



PROPUESTA PARA DISEÑO SÍSMICO DE SISTEMAS DE PISO

PREFACIO

En el mes de abril del año 2011, la Asociación de Industriales de la Vigueta Pretensada A.C., ANIVIP, organizó en la ciudad de Veracruz, México, el **Primer Simposio Internacional de Sistemas de Losa Prefabricada en Zonas Sísmica y sus Conexiones**; al cual asistieron como conferencistas reconocidos y prestigiados académicos, investigadores e ingenieros de la práctica de México y de varios países alrededor del mundo.

En varias de las conferencias y cursos que tuvieron lugar en dicho evento se planteó el problema de la falta de reglamentación y procedimientos unificados para la revisión de diafragmas rígidos en sistemas de piso en México. Por tal motivo la ANIVIP conformó un conjunto multidisciplinario de renombrados investigadores e ingenieros calculista, al que se le denominó Comité de Diafragmas ANIVIP, con el fin de establecer las bases de diseño y revisión de diafragmas rígidos de sistemas de piso.

La intención de la sección 8.4, "Apéndices", de las actuales Normas Técnicas Complementarias por Sismo (NTCS) es el resolver el problema de la evaluación y empleo de las aceleraciones absolutas horizontales de pisos en edificios para el diseño sísmico de éstos, así como el empleo de estas aceleraciones en elementos "apéndices" en los pisos. Sin embargo, el contenido de esta sección se debe mejorar tanto en su redacción como en el procedimiento de diseño de pisos propuesto. La sección 8.4 no menciona en forma clara que todos los sistemas de piso de edificios en zonas sísmicas se deben revisar y diseñar para resistir fuerzas sísmicas horizontales; así mismo el procedimiento de evaluación de estas fuerzas deben ser revisadas con base en resultados de investigaciones recientes.

Por otra parte, en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto (NTCC), se habla de diafragmas en la sección 6.6 y 10.4, no se dan criterios específicos de diseño sísmico de sistemas de piso.

En la práctica profesional de la ingeniería estructural del país, en general, no se lleva a cabo el diseño sísmico de las losas de piso para fuerzas de inercia en su plano. En particular, es preocupante los casos de sistemas de piso de edificios construidos con firmes de concreto colados en sitio, losas reticulares y losas macizas, en los cuales en general no se hace la revisión por sismo de sistemas de piso para resistir fuerzas inerciales horizontales.

En estudios de ensayos ante cargas laterales y en mesa vibradora de edificios prefabricados llevados a cabo en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, se ha observado la fractura de la malla de refuerzo de los firmes de los sistemas de piso de estos edificios. En esos casos las mallas de



refuerzo se diseñaron siguiendo la práctica en México de diseñar la malla, en donde solo solo son considerados los cambios volumétricos (contracción y temperatura).

En ensayos en mesa vibradora de la Universidad de California, San Diego, de un edificio de concreto prefabricado de tres niveles, se observó la necesidad de un firme en el sistema de piso prefabricado, ya que para la solución de un sistema de piso sin firme, con conectores metálicos, en ese caso en las alas de vigas prefabricadas tipo “T”, se observó fractura de estos conectores, de manera frágil.

Esto sugiere la necesidad de diseñar por sismo los sistemas de piso de todo tipo de edificaciones. En sistemas de piso de losa maciza, reticular o aligerada, es posible que también sea necesario este tipo de diseño, particularmente en los casos de sistemas de piso con aberturas, como es el caso cuando se dejan aberturas por ejemplo para escaleras o elevadores no integrados a la estructura.

En la actualidad hay interés de quienes elaboran las normativas de diseño por sismo en el país de llevar a cabo cambios en las normativas vigente relacionado con el estudio de diafragmas de piso. Debido a lo anterior la ANIVIP ha impulsado y auspiciado una serie de investigaciones en donde se define el problema y se realizan propuestas de diseño y ejemplos de aplicación, con el fin de que esta información y conocimiento sea difundido a todos los niveles de la ingeniería en México.

El presente documento se enuncia la propuesta para revisión de diafragmas rígidos en sistemas de piso, adicionalmente, en la sección de comentarios se profundiza en los temas más importantes se deben de tomar en cuenta al momento del diseño y revisión, clarificando algunos conceptos.

Patrocinada por la ANIVIP, posterior a esta publicación saldrá a la luz en una edición especial, la presentación de ejemplos detallados de aplicación de la Propuesta para Diseño de Sistemas de Piso.



AGRADECIMIENTOS

La Asociación Nacional de Industriales de la Vigüeta Pretensada A.C., ANIVIP, agradece la colaboración en la elaboración de este documento a **MR Ingenieros**, así mismo en la revisión del mismo a los integrantes del comité de diafragmas de la ANIVIP:

Dr. Amador Terán

(UAM Azcapotzalco)

Dr. Mario Rodríguez

(Instituto de Ingeniería UNAM)

Dr. Oscar López Batiz

(CENAPRED)

M. Ing. Raul Jean

(Ex-presidente SMIE, JEAN Ingenieros)

Ing. Oscar de la Torre

(Ex-presidente SMIE, Proyecto Estructural S.A.)

M. Ing. Jose Alvaro Perez

(Vice-presidente SMIE, Gte. Corp. Ingeniería GEO)

Ing. Rafael Betancourt

(Presidente ANIVIP, PREMEX)

Ing. Andres Bladinières

(Empresa Prefabricadora, ROCACERO)

Ing. Fabian Muñoz

(Empresa Prefabricadora, Industrial El Granjeno)

M. Ing. Daniel Padilla

(ANIVIP)

Ing. Arturo Gandara

(Despacho Ingeniería Estructural)

M. Ing.. Armando Gallegos

(Gallegos Consultores S.A.)



