



# PUNTOS CLAVE SOBRE LA GUIA Y MANUAL DE EVALUACION SISMICA.





Guía de Evaluación Sísmica



Manual de Evaluación Sísmica

- **Edificios existentes cuyo sistema estructural principal sean marcos de concreto reforzado.**

- **El sistema de fundación de las edificaciones se asume optimo y sin deficiencias. No se emplean criterios de reforzamiento de este tipo de elementos.**
- **Limitación a edificios de 6 pisos para el 1er y 2do nivel de evaluación (Tipo I) y para la evaluación simplificada-avanzada (Tipo II).**
- **No se incorporan criterios ni procesos orientados a la “reparación” de elementos estructurales.**

TIPO	EVALUACIÓN SIMPLIFICADA		EVALUACIÓN DETALLADA		NORMAS NACIONALES DE REFERENCIA	NORMAS INTERNACIONALES DE REFERENCIA
PROCEDIMIENTOS BASADOS EN EL ÍNDICE SÍSMICO	I	1º nivel	2º nivel	3º nivel	JBDPA ( <i>Japan Building Disaster Prevention Association</i> )	ISO 16711: 2021 [E]
	II	Evaluación Sísmica Simplificada (SE por sus siglas en inglés)	Evaluación Sísmica Avanzada Simplificada (ASE por sus siglas en inglés)	Evaluación Sísmica Detallada (DSE por sus siglas en inglés)	JBDPA + ASCE 41	ISO 16711: 2021 [E]
PROCEDIMIENTOS BASADOS EN EL DESEMPEÑO SÍSMICO	Categoría 1		Categoría 2	Categoría 3	ASCE41 ( <i>American Society of Civil Engineers</i> ), FEMA 440	ISO 16711: 2021 [E]
	Checklist para evaluar de manera general el desempeño estructural		Revisión de la capacidad y la deficiencia de cada elemento  Acciones controladas por fuerzas  Acciones controladas	1. Estático lineal 2. Dinámico lineal 3. Estático no lineal 4. Dinámico no lineal		

Fuente: Manual de evaluación sísmica de edificios existentes de concreto reforzado

**CAPACIDAD EXISTENTE**

$\geq$   
 $<$

**DEMANDA SISMICA O  
CAPACIDAD OBJETIVO**

**?  
VALORACION**

**$\geq$ : SEGURO**

**$<$ : DEFICIENTE--- PLAN DE REFORZAMIENTO**

Estándar de la Asociación Japonesa de Prevención de Desastres en la Construcción (JBDPA).

### Cálculo del Índice Sísmico ( $I_s$ )

Ecuaciones base:

- $I_s = E_0 \times S_D \times T$
- $E_0 = C_s \times F$

Donde:

- $E_0 \rightarrow$  Índice sísmico básico de la estructura.
- $C \rightarrow$  Índice de resistencia.
- $F \rightarrow$  Índice de ductilidad.
- $S_D \rightarrow$  Índice de irregularidad.
- $T \rightarrow$  Índice de tiempo.

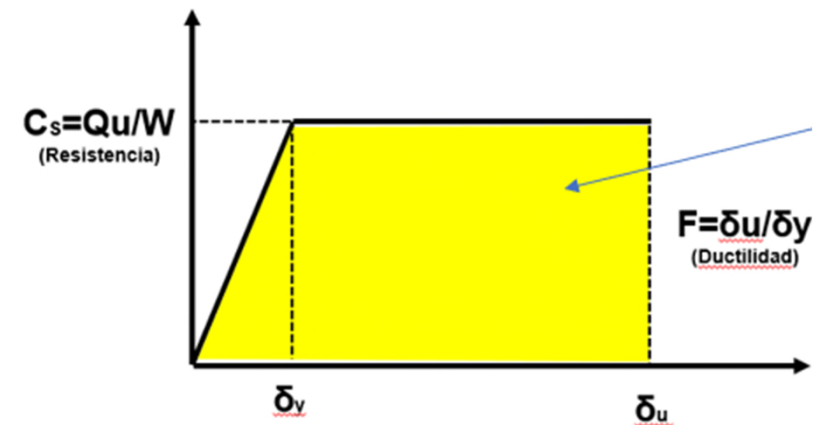
$$E_o = C_s \times F$$

$$C_s = \text{Indice de Resistencia} = \frac{Q_U}{W}$$

$Q_U$  = Resistencia ultima a cortante

$W$  = Peso sismico total

$F$  = Indice de Ductilidad (en función de la capacidad de deformación sin perder resistencia)





