

NTC DF – DISEÑO POR SISMO

Actualización 2013

- **Procedimientos de análisis**
- **Comportamiento asimétrico**
- **Diafragmas, contenidos y apéndices**
- **Péndulos invertidos**
- **Condiciones de regularidad**
- **Torsión**

1. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

1.2.2 Criterios de análisis y diseño. Las estructuras se analizarán bajo la acción de dos componentes horizontales ortogonales del movimiento del terreno. En caso de estructuras cuya geometría en planta no haga posible establecer con claridad las direcciones principales de análisis, se considerarán diferentes ángulos de incidencia para las dos componentes ortogonales, hasta determinar las direcciones críticas de análisis.

1.2.2 Criterios de análisis y diseño (continuación)

Las estructuras se diseñarán con alguno de los métodos de análisis dinámico que se describen en el Capítulo 6. Será aceptable emplear el Método Estático del Capítulo 7 en los casos en que se cumplan los requisitos establecidos para tal propósito en dicho capítulo.

No se considera método simplificado

Versión anterior :

2.2 Análisis estático y dinámico

- Los métodos dinámicos del Capítulo 9 pueden utilizarse para el análisis de toda estructura....
- Puede utilizarse el método estático del Capítulo 8 para analizar estructuras regulares, según se define en el Capítulo 6, de altura no mayor de 30 m, y estructuras irregulares de no más de 20 m. Para edificios ubicados en la zona I, los límites anteriores se amplían a 40m y 30m, respectivamente.
- Con las mismas limitaciones relativas al uso del análisis estático, para estructuras ubicadas en las zonas II ó III también será admisible emplear los métodos de análisis que especifica el Apéndice A, en los cuales se tienen en cuenta los periodos dominantes del terreno en el sitio de interés y la interacción suelo estructura

Versión anterior :

2.2 Análisis estático y dinámico

- Los métodos dinámicos del Capítulo 9 pueden utilizarse para el análisis de toda estructura....
- Puede utilizarse el método estático del Capítulo 8 para analizar estructuras regulares, según se define en el Capítulo 6, de altura no mayor de 30 m, y estructuras irregulares de no más de 20 m. Para edificios ubicados en la zona I, los límites anteriores se amplían a 40m y 30m, respectivamente.
- Con las mismas limitaciones para el análisis estático, para estructuras regulares también será admisible emplear los métodos de análisis que especifica el Apéndice A, en los cuales se tienen en cuenta los periodos dominantes del terreno en el sitio de interés y la interacción suelo estructura

Coincide con Capítulo 7 de versión 2013

Versión anterior :

2.2 Análisis estático y dinámico

- Los métodos dinámicos del Capítulo 9 pueden utilizarse para el análisis de toda estructura....
- Puede utilizarse el método estático del Capítulo 8 para analizar estructuras regulares, según se define en el Capítulo 6, de altura no mayor de 30 m, y estructuras irregulares de no más de 20 m. Para edificios ubicados en la zona I, los límites anteriores se amplían a 40m y 30m, respectivamente.
- Con las mismas limitaciones relativas al uso del análisis estático, para estructuras ubicadas en las zonas II ó III también será admisible emplear los métodos de análisis que especifica el Apéndice A, en los cuales se tienen en cuenta los periodos dominantes del terreno en el sitio de interés y la interacción suelo estructura

1.2.2 Criterios de análisis y diseño (continuación)

- Se verificará que tanto la estructura como su cimentación resistan las fuerzas axiales
- Dado que las fuerzas internas que la superestructura es capaz de desarrollar son mayores que los elementos mecánicos contemplados durante su diseño, las acciones con las que se verifica la capacidad de la cimentación deben contemplar la sobre-resistencia que la superestructura es capaz de desarrollar....

Opción a)

- Establecer los elementos mecánicos de diseño para la cimentación a partir de **multiplicar los resultados obtenidos con el análisis elástico que considera el espectro de diseño, por el factor de reducción por sobre-resistencia (R) que corresponda...**
- En ningún caso el valor de dichos elementos mecánicos será mayor al que se obtendría a partir de un espectro establecido para un factor de comportamiento sísmico (Q) de 1.0.

Opción a)

- Establecer los elementos mecánicos de diseño para la cimentación a partir de **multiplicar los resultados obtenidos con el análisis elástico que considera el espectro de diseño, por el factor de reducción por sobre-resistencia (R) que corresponda...**
- En ningún caso el valor de dichos elementos mecánicos será mayor al que se obtendría a partir de un espectro establecido para un factor de comportamiento sísmico (Q) de 1.0.