ÍNDICE

- 1 Notación**
- 2 Definiciones**
- 3 Alcances**
- 4 Diafragma flexible y diafragma rígido**
- 5 Fuerzas inerciales para el diseño de diafragmas**
- 6 Diseño de diafragmas en edificios de concreto reforzado**
 - 6.1 Trayectoria de fuerzas inerciales
 - 6.2 Aberturas en diafragmas
 - 6.3 Criterios de diseño
 - 6.3.1 Diseño por Seguridad Estructural
 - 6.3.2 Requisitos mínimos de durabilidad
 - 6.4 Detalles de refuerzo
 - 6.5 Conexiones entre diafragmas y el sistema sismo resistente
- 7 Diafragmas en edificios prefabricados de concreto**
 - 7.1 Flexión en elementos de concreto compuesto
 - 7.1.1 Firme compuesto construido en sitio actuando como diafragma sismo resistente
 - 7.2 Requisitos mínimos para que el firme participe en la acción de diafragma sismo resistente
 - 7.2.1 Espesor mínimo de diafragmas
 - 7.2.2 Refuerzo mínimo
 - 7.2.3 Resistencia al cortante
 - 7.3 Inicio y continuidad de barras

COMENTARIOS

REFERENCIAS



1 Notación

Los términos que se emplean en esta propuesta de norma se definen a continuación:

- a Ordenada espectral elástica de aceleraciones para el modo fundamental.
- a_0 Valor de a que corresponde a $T=0$ s.
- C_u Compresión máxima que actúa en la cuerda.
- d Peralte efectivo del diafragma considerado como viga diafragma, medido en su plano y en el sentido del análisis.
- F_i Fuerza inercial de piso máxima en el i -ésimo nivel.
- F_n Fuerza inercial de piso máxima en el último nivel.
- g Aceleración de la gravedad.
- H Altura total de la edificación.
- h_i Altura de entrepiso en el i -ésimo nivel.
- L Longitud del diafragma.
- L_d Longitud de desarrollo.
- M_u Momento máximo último que actúa en el plano del diafragma.
- m_i Masa del i -ésimo nivel.
- n Número de niveles del edificio.
- Q' Factor de reducción de las fuerzas sísmicas con fines de diseño.
- T_u Tensión máxima que actúa en la cuerda.
- t Espesor del diafragma.
- V_u Fuerza cortante última que actúa en el plano del diafragma.
- v_u Esfuerzo cortante actuante en el peralte del diafragma.
- W_n Peso del último nivel del edificio.
- η_1 Factor de contribución del primer modo.
- η_2 Factor de contribución de los modos superiores.

2 Definiciones

Colector – Elemento que transmite, en tensión o compresión axial, las fuerzas inducidas por el sismo en el diafragma a los elementos verticales del sistema sismo resistente.

Cuerda – Elemento de borde del diafragma que actúa en tensión o compresión para resistir la flexión del diafragma en su plano.

Diafragma – Elemento estructural, losa de piso, sistema de arriostramiento, que transmite las fuerzas que actúan en su plano hacia los elementos verticales sismo resistentes. Los diafragmas están formados por varios componentes, incluyendo la losa del diafragma, cuerdas, colectores, firme y las conexiones a los elementos verticales. Esta definición aplica a edificios convencionales, colados en sitio, y a prefabricados.

Firme Estructural – Colado en sitio sobre elementos prefabricados con el objetivo que participe en la función de diafragma.

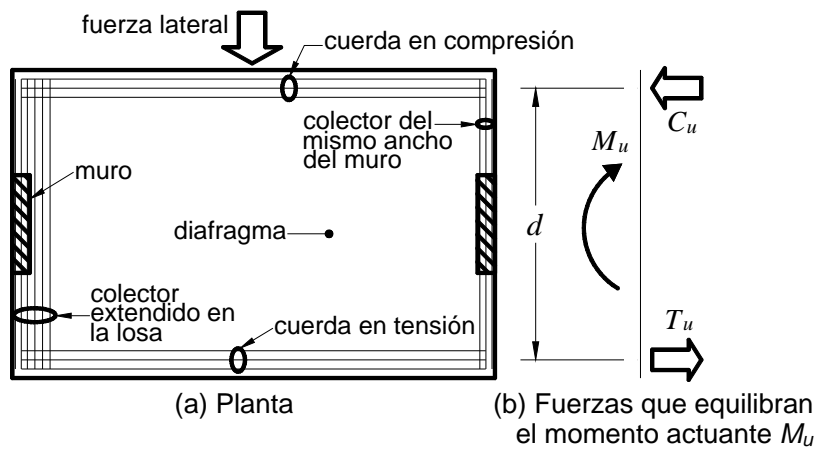


Figura 2.1 Componentes del diafragma.

3 Alcances

Esta sección establece los criterios mínimos de diseño de diafragmas de edificios y sus componentes, para cumplir con requisitos mínimos de durabilidad y para resistir fuerzas inerciales en el plano del diafragma.

Las disposiciones de esta sección aplican a diafragmas rígidos.

Si el diafragma es flexible, se debe considerar el efecto de la flexibilidad del diafragma en la evaluación de las propiedades dinámicas de la estructura.