## (1) Resistencia Última a Flexión

La resistencia última a flexión se calculará mediante la Ec. A1.1-1 de la normativa japonesa

Para  $N_{max} \geq N > 0.4b \cdot D \cdot F_c$

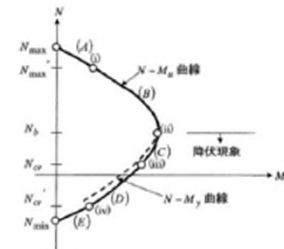
$$M_u = \{0.8a_t \cdot \sigma_y \cdot D + 0.12b \cdot D^2 \cdot F_c\} \cdot \left( \frac{N_{max} - N}{N_{max} - 0.4b \cdot D \cdot F_c} \right)$$

Para  $0.4b \cdot D \cdot F_c \geq N > 0$

$$M_u = 0.8a_t \cdot \sigma_y \cdot D + 0.5N \cdot D \cdot \left( 1 - \frac{N}{b \cdot D \cdot F_c} \right)$$

Para  $0 > N > N_{min}$

$$M_u = 0.8a_t \cdot \sigma_y \cdot D + 0.4N \cdot D$$



Donde:

$N_{max}$  = Resistencia a compresión axial =  $b \cdot D \cdot F_c + a_g \cdot \sigma_y$  (N)

$N_{min}$  = Resistencia de tensión axial =  $-a_g \cdot \sigma_y$  (N).

$N$  = Fuerza axial (N).

$a_t$  = Área total de la sección transversal del acero de refuerzo a tensión ( $\text{mm}^2$ ).

$a_g$  = Área total de la sección transversal del acero de refuerzo ( $\text{mm}^2$ ).

$B$  = Ancho de columna (mm).

$D$  = Espesor de columna (mm).

$\sigma_y$  = Resistencia a fluencia de acero de refuerzo ( $\text{N/mm}^2$ ).

$F_c$  = Resistencia a compresión de concreto ( $\text{N/mm}^2$ ).

$$Q_{su} = k_r \cdot \left\{ \frac{0.53p_t^{0.23} \cdot (18 + F_c)}{\frac{M}{Q \cdot d} + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_w \cdot \sigma_{wy} + 0.1\sigma_o} \right\} \cdot b$$

Donde:

$k_r$  = Factor de reducción para concreto de baja resistencia

( $\sigma_B < 13.5 \text{ N/mm}^2$ )  $\therefore k_r = 0.244 + 0.056\sigma_B$

$p_t$  = Relación de refuerzo a tensión (%)  $p_t = a_t / (b \cdot D) \cdot 100\%$

$a_t$  = Área transversal del refuerzo a tensión ( $\text{mm}^2$ ).

$F_c$  = Resistencia a la compresión del concreto para estructuras existentes ( $\text{N/mm}^2$ )

$p_w$  = Relación de refuerzo cortante,  $p_w = 0.012$  for  $p_w \geq 0.012$ ;  $p_w = a_w / (b \cdot s)$

$a_w$  = Área transversal de un set de refuerzo cortante ( $\text{mm}^2$ ).

$b$  = Ancho de la parte existente de la columna (mm)

$\sigma_{wy}$  = Resistencia de fluencia de refuerzo por cortante ( $\text{N/mm}^2$ ).

$\sigma_o$  = Esfuerzo axial de la columna ( $\text{N/mm}^2$ ),  $\sigma_o = 8$  para  $\sigma_o > 8$ ,  $\sigma_o = N / (b \cdot D)$

$d$  = Espesor efectivo de la columna.  $D-50\text{mm}$  puede ser aplicado.

$M/Q$  = Longitud de tramos a cortante. El valor por defecto es igual a  $h_o/2$  (mm).

$h_o$  = Altura libre de la columna (mm).