Opción b)

- Establecer los elementos mecánicos de diseño para la cimentación a partir del concepto de **diseño por capacidad...**
- Una alternativa ... estimar los elementos mecánicos a partir de un modelo de análisis no lineal que contemple para los elementos estructurales de la super-estructura, capacidades resistentes establecidas a partir de las propiedades esperadas de los materiales estructurales.
- ... segunda alternativa ... estimar las capacidades resistentes últimas de los elementos estructurales y acumularlas manualmente hasta llegar a los axiales y momentos de volteo actuantes en los elementos verticales resistentes a sismos ubicados en la planta baja.

Opción b)

- Establecer los elementos mecánicos de diseño para la cimentación a partir del concepto de diseño por capacidad...
- Una alternativa ... estimar los elementos mecánicos a partir de un modelo de análisis no lineal que contemple para los elementos estructurales de la super-estructura, **capacidades resistentes establecidas a partir de las propiedades esperadas de los materiales estructurales.**
- ... segunda alternativa ... estimar las capacidades resistentes últimas de los elementos estructurales y acumularlas manualmente hasta llegar a los axiales y momentos de volteo actuantes en los elementos verticales resistentes a sismos ubicados en la planta baja.

Opción b)

- Establecer los elementos mecánicos de diseño para la cimentación a partir del concepto de diseño por capacidad...
- Una alternativa ... estimar los elementos mecánicos a partir de un modelo de análisis no lineal que contemple para los elementos estructurales de la super-estructura, capacidades resistentes establecidas a partir de las propiedades esperadas de los materiales estructurales.
- ... segunda alternativa ... estimar las capacidades resistentes últimas de los elementos estructurales y acumularlas manualmente hasta llegar a los axiales y momentos de volteo actuantes en los elementos verticales resistentes a sismos ubicados en la planta baja.

COMPORTAMIENTO ASIMÉTRICO

2.5 Comportamiento asimétrico

- En el diseño de estructuras cuyas relaciones fuerza–deformación difieran en sentidos opuestos, se dividirán los factores de resistencia que corresponden según las Normas respectivas entre el siguiente valor: $1+2.5dQ$
- donde d es la diferencia en los valores de a/Q' , expresados como fracción de la gravedad, que causarían la falla o fluencia plástica de la estructura en uno y otro sentido de la dirección de análisis.
- el valor de Q deberá definirse de acuerdo con el Capítulo 4 (FACTOR DE COMPORTAMIENTO SÍSMICO Y DISTORSIONES PERMISIBLES), suponiendo estructura irregular

¡NUEVO!

DIAFRAGMAS, CONTENIDOS Y APÉNDICES 1

- **2.7.1 Criterios generales.** Tanto para la evaluación de las fuerzas de inercia actuando sobre los diafragmas de piso, como para la de las aceleraciones locales en distintos puntos de ellos, se tomarán en cuenta las deformaciones de dichos elementos en sus planos, cuando sean significativas en comparación con los desplazamientos horizontales de los elementos que proporcionan la resistencia lateral del sistema completo.
- Dichas deformaciones podrán ignorarse en el caso de un diafragma rígido, definido como uno cuyas deformaciones en su plano, estimadas para el sismo de diseño, son inferiores a 0.2 veces el valor del desplazamiento lateral del centro de masa del piso ante la misma acción

DIAFRAGMAS, CONTENIDOS Y APÉNDICES 1

- **2.7.1 Criterios generales.** Tanto para la evaluación de las fuerzas de inercia actuando sobre los diafragmas de piso, como para la de las aceleraciones locales en distintos puntos de ellos, se tomarán en cuenta las deformaciones de dichos elementos en sus planos, cuando sean significativas en comparación con los desplazamientos horizontales de los elementos que proporcionan la resistencia lateral del sistema completo.
- Dichas deformaciones podrán ignorarse en el caso de un diafragma rígido, definido como uno cuyas deformaciones en su plano, estimadas para el sismo de diseño, son inferiores a 0.2 veces el valor del desplazamiento lateral del centro de masa del piso ante la misma acción

DIAFRAGMAS, CONTENIDOS Y APÉNDICES 2

- **2.7.2 Aceleraciones de piso.** Se verificará que los sistemas de cubierta o de piso que actúen como diafragmas para transmitir a los elementos resistentes verticales de una estructura las fuerzas de inercia generadas en los sistemas mencionados por la acción del sismo de diseño posean la rigidez y la resistencia necesarias para ello....
- En los casos de diafragmas rígidos en edificios con planta sensiblemente simétrica, ...la aceleración a_i del centro de masa del *i-ésimo nivel* en una dirección dada se tomará igual al producto $\Omega_i a_0$, en donde a_0 es la aceleración máxima del terreno, especificada en el artículo 3.1, y Ω_i es un factor de amplificación determinado como sigue:

DIAFRAGMAS, CONTENIDOS Y APÉNDICES 2

- **2.7.2 Aceleraciones de piso.** Se verificará que los sistemas de cubierta o de piso que actúen como diafragmas para transmitir a los elementos resistentes verticales de una estructura las fuerzas de inercia generadas en los sistemas mencionados por la acción del sismo de diseño posean la rigidez y la resistencia necesarias para ello....
- En los casos de diafragmas rígidos en edificios con planta sensiblemente simétrica, ...la aceleración a_i del centro de masa del *i-ésimo nivel* en una dirección dada se tomará igual al producto $\Omega_i a_0$, en donde a_0 es la aceleración máxima del terreno, especificada en el artículo 3.1, y Ω_i es un factor de amplificación determinado como sigue:

DIAFRAGMAS, CONTENIDOS Y APÉNDICES 3

- $\Omega_i = a_n / a_0$, para $0.2 < h_i / h_n \leq 1$ Constante
- $\Omega_i = 5 (h_i / h_n) (a_n / a_0 - 1) + 1$, para Variación lineal de 0 a a_n / a_0
- a_n = máxima aceleración del centro de masa del nivel n (extremo superior del edificio)
- $a_n = R \sqrt{(a_{n1} / Q')^2 + \sum_{j=2, \dots, n} a_{nj}^2}$
- a_{nj} = aceleración del centro de masa del extremo superior del edificio, asociada a la respuesta dinámica lineal del j -ésimo modo de vibrar en la dirección de análisis

DIAFRAGMAS, CONTENIDOS Y APÉNDICES 4

En los casos de diafragmas rígidos en que no se satisface la condición de planta sensiblemente simétrica ..., deberán evaluarse tres componentes de la aceleración de cada nivel, incluyendo dos ortogonales de traslación y una de torsión. Cada una de ellas se calculará como sigue:

$$a_{li} = \sqrt{a_{lix}^2 + a_{liy}^2}$$

Para determinar las aceleraciones de piso actuando sobre diafragmas flexibles se tomarán en cuenta los grados de libertad adicionales requeridos para representar adecuadamente las deformaciones de los diafragmas en sus planos.

DIAFRAGMAS, CONTENIDOS Y APÉNDICES 5

- **2.7.3 Respuesta sísmica de apéndices.** La magnitud de la aceleración que deberá emplearse para determinar la fuerza sísmica que actuará sobre un apéndice anclado a un piso de un edificio se calculará como el **producto de la aceleración máxima de dicho piso en el punto de anclaje del apéndice por un factor de amplificación dinámica, γ_a , que tome en cuenta la relación entre el periodo natural del apéndice en cuestión y el periodo dominante de la respuesta dinámica del piso en que se apoya. Se incluyen en este requisito ...**
- Para determinar la aceleración máxima del punto de anclaje del apéndice se tomarán en cuenta las aceleraciones asociadas con los movimientos de traslación y de rotación del piso correspondiente ...

DIAFRAGMAS, CONTENIDOS Y APÉNDICES 5

- **2.7.3 Respuesta sísmica de apéndices.** La magnitud de la aceleración que deberá emplearse para determinar la fuerza sísmica que actuará sobre un apéndice anclado a un piso de un edificio se calculará como el producto de la aceleración máxima de dicho piso en el punto de anclaje del apéndice por un factor de amplificación dinámica, γ_a , que tome en cuenta la relación entre el periodo natural del apéndice en cuestión y el periodo dominante de la respuesta dinámica del piso en que se apoya. Se incluyen en este requisito ...
- Para determinar la aceleración máxima del punto de anclaje del apéndice se tomarán en cuenta las aceleraciones asociadas con los movimientos de traslación y de rotación del piso correspondiente ...

DIAFRAGMAS, CONTENIDOS Y APÉNDICES 6

En forma aproximada, el factor de amplificación γ_a puede estimarse de acuerdo con la ecuación 2.11, en la que $r \downarrow T$ es el cociente del periodo natural del apéndice entre el periodo fundamental del sistema principal. La aceleración máxima de piso se calculará de acuerdo con lo establecido en el artículo 2.7.2.

$$\gamma_a = 1 + 2r \downarrow T / 1 + 0. \quad (2.11)$$

- Para $r \downarrow T = 0$, $\gamma_a = 1.0$
- Para $r \downarrow T = 1.0$, $\gamma_a = 2.0$

PÉNDULOS INVERTIDOS

2.6 Péndulos invertidos

En el análisis de péndulos invertidos (-----), además de la fuerza lateral estipulada, se tendrán en cuenta las aceleraciones verticales de la masa superior asociadas a su giro con respecto a un eje horizontal normal a la dirección de análisis y que pase por el punto de unión entre la masa y el elemento resistente. Si el análisis es estático el efecto de dichas aceleraciones se tomará equivalente a un par aplicado en el extremo superior del elemento resistente, cuyo valor es

$$1.5F_i r_o^2 u/x$$

Versión anterior sólo
considera análisis
estático

CONDICIONES DE REGULARIDAD 1

....