4 Diafragma flexible y diafragma rígido

Diafragma rígido – Es aquel que distribuye las fuerzas horizontales a los elementos verticales sismo resistentes sin que el diafragma se deforme en su plano.

Diafragma flexible – Un diafragma es flexible si el valor de las fuerzas inerciales horizontales y su distribución a los elementos verticales sismo resistentes dependen también de la rigidez del diafragma en su plano. En un entrepiso, el diafragma es flexible si la máxima deflexión lateral en su plano bajo cargas laterales es mayor que 2 veces la distorsión promedio de los elementos verticales del sistema sismo resistente adyacentes al entrepiso.

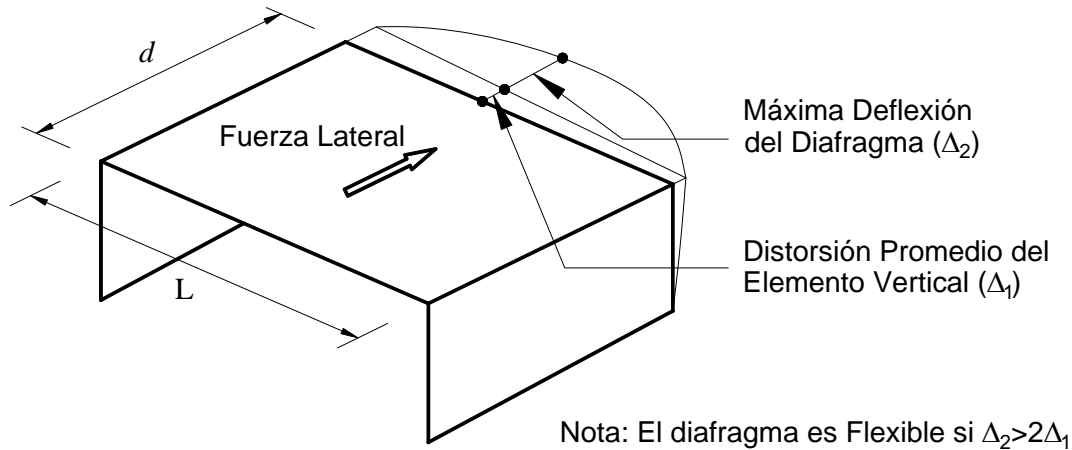


Figura 4.1 Diafragma flexible.

5 Fuerzas inerciales para el diseño de diafragmas

Los diafragmas de piso y techo se deben diseñar para resistir las fuerzas sísmicas horizontales. La fuerza correspondiente al diafragma del último nivel se valorará con la siguiente expresión:

$$F_n = W_n \sqrt{\left[\frac{\eta_1 a}{Q'}\right]^2 + \eta_2 a_0^2} \quad (5.1)$$

donde:

$$\eta_1 = \frac{8}{5}$$

$$\eta_2 = 1.4\sqrt{n-1} \leq 5 \quad (5.2)$$

Para valorar la fuerza sísmica en cualquier otro nivel se empleará la expresión siguiente:

$$F_i = (m_i g a_0) \left[1 + \frac{h_i}{H} \left(\frac{F_n}{W_n a_0} - 1 \right) \right] \quad (5.3)$$

6 Diseño de diafragmas en edificios de concreto reforzado

La acción del diafragma con elementos de concreto reforzado debe cumplir con los siguientes requerimientos:



6.1 Trayectoria de fuerzas inerciales

Las fuerzas inerciales se transmiten a través del diafragma a los elementos verticales sismo resistente, comúnmente marcos, muro-marco, marcos con contravientos, muros estructurales.

Los colectores transmiten las fuerzas del diafragma a los elementos verticales sismo resistentes, para lo cual debe asegurarse que el refuerzo del colector atraviese toda la longitud del elemento vertical sismo resistente.

6.2 Aberturas en diafragmas

Para diafragmas con pequeñas aberturas (de dimensiones menores que tres veces el espesor del diafragma), de manera práctica, sin necesidad de un análisis, se podrá colocar refuerzo en ambos lados de la abertura; dicho refuerzo debe ser igual que el interrumpido por la abertura.

Para grandes aberturas (mayor que tres veces el espesor del diafragma), el diafragma debe ser diseñado para transferir las fuerzas alrededor de la abertura.

6.3 Criterios de diseño

Los diafragmas deben ser diseñados para proporcionar una adecuada seguridad estructural, así como satisfacer los requisitos mínimos de durabilidad.

6.3.1 Diseño por seguridad estructural

Para evaluar la capacidad resistente del diafragma podrá emplearse cualquier expresión que satisfaga el equilibrio y pueda reproducir adecuada y eficazmente la trayectoria de cargas en el plano. Se permite el empleo del método del puntal y tirante.

Las demandas por flexión en un diafragma considerado como viga de gran peralte, deberán ser resistidas por las cuerdas en tensión y compresión localizadas cerca de los bordes opuestos del diafragma. Las fuerzas en compresión C_u y tensión T_u se calcularán con la siguiente expresión:

$$C_u = T_u = \frac{M_u}{d} \quad (6.1)$$

Se considerará que el esfuerzo cortante en el plano V_u / td es uniforme en todo el peralte del diafragma si el refuerzo de tensión por flexión se concentra en los bordes del diafragma en una longitud que no exceda de la cuarta parte del peralte del diafragma.