$j$  = Distancia entre los centroides de las fuerzas de tensión y compresión. Valor por defecto aplicado igual a  $0.8D$  (mm)

Se calcula la Resistencia a Cortante Ultima de cada uno de los elementos

$$Q_{mu} = \frac{M_u \cdot x_2}{h}$$

Fuente: Manual de evaluación sísmica de edificios existentes de concreto reforzado

## (c) Columna de fallo por cortante

El índice de ductilidad de una columna de fallo por cortante debe ser calculado mediante la Ecuación (14) basado en el ángulo de deriva del piso en la capacidad de deformación última en falla por cortante de una columna.

$$F = 1.0 + 0.27 \frac{R_{su} - R_{250}}{R_y - R_{250}} \quad \text{Ec. (14) de la normativa japonesa}$$

Donde:

$R_{su}$  = Ángulo de deriva de entrepiso en la capacidad de deformación última en fallo por cortante del miembro columna.

$$R_{su} = \frac{cQ_{su} - 0.3}{0.7} \cdot R_{my} \geq R_{250} \text{ donde } c\alpha \cdot cQ_{mu} < cQ_{su}$$

[Disposiciones Complementarias 1.2 Deformación Última A1.2-11 de la normativa japonesa]

$$R_{su} = R_{250} \text{ para } c\alpha \cdot cQ_{mu} \geq cQ_{su}$$

$$c\alpha = 0.3 + 0.7 (R_{250}/R_{my})$$

[Disposiciones Complementarias 1.2 Deformación Última A1.2-12 normativa japonesa]

Donde:

$cQ_{su}$  = Resistencia a cortante última de la columna.

$cQ_{mu}$  = Fuerza cortante en la resistencia a flexión última de la columna.

$c\alpha$  = Factor de resistencia efectiva de la columna.

$R_{my}$  = Ángulo de deformación de fluencia de entrepiso.

$$R_{my} = (h_o/H_o) \cdot cR_{mp} \geq R_{250}$$

## (d) Columnas a flexión

El índice de ductilidad de una columna a flexión debe calcularse mediante la ecuación (15) o (16) basándose en el ángulo de deriva de entrepiso en la capacidad de deformación última en fallo a flexión de la columna.

(i) En caso de que  $R_{mu} < R_y$

$$F = 1.0 + 0.27 \cdot \frac{R_{mu} - R_{250}}{R_y - R_{250}} \quad \text{Ec. (15) de la normativa japonesa}$$

(ii) En caso de que  $R_{mu} \geq R_y$

$$F = \frac{\sqrt{\frac{R_{mu}}{R_y} - 1}}{0.75 \left( 1 + \frac{0.05 R_{mu}}{R_y} \right)} \leq 3.2 \quad \text{Ec. (16) de la normativa japonesa}$$

Donde:

$R_y$  = Deformación de fluencia en términos de ángulo de deformación de entrepiso, en principio se tomará como  $R_y = 1/150$ .

$R_{250}$  = Ángulo de deriva estándar de entrepiso (correspondiente al índice de ductilidad de una pared de concreto reforzado),  $R_{250} = 1/250$ .

$R_{mu}$  = Ángulo de deriva de entrepisos en la capacidad de deformación última en caso de fallo por flexión del elemento de columna.

$$R_m = \left( \frac{h_o}{H_o} \right) \cdot cR_{mu} \geq \frac{1}{250}$$

[Ecuación (A1.2-1) en las disposiciones complementarias 1.2(1) de la normativa japonesa]

Donde:

$$\frac{h_o}{H_o} \leq 1.0$$

$$cR_{mu} = cR_{my} + cR_{mp} \leq cR_{30}$$

[Ecuación (A1.2-2) de las disposiciones complementarias 1.2(1) de la normativa japonesa]

Donde:

$h_o$  = Altura libre de la columna

$H_o$  = Altura estándar de la columna desde la parte inferior de la viga del piso superior hasta la superficie de la losa del piso inferior.

$cR_{mu}$  = Ángulo de deriva en la resistencia última a la flexión de la columna (medido en la altura libre de la columna).

$cR_{my}$  = Ángulo de deformación de fluencia de la columna (medido a partir de la altura efectiva de la columna)

**Se determina de acuerdo al modo de falla esperado y los ángulos de rotación en la capacidad ultima de la sección.**

Fuente: Manual de evaluación sísmica de edificios existentes de concreto reforzado

## Cálculo de la Demanda Sísmica ( $I_{so}$ )

### Calculo Manuales HOKYO

$$I_{so} = \left[ A \cdot C_0 \cdot \left( \frac{T_0}{T} \right)^{2/3} \right] \cdot I$$

$$I_{so} = S_a \cdot I$$

$A$  = Indice de Zona.