- 2) La relación de su altura a la dimensión menor de su base **no es mayor que 4.0.**
- 3) La relación de largo a ancho de la base **no excede de 4.0.**

Versión 2004:

- 2) La relación de su altura a la dimensión menor de su base **no pasa de 2.5.**
- 3) La relación de largo a ancho de la base **no excede de 2.5.**

CONDICIONES DE REGULARIDAD 2

....

12) En ningún entrepiso el desplazamiento lateral de ningún punto de la planta debe exceder en más del 20% el desplazamiento lateral promedio de los extremos de la misma.

Versión 2004:

11) En ningún entrepiso la excentricidad torsional calculada estáticamente, e_s , excede del diez por ciento de la dimensión en planta de ese entrepiso medida paralelamente a la excentricidad mencionada.

CONDICIONES DE REGULARIDAD 3

5.3 Estructura fuertemente irregular

Una estructura será considerada fuertemente irregular si se cumple alguna de las condiciones siguientes:

El desplazamiento lateral de algún punto de una de las plantas excede en más del 30% el promedio de los desplazamientos de los extremos de la misma.

En versión 2004, se establece en función de e_s

La rigidez o la resistencia al corte de algún entrepiso exceden en más de 40% a la del entrepiso inmediatamente inferior.

100% en versión anterior

Por lo menos 30% de las columnas ubicadas en un entrepiso no cumplen con el requisito 9 del artículo 5.1. **(restricción lateral)**

CONDICIONES DE REGULARIDAD 4

5.4 Corrección por irregularidad (igual que versión 2004)

El factor de reducción (Q') definido en el artículo 3.4, se multiplicará por 0.8 cuando no se cumpla con uno de los requisitos del artículo 5.1, y por 0.7 cuando la estructura sea fuertemente irregular según las condiciones del artículo 5.3. En ningún caso el factor Q' se tomará menor que 1.0.

5.5 Concentración de sismorresistencia (no existe en versión 2004)

Para el diseño de todo muro, columna o contraviento que contribuya con más del 35 por ciento de la resistencia total en términos de fuerza cortante, momento torsionante o momento de volteo de un entrepiso dado, se incrementaran las fuerzas sísmicas de diseño en 25 por ciento en relación a las que le corresponderían al análisis estructural de acuerdo con estas normas.

2.2 Efectos de torsión

La **excentricidad torsional** (e_s) calculada en cada entrepiso se tomará como la distancia entre el centro de torsión del nivel correspondiente y la línea de acción de la resultante de las

de las
diseño,
igual a l
excent
sismorr
siguientes:

Versión 2004:

$$1.5e_s + 0.1b \quad \text{o} \quad e_s - 0.1b$$

nes de
menos
por la
vertical
de las

$$1.5(e_s + e_a) \quad \text{o} \quad e_s - e_a \quad (2.1)$$

donde e_a es la excentricidad accidental en la dirección de análisis que se considera, medida perpendicularmente a la acción sísmica.

La excentricidad accidental e_{ai} en la dirección perpendicular a la dirección de análisis en el *entrepiso i* de un edificio se calculará como sigue:

$$\frac{e_{ai}}{b_i} = 0.10 \quad (2.2)$$

donde b_i es la dimensión del *entrepiso i* en la dirección perpendicular a la dirección de análisis.

Válida cuando se toma en cuenta sólo una componente del movimiento del terreno

- El efecto de la torsión accidental puede ser tomado en cuenta añadiendo ...un sistema de cargas que produzca un momento alojado en el plano de cada nivel de piso.
- El valor de cada uno de estos sistemas de carga se determinará de manera que produzca los momentos torsionantes de entrepiso que resultarían de considerar en cada dirección horizontal ortogonal la correspondiente fuerza cortante de entrepiso multiplicada por la excentricidad accidental calculada con la ecuación 2.2.
- ... dos configuraciones de los momentos torsionales debidos a las excentricidades accidentales: una en que todos los momentos adicionales se tomen con signo positivo y otra con signo negativo...

$$M_{0i} = \pm (M_{ai} - M_{a(i+1)}) \quad (2.3)$$

donde M_{0i} es el momento aplicado en el plano del nivel i , y

$$M_{ai} = (V_{xi} e_{axi} + V_{yi} e_{ayy})$$

En este caso,

$$e_{axi} / b_i = e_{ayy} / a_i = 0.05$$

¡Gracias por su atención!

¿comentarios?