El momento resistente del diafragma será calculado usando las expresiones del inciso 2.2 de las Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

6.3.2 Requisitos mínimos de durabilidad

Para cumplir con requisitos mínimos de durabilidad se deberá reforzar las losas con las cuantías mínimas especificadas en esta sección.

Se empleará la Tabla 6.1, la cual especifica cuantías para diferentes condiciones de exposición al medio ambiente.



Tabla 6.1 *Cuantías requeridas en losas de concreto reforzado para sistemas de piso (f_y máximo=5,000 kg/cm², f'_c máximo= 500 kg/cm²)*

Observación	Cuantía
No expuesto a la intemperie	14/ f_y
Expuesto a la intemperie	21/ f_y

6.4 Detalles de refuerzo

Cuando los diafragmas son diseñados para fuerzas de gravedad se deben cumplir los requerimientos de detalle indicados en los incisos 2 y 5 de las Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

Si los diafragmas son diseñados para resistir fuerzas inerciales de acuerdo con el inciso 5, el refuerzo debe estar claramente detallado de acuerdo con los incisos 2 y 5 de las Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. Además, se deben prever los detalles pertinentes indicados en los comentarios de esta sección (Diseño de sistemas de piso).

6.5 Conexiones y/o uniones entre diafragmas y el sistema sismorresistente

Las conexiones y/o uniones del refuerzo de los diafragmas de concreto y los componentes del sistema sismo resistente deben mantener las trayectorias de carga y adaptarse a las deformaciones esperadas.

Las conexiones deben diseñarse y detallarse para transferir las fuerzas en su plano hacia los elementos colectores y a los elementos verticales del sistema sismo resistente.

7 Diafragmas en edificios prefabricados de concreto

Los diafragmas en edificios prefabricados son esenciales para lograr un buen comportamiento sísmico, ya que la acción de diafragma permite distribuir las fuerzas sísmicas actuantes en su plano a los elementos verticales del sistema sismo resistentes. En edificios prefabricados de concreto se requiere que el firme de concreto reforzado colado en sitio deba cumplir con la acción de diafragma necesaria.

7.1 Flexión en elementos de concreto compuesto

El firme estructural puede trabajar en su acción de diafragma de manera aislada o como sección compuesta con la unidad prefabricada de piso.

7.1.1 Firme compuesto construido en sitio actuando como diafragma sismo resistente

Se permite el uso como diafragma de un firme compuesto construido en sitio sobre una unidad de piso prefabricado, para lo cual el firme de piso debe estar reforzado, además la superficie del concreto previamente endurecido sobre el cual se coloca el firme de piso debe estar limpia, libre de lechada, y debe tener una rugosidad intencional (rugosidad ≥ 5 mm).



7.2 Requisitos mínimos para que el firme participe en la acción de diafragma sismo resistente

Un firme de concreto reforzado colado en sitio sobre un sistema de piso prefabricado puede transferir las fuerzas del diafragma siempre que cumpla con los siguientes requisitos mínimos:

7.2.1 Espesor mínimo de diafragmas

Las losas de concreto y los firmes de piso compuestos que sirven como diafragmas estructurales deben tener un espesor mínimo de 50 mm. Cuando no dependen de la acción compuesta con los elementos prefabricados para resistir las fuerzas sísmicas de diseño deben tener un espesor no menor que 65 mm.

7.2.2 Refuerzo mínimo

- El refuerzo mínimo en las dos direcciones principales del firme será el mayor de los valores estipulados por el inciso 6.3.2 o por los incisos 2.2 y 2.5 de las Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. Todas las barras deben estar ancladas de modo que sean capaces de alcanzar su esfuerzo de fluencia.
- Cuando se usa malla de alambre electrosoldado como refuerzo para resistir el cortante en firmes sobre elementos prefabricados la separación de los alambres de los elementos prefabricados no excederá de 250 mm.

7.2.3 Resistencia al cortante

El cortante debe ser resistido por todo el diafragma, y se diseñará de acuerdo con los requisitos del inciso 2.5 y 2.6 de las Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

El refuerzo por cortante debe estar anclado dentro de los elementos interconectados (diafragma y los elementos verticales del sistema sismo resistente) de acuerdo al inciso 5.1 de las Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

7.3 Inicio y continuidad de barras

El refuerzo del firme ubicado en el perímetro del piso debe anclarse a los elementos de apoyo de acuerdo con los requisitos del inciso 5.1 de las Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. En los apoyos internos, donde el piso es continuo, se debe proporcionar refuerzo en el firme sobre el elemento de apoyo.

Para asegurar la continuidad, el refuerzo proporcionado se prolongará en el firme más allá del borde del elemento prefabricado una distancia no menor que 30 cm ó L_d . El corte de las barras debe ser escalonado para asegurar que no más del 50% de las barras se reduzca en el mismo lugar.

Las barras de refuerzo longitudinal deberán ser continuas y podrán ser unidas mediante traslapes o dispositivos mecánicos.

COMENTARIOS

C-1 La fuerza que actúa perpendicular a los elementos de borde en el diafragma mostrado en la figura C-1 tienden a deformar al diafragma en su plano, y las cuerdas deben resistir la tensión y compresión asociadas a dicha fuerza. Si el sentido de la fuerza lateral cambia, la cuerda en tensión trabajará en compresión y viceversa, por lo que cada cuerda debe ser diseñada para trabajar tanto en compresión como tensión. Los colectores reúnen las fuerzas laterales del diafragma y los entregan a los elementos verticales del sistema sismo resistente.