$C_0; T_0$  = Indices de Suelo

$I$  = Indice de Uso o Importancia

### Calculo Standard Japones.

$$I_{so} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U$$

$E_s$  = Indice Basico de Demanda

$Z$  = Indice de Zona

$G$  = Indice de Suelo

$U$  = Indice de Uso o Importancia

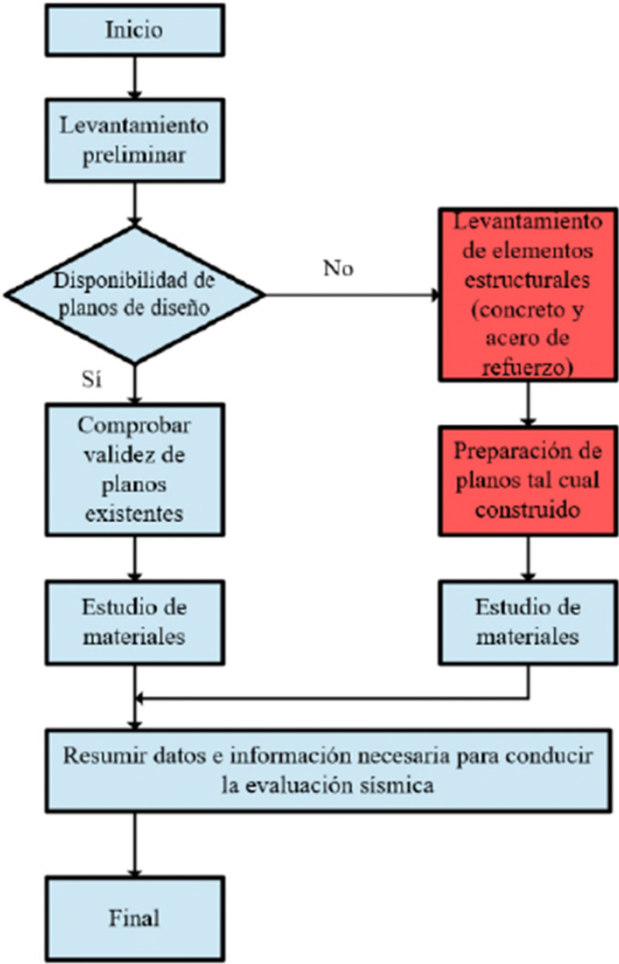
1er Nivel	2do Nivel	
Vigas rigidez infinita	Vigas rigidez infinita	
Evaluación de capacidad a cortante de elementos verticales.	Evaluación de capacidad a cortante de elementos verticales.	
Resistencia a cortante estimada según base estadística experimental.	Resistencia a cortante calculada de acuerdo a las propiedades del elemento.	
Ductilidad nula asumida	Ductilidad calculada de acuerdo a las propiedades del elemento	

Evaluación Sísmica Simplificada	Evaluación Sísmica Simplificada Avanzada	Evaluación Sísmica Detallada
Vigas rigidez infinita	Vigas rigidez infinita	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Análisis de todos los elementos</li> <li>-Requerimiento de software especial</li> <li>-Análisis No-lineal</li> <li>-Resistencia a cortante y ductilidad directamente de las curvas cortante-deformación.</li> </ul>
Criterios para estimar aporte de las paredes de mampostería de ladrillo de barro.	Criterios para estimar aporte de las paredes de mampostería de ladrillo de barro.	
<b>Resistencia a cortante <i>estimada</i> según base estadística experimental.</b>	<b>Resistencia a cortante <i>calculada</i> de acuerdo a las <i>propiedades del elemento</i>.</b>	
Introducción del Índice de Carga de Servicio ( $I_D$ )	Introducción del Índice de Carga de Servicio ( $I_D$ )	
<b>Ductilidad nula asumida</b>	<b>Ductilidad calculada de acuerdo a las propiedades del elemento, y criterios establecidos en el <i>ACI 318</i></b>	
Valoración basada en “rangos” de acuerdo al Índice Sísmico e Índice de Carga de Servicio	Valoración basada en “rangos” de acuerdo al Índice Sísmico e Índice de Carga de Servicio.	

