09
	$d_i \geq 0.10$	0.07
III		0.09

La Sismorresistencia Base Total V será distribuida a través de la altura como fuerzas de nivel F_i

$$F_i = V [W_i h_i / \sum_k W_k h_k]$$

Ningún efecto torsional o momentos de volcamiento son considerados en este método. Desplazamientos horizontales no son calculados.

5.3 Procedimientos de Método Estático. [6.2.2; 6.5.1.6]

Este método puede aplicarse a edificaciones con menos de 15 pisos o 45 m de altura que no llenen los requisitos para el Análisis Simplificado (ver 5.2). La estimación de la Sismorresistencia Base Total V y el Período Estructural T sigue el procedimiento del Análisis Simplificado.

La Sismorresistencia Base Total V será distribuida a través de la altura como fuerzas de nivel F_i :

$$F_i = (V - F_t) [W_i h_i / \sum_k W_k h_k]$$

donde F_t es una fuerza aplicada en la parte más alta de la edificación y estimada como

$$F_t = 0.07 T V \leq 0.25 V \quad (F_t \text{ será cero para } T \leq 0.7 \text{ s})$$

Los efectos Torsionales deben ser considerados (ver 5.6). Los momentos de volcamiento a nivel i pueden ser reducidos como sigue:

$$M_{vi} = 0.8 \sum_{s=i+1} F_s (h_s - h_i)$$

5.4 Métodos de Superposición Modal. [6.2.3; 6.5.3]

Este método debe ser aplicado a edificaciones que no llenan los requisitos de los métodos previos, a edificaciones irregulares (ver 3.3) o a edificaciones consideradas como inusuales según el DNRS/SEOPC.

Los efectos Torsionales deben ser considerados. Las reducciones del momento de volcamiento son las mismas que para el Procedimiento del Método Estático (ver 5.3).

La Sismorresistencia Base Total no puede ser menor al 65% del valor calculado con el Procedimiento del Método Estático (ver 5.3).

Todos los modos con $T = 0.4$ s deben ser considerados (no menos de 3 o el número de pisos para edificaciones con menos de 3 pisos). Los modos serán combinados con la regla de la Raíz Cuadrada de la Suma de los Cuadrados, SRSS.

5.5 Métodos No Lineales. [6.5.3.4]

Éste es un método opcional. Como mínimo, 4 historias independientes del tiempo de aceleración (ver 4.3) deben ser utilizadas. La caracterización de materiales y los modelos estructurales deben tener la aprobación del DNRS/SEOPC.

5.6 Consideraciones Torsionales. [6.1.5; 6.5.2.10; 6.5.2.11; 6.5.3.1]

Se requiere para los Métodos Estático y de Superposición Modal. En cada nivel debe aplicarse un momento torsional M_{ti} , calculado como:

$$M_{ti} = V_i e_{in}$$

donde

V_i = Fuerza sismorresistente directa en el nivel i .

e_{in} = Excentricidad Normativa, dada como

$$e_{in} = 1.5 e_i + e_{in}$$

donde

e_i = Excentricidad calculada en el nivel i .

e_{in} = Excentricidad accidental, igual al 5% de la dimensión del plano en cada dirección.

En cada nivel, para cada elemento resistente, la sismorresistencia será incrementada (nunca disminuida) por los efectos de Momento Torsional. Alternativamente, los modelos 3D (3 dof por nivel) pueden utilizarse.

5.7 Limitaciones de Desvío. [6.5.2.18; 7.7]

Los desplazamientos elásticos deben ser incrementados por el Factor de Desplazamiento C_d dado en el siguiente Cuadro

Tipo Estructural		Factor C_d
I		5.6
II-A	$d_i < 0.10$	4.4
	$d_i \geq 0.10$	4.0
II-B	$d_i < 0.10$	3.4
	$d_i \geq 0.10$	3.0
III		5.4
IV		1.5

Los Desvíos relativos de Piso ($\Delta_i / \Delta h_i$) no deberían exceder 0.008. Si los componentes no estructurales no son afectados por los desplazamientos, este límite puede ser incrementado a 0.016.

5.8 Consideraciones de Interacción Suelo-Estructura.

No se ha considerado.

6. VERIFICACIONES DE SEGURIDAD.

6.1 Separación de Edificaciones. [7.7]

La separación entre edificaciones adyacentes no debería ser menor de dos veces el desplazamiento máximo calculado sin el Factor de Desplazamiento C_d , ni 2.5 cm. Cuando los desplazamientos no son

calculados (ver 5.2) la separación no debería ser menor de 5 cm o 0.006 veces la altura de la edificación más pequeña. La separación mínima de los límites de sitio debería ser la mitad de estos valores.

6.2 Requerimientos para Diafragmas Horizontales. [6.5.2.7; 6.5.2.8; 6.5.2.9; 7.8.2]

Los bloques de concreto sólido o con vacíos pueden ser considerados como diafragmas rígidos. Los diafragmas de concreto prefabricados o aquéllos con molde de concreto encima de una cubierta de acero pueden ser considerados como rígidos si sus condiciones de soporte son capaces de transmitir las fuerzas requeridas.

Si los diafragmas no son rígidos, cada sistema resistente a terremotos debería resistir sus correspondientes cargas sísmicas afluentes.

6.3 Requerimientos para Cimientos. [7.9]

Se dan algunas indicaciones generales:

- Las Zapatas aisladas para edificaciones de más de 5 pisos o más de 17m de altura deberían estar interconectadas en su parte superior en ambas direcciones horizontales.
- Las edificaciones separadas por juntas de construcción pueden compartir un cimiento común.
- No se permiten sistemas de cimiento diferentes para la misma edificación a menos que los cálculos demuestren que no hay problema con respecto a fuerzas o deformaciones.
- Los efectos de volcamiento deben ser considerados.

6.4 Consideraciones de P-Δ.

No se ha considerado.

6.5 Componentes No Estructurales.

No se han considerado.

6.6 Previsiones para el Aislamiento de la Base.

No se han considerado.

7. EDIFICIOS RESIDENCIALES PEQUEÑOS.

No se dan recomendaciones específicas para edificios residenciales pequeños sino que se aplica a muchos de ellos, lo previsto en el Análisis Simplificado (ver 5.2).

8. PREVISIONES PARA EDIFICACIONES EXISTENTES.

No se han considerado.

RECOMENDACIONES PARA MEJORAR EL CÓDIGO

El Código es por supuesto un documento muy desactualizado. Es evidente la necesidad de un Código moderno. Se espera que el trabajo que se desarrolla actualmente satisfará esta urgente necesidad dentro de un corto período de tiempo.