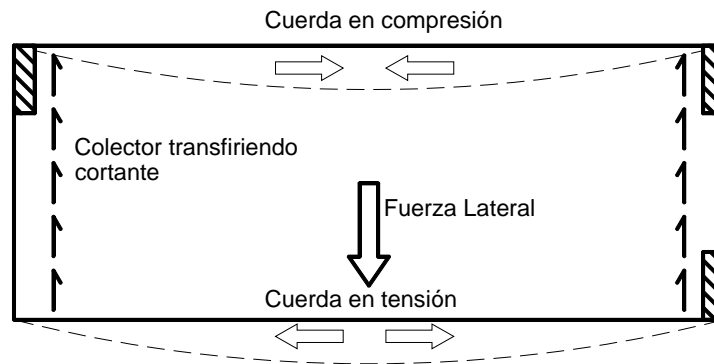


Figura C-1 Función de las cuerdas y colectores del diafragma.

C-2 Si se aumenta H y disminuye L (Fig. C-2), la rigidez del diafragma en su plano relativa al muro puede aumentar de manera significativa. En tal situación, la deflexión del diafragma bajo cargas horizontales sería insignificante comparado con las deflexiones del muro. El diafragma se moverá como un cuerpo rígido y forzará a los muros a moverse juntos (Fig. C-2b). La distribución de la fuerza en los muros, dependerá solo de su rigidez relativa.

Si disminuye H y aumenta L , la rigidez del diafragma en su plano comparada a la del muro podría ser pequeña. En tal situación, los tramos de diafragma entre los muros, actúan como una serie de vigas simplemente apoyadas y la distribución de carga a los muros pueden ser determinadas basados en el área tributaria de los diafragmas sobre el muro o marco (Fig. C-2c).

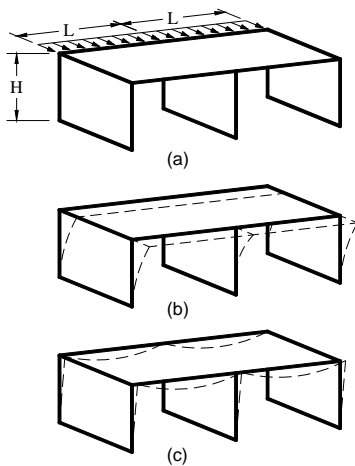


Figura C-2 Comportamiento del diafragma. (a) Carga y proporciones del edificio. (b) Comportamiento de diafragma rígido. (c) Comportamiento de diafragma flexible.

C-3 La fuerza del colector debe ser transferida al refuerzo horizontal del muro (Fig. C-3), que a su vez distribuye dicha fuerza en toda la longitud del muro. Este refuerzo horizontal del muro debe no sólo transferir la fuerza del colector sino también debe resistir el cortante de diseño del muro, por lo que el acero horizontal proporcionado debe ser la suma del refuerzo requerido por la fuerza del colector y el refuerzo requerido por el cortante de diseño del muro (encima del nivel del colector).

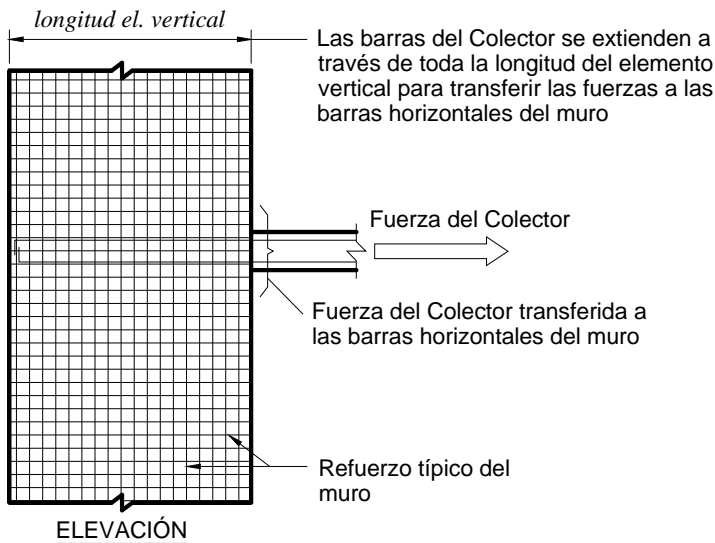


Figura C-3 Transferencia de la fuerza del colector directamente al muro de corte.

C-4 En los casos que una porción del diafragma alrededor de la abertura debido al comportamiento global o acciones locales experimente esfuerzos axiales que excedan $0.2f_c$ se deberá proporcionar refuerzo por confinamiento, de acuerdo con el inciso 2.5 de las Normas Técnicas Complementarias de Concreto Reforzado. Este confinamiento incluirá estribos (Fig. C-4), sin que las dimensiones de éstos dificulten el armado típico de la losa. Caso contrario, se deberá incrementar el peralte de la losa. Cuando sea necesario el refuerzo por confinamiento éste debe extenderse, más allá del puntal de compresión, una longitud de desarrollo en tensión ó 30 cm, el valor que resulte mayor.

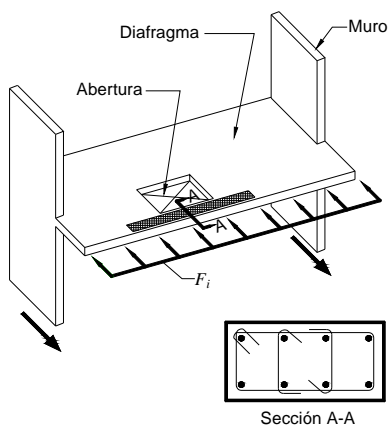


Figura C-4. Confinamiento en el puntal alrededor de la abertura.