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
<p><b>Check List.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nivel de desempeño objetivo “Prevención al Colapso”</li> <li>-Se evalúan visualmente deficiencias estructurales</li> <li>-Algunos campos se determinan mediante inspección y/o verificación de planos preexistentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Parte de base de los datos obtenidos en la Categoría 1</li> <li>-Análisis estático lineal o análisis dinámico lineal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Método de espectro de capacidad (CSM)</li> <li>-Método de los coeficientes</li> <li>-Análisis estático No lineal (pushover)</li> </ul>



ACTIVIDADES PREVIAS A LA EVALUACION SISMICA



Fuente: Manual de evaluación sísmica de edificios existentes de concreto reforzado

Item	Cantidad	Comentario
Muestras de Núcleos de concreto	Núcleos de concreto	Se indica la institución o persona responsable
a) Extracción de muestras de concreto	---	
b) Prueba de compresión	Tres muestras en un set, como mínimo	Se sugiere extraer 3 muestras con la finalidad de evaluar el promedio y la desviación estándar.
c) Prueba de carbonatación	Tres, como mínimo.	--
Item	Cantidad	Comentario
d) Material para reparación	---	
e) Trabajos de reparación	---	
Exposición de acero de refuerzo en columnas	---	Se indica la ubicación de las exposiciones de acero de refuerzo
a) Escarificación	---	---
b) Material para reparación	---	---
c) Trabajos de reparación	---	---
Exposición de acero de refuerzo en vigas	---	Se indica la ubicación de las exposiciones de acero de refuerzo
a) Escarificación	---	
b) Material para reparación	---	
c) Trabajos de reparación	---	
Exposición de superficie de concreto para pruebas con martillo Schmidt	---	Se indica la ubicación de las superficies de concreto expuestas
a) Remoción de capa de mortero	---	30cm x 30cm
b) Martillo Schmidt	---	
c) Material para reparación	---	
d) Trabajos de reparación	---	
Ensayo a tensión de acero de refuerzo	Una, como mínimo.	Pueden tomarse varillas de acero de refuerzo expuestas.
a) Muestras	Una, como mínimo	
b) Ensayo a tensión	--	
Exposición de fundaciones	Una, como mínimo.	Se recomienda por lo menos en una ubicación
a) Excavación y relleno	---	

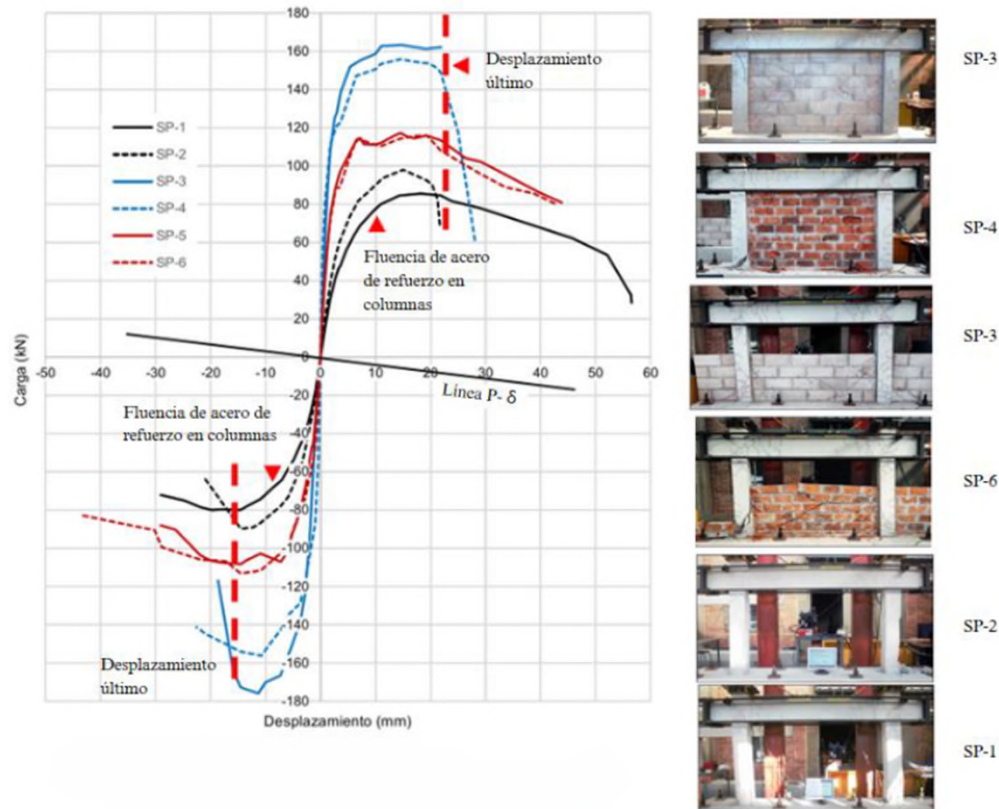


Figura S1.3-1 Envolturas de la curva carga deflexión - Espécimen SP - 1 a SP - 6

Aproximadamente 150pag de ejemplos de calculo para cada método.