C-5 El diseño de diafragmas con aberturas es análogo al diseño de vigas con aberturas como se muestra en la Figura C-5. Una aproximación aceptable es suponer que el refuerzo denominado L redistribuya uniformemente el cortante de la izquierda de la abertura, V_L , a las partes superior e inferior de la abertura, en proporción a sus rigideces relativas.

El cortante superior de la abertura V_T y el inferior de la abertura V_B se distribuyen a la derecha de la abertura mediante el refuerzo denominado R.

El refuerzo denominado T y B resiste el momento local de la sección encima y debajo de la abertura respectivamente. Estos momentos son aproximadamente iguales a $V_T l/2$ y $V_B l/2$ respectivamente, si el punto de inflexión está en el centro de la longitud de la abertura.

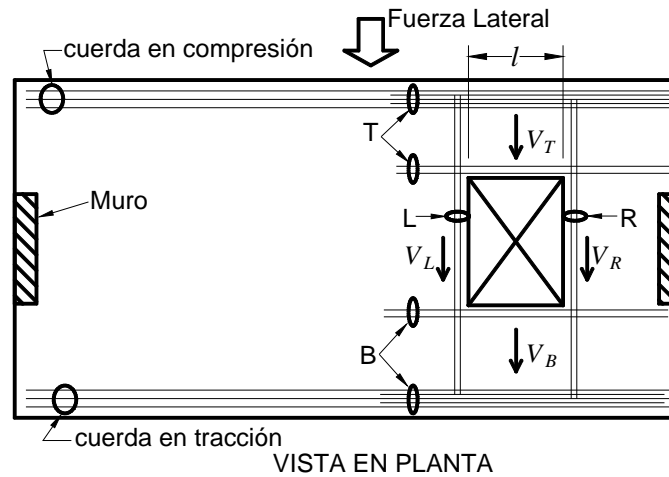


Figura C-5 Diafragmas con grandes aberturas.

C-6 El refuerzo de las cuerdas debe seguir el perfil del diafragma alrededor de las esquinas entrantes (Fig. C-6). El refuerzo en tensión debe extenderse como mínimo una longitud de desarrollo para transferir las fuerzas al diafragma. El refuerzo de la cuerda bd , debe ser el mismo que bc y se extenderá como mínimo una longitud de desarrollo.

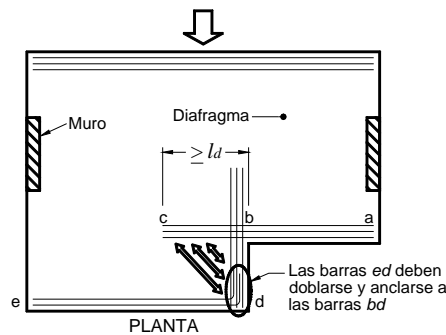


Figura C-6. Refuerzo en esquina entrante.

C-7 El empleo del método del puntal y tirante es un procedimiento eficiente para definir la distribución y cantidad de refuerzo requerido. En el ejemplo de la Fig. C-7, la fuerza de un muro estructural es transferida alrededor de una abertura a través de un colector en el diafragma alrededor de la abertura. Además se requieren las fuerzas en compresión (C) y tensión (T) como se indica en la Fig. C-7. Al cambiar el sentido del sismo, los puntales de la Fig. C-7 se convertirán en tirantes y viceversa.

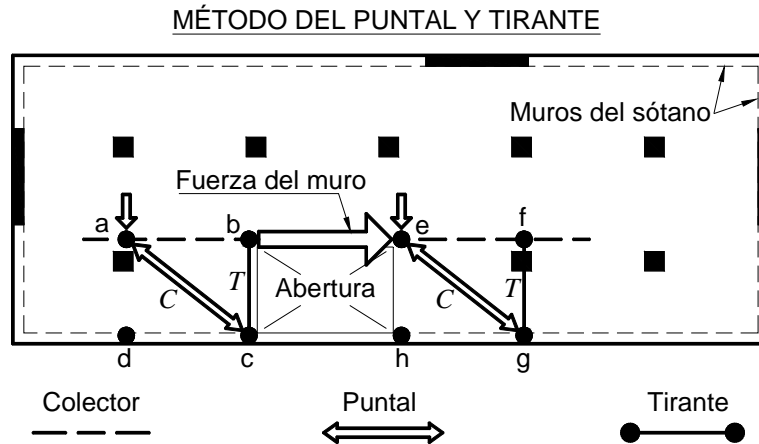


Figura C-7 Modelo puntal-tirante para la transferencia de fuerzas a los muros del sótano

C-8 Si el refuerzo de tensión por flexión se concentra en los bordes del diafragma, el equilibrio de las fuerzas internas requiere una distribución uniforme del esfuerzo cortante a lo largo del peralte como se muestra en la figura C-8b. Si el refuerzo de tensión por flexión se distribuye uniformemente en todo el peralte, el esfuerzo de corte no será constante y se incrementará linealmente a lo largo del peralte del diafragma excediendo el valor de $V_u / t d$.

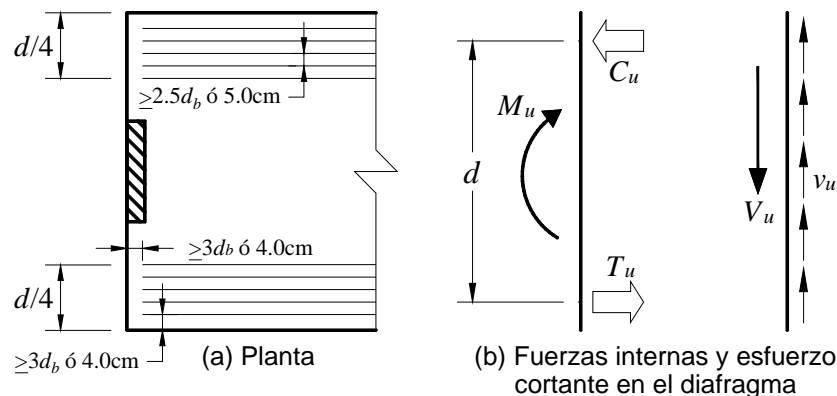


Figura C-8 Distribución del refuerzo y fuerzas internas en el diafragma.

C-9 La transferencia de fuerza entre diafragmas y los elementos verticales generalmente ocurre a través de una combinación de colectores (incluyendo sus conexiones) y el refuerzo de corte por fricción (Fig. C-9). Para prevenir la pérdida de los apoyos se deben detallar las conexiones (por corte y flexión) entre elementos prefabricados, así como los colectores (bandas de refuerzo).

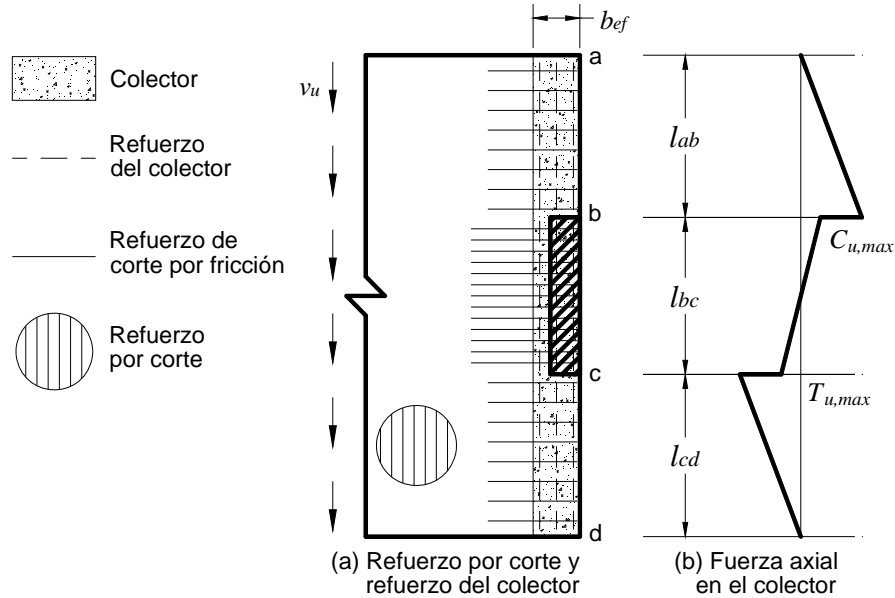
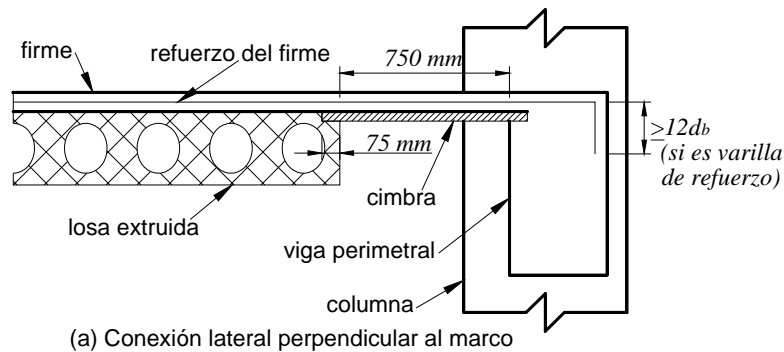


Figura C-9 Colector típico y sus conexiones.

C-10 En edificios prefabricados, la losa extruida se debe ubicar a una distancia de 750 mm de cara de trabe, utilizando una cimbra de madera la cual penetrará 75 mm en el firme de concreto colado en sitio, como se muestra en la figura C-10. Esta distancia permite evitar el daño de la unidad de piso prefabricado cuando la trabe se deforme debido a la acción sísmica, como se muestra en la figura C-10 ©.



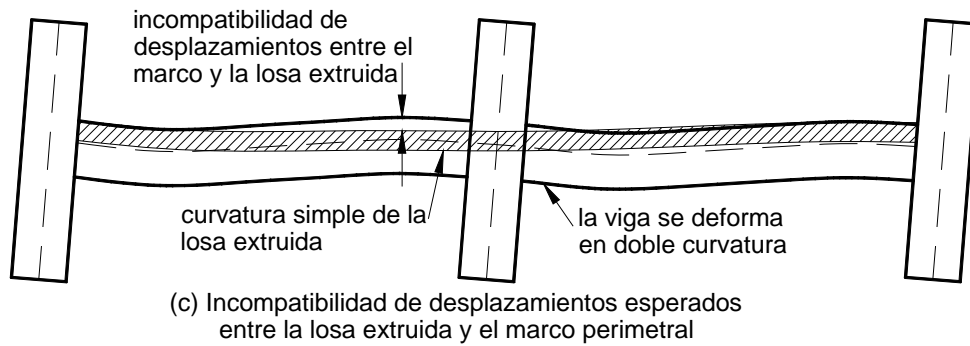
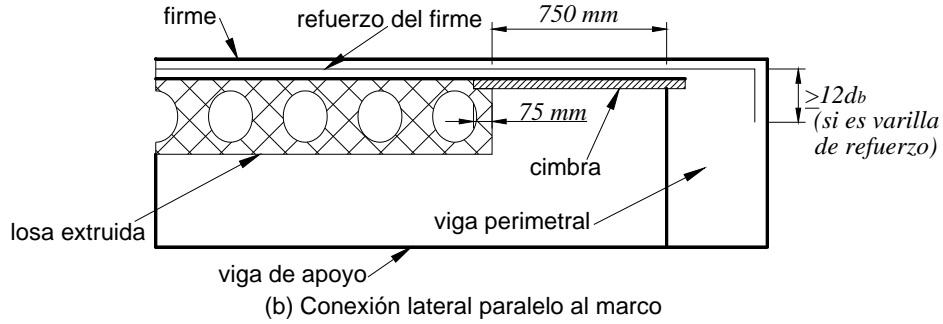


Figura C-10 Conexión lateral entre diafragma y marco perimetral.

C-11 En los desniveles el refuerzo debe asegurar la transferencia de las fuerzas de diseño. El refuerzo del colector debe colocarse de manera que minimice la excentricidad en los lados opuestos del paso cuando existe tensión (Fig. C-11). Si el colector también transmite compresión, la excentricidad será determinada con la dimensión bruta del desnivel. Si el refuerzo del colector no se puede colocar directamente, se pueden colocar barras dobladas (de acuerdo al inciso 5.1 de las Normas Técnicas Complementarias de Concreto Reforzado) empalmadas con el refuerzo principal. La fuerza vertical creada por la barras del desnivel deben ser resistidas por las ramas del estribo. La excentricidad de las barras del colector crea un momento $M_u e$, para lo cual dicha sección puede ser reforzada como una viga. Si el diafragma está transmitiendo cortante a través del desnivel, el refuerzo del estribo deberá resistir dicho cortante.

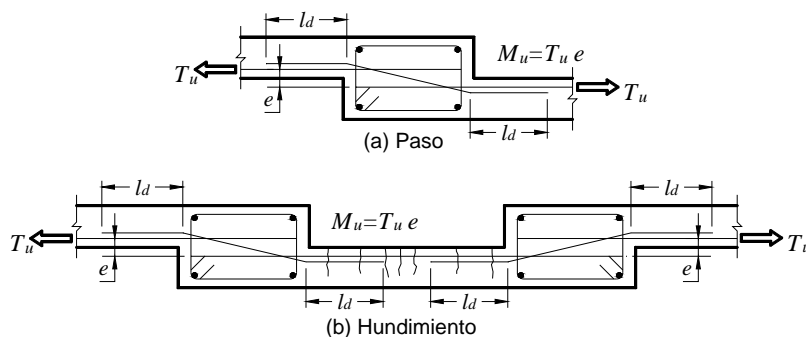


Figura C-11 Desniveles. (a) Refuerzo del colector pasando a través del paso. (b) Grietas por flexión producidas por la carga excéntrica.



C-12 Las juntas de construcción en general crean planos de debilitamiento en el diafragma, por lo que se debe revisar los requisitos de diseño para la longitud de desarrollo y los detalles de los empalmes del refuerzo.

El refuerzo de corte por fricción debe ser proporcionado a través de las juntas de construcción cuando sea necesario mantener la continuidad del cortante en el diafragma.

C-13 Cuando el colector es muy largo ($> 5\text{m}$), pueden acumular deformaciones en toda su longitud resultando desplazamientos que pueden ser incompatibles con la capacidad de deformación de los componentes adyacentes. El diseñador puede considerar refuerzo adicional al colector para reducir la deformación asociada al colector.

Cuando el colector o la cuerda coinciden con la ubicación de una viga, el refuerzo del colector (o la cuerda) puede ser colocado dentro de la viga. El refuerzo transversal de una viga, si se detalla adecuadamente, puede servir también como confinamiento del colector o cuerda.

REFERENCIAS

1. ACI Committee 318 (ACI 318, 2011), “Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-08)”. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. ASCE/SEI 7-10. (2010), “Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures”, ASCE 7-10 Standard, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, 608 p.
3. Moehle, J., Hooper, J., Kelly, D., y Meyer, T., (2010), “Seismic Design of Cast-in-Place Concrete Diaphragms, Chords, and Collectors, NIST GCR 10-917-4, National Institute of Standards and Technology, US Department of Commerce.
4. Rodriguez, M.E, Restrepo, J.I., y Carr, A.J., (2002), “Earthquake induced floor horizontal accelerations in buildings”, Earthquake Engineering-Structural Dynamics, 31 693-718.
5. Rodriguez M.E., Restrepo J. I., y Blandon J. J. (2007), “Seismic Design Forces for Rigid Floor Diaphragms in Precast Concrete Building Structures” Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers, USA, Noviembre 2007, Vol 133, No 11, pp 1604-1615.
6. Rodriguez, M.E., Restrepo, J.I., (2012), “Práctica y diseño sísmico de edificios en México. Cambios necesarios”. Revista de Ingeniería Sísmica, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, No 86, pp 89-118.