

16 de diciembre de 2022  
**JDG-0129-22/23**

Señores  
Publicaciones  
Diario Oficial La Gaceta

Estimados señores:

Favor publicar el documento adjunto "*Especificaciones para Diseño y Construcción de Sistemas de Estructuras Tipo Mixto con Losa Plana (MLP)*", **una sola vez**.

“Que se ha detectado que al momento en que se realizó la publicación del documento denominado: “Especificaciones para Diseño y Construcción de Sistemas de Estructuras Tipo Mixto con Losa Plana (MLP)”, específicamente en el Alcance N° 200 de La Gaceta N° 191 del día 5 de octubre de 2021, en forma involuntaria se desajustaron algunas tablas y fórmulas del documento, por motivo del formato utilizado.

Que en razón de lo anterior, mediante acuerdo N° 54 de la sesión N° 35-21/22-G.E. del 30 de agosto de 2022 la Junta Directiva General, acordó para efectos de su correcta aplicación y en atención al principio de seguridad jurídica, publicar nuevamente el documento, dejándose sin efecto la anterior publicación. Por tanto.

“La Junta Directiva General del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (en adelante CFIA), en ejercicio de su potestad reglamentaria, en protección y beneficio de los intereses de la colectividad, acordó publicar un suplemento al Código Sísmico de Costa Rica (en adelante CSCR) 2010 (Rev. 2014) denominado “Especificaciones para Diseño y Construcción de Sistemas de Estructuras Tipo Mixto con Losa Plana (MLP)”, con base en lo siguiente:

Considerando:

a) Que dentro de los fines del CFIA, consignados en el artículo 4 incisos a, b, y c, de la Ley 3363 y sus reformas, establecen estimular el progreso de la ingeniería y de la arquitectura, así como de las ciencias, artes y oficios vinculados a ellas; velar por el decoro de las profesiones, reglamentar su ejercicio y vigilar el cumplimiento de lo dispuesto en esta ley, su reglamento y reglamentos especiales del Colegio Federado, así como lo dispuesto en las leyes y reglamentos relativos a los campos de aplicación de las profesiones que lo integran; promover las condiciones técnicas y legales necesarias para la evolución de las profesiones que lo integran y cooperar con las instituciones estatales y privadas en todo aquello que implique mejorar el desarrollo del país.

b) Que la Procuraduría General de la República en cuanto a la potestad reglamentaria de los colegios profesionales, ha dicho que: “*En razón de su naturaleza jurídica y por formar parte de la Administración Pública, los Colegios Profesionales tienen potestad reglamentaria; por lo tanto, las disposiciones reglamentarias emanadas de ellos son actos administrativos, los cuales al igual que los Decretos Ejecutivos, son de acatamiento obligatorio.*” (Dictámenes N° 278-86 del 2 de diciembre de 1986 y C-26-2011, del 7 de febrero de 2011).

c) Que es válido que los colegios regulen materias que suponen el control, fiscalización y regulación de las actividades desplegadas por sus miembros, que se deben reflejar en una actuación técnica en beneficio de los usuarios de los servicios profesionales que brindan sus agremiados, de ahí la necesidad de emitir normas y prácticas del diseño sismorresistente, producto del conocimiento científico, la praxis tecnológica, la experiencia de terremotos pasados y el sentido común, con el fin de orientar y guiar al profesional responsable en procura de que las edificaciones y otras obras civiles que se diseñen y construyan garanticen la vida de sus ocupantes, mantengan su integridad estructural y protejan los bienes que en ellas se alberguen.

d) Que con la promulgación del CSCR-2002 se oficializó la prohibición sobre los *sistemas estructurales* concebidos como marcos constituidos exclusivamente por columnas y losas planas, sin vigas, de acuerdo con su inciso 4.2.1. Esto es así pues en el pasado este tipo de sistemas ha mostrado un pésimo desempeño durante sismos, incluyendo el colapso de numerosas edificaciones.

e) Que, en consecuencia, las edificaciones que contienen losas planas deben contar con un *sistema estructural* que les permita resistir las solicitaciones gravitacionales y sísmicas. Este sistema debe tener suficiente ductilidad y tenacidad ante los movimientos cíclicos que imponen los sismos, así como suficiente rigidez para controlar los desplazamientos laterales.

f) Que el control de los desplazamientos laterales es de fundamental importancia pues de ello depende la integridad estructural de las losas planas, ya que estos influyen en su resistencia, especialmente en su unión con los elementos de soporte. Es claro que la seguridad de la losa determina la seguridad de todo el sistema pues una falla de la misma durante un sismo podría llevar a condiciones muy comprometidas ante la presencia de cargas gravitacionales.

g) Que en todo *sistema estructural* tipo mixto con losa plana (MLP) sujeto a solicitaciones sísmicas, el *sistema gravitacional* de losas planas deberá diseñarse y detallarse para que sea capaz de acompañar los desplazamientos laterales impuestos sobre este, sin que existan pérdidas de resistencia y de rigidez que comprometan la estabilidad del *sistema estructural*.

h) Que el Colegio Federado ha detectado que existe una laguna de regulación en el diseño y construcción del *sistema estructural* tipo mixto con losa plana (MLP), lo cual requiere una apremiante respuesta, en protección de la vida y seguridad de las personas, por lo que emite el presente suplemento para los *sistemas estructuras* tipo mixto con losa plana (MLP), que sirve para completar, aumentar o reforzar lo dispuesto en el CSCR-2010 (Rev. 2014), el cual debe ser considerado por los miembros del CFIA en el diseño y construcción de sistemas tipo MLP, para lo cual se seguirá el orden de las secciones y numeración de aquel Código, para mayor comprensión y aplicación por parte de sus miembros.

i) Que en el capítulo 3 se adiciona el artículo 3.7 que define los *sistemas estructurales*, los *sistemas gravitacionales* y los *sistemas sismorresistentes*.

j) Que en el capítulo 4 se adiciona el *sistema estructural* Tipo mixto con losa plana (MLP) que se incluye bajo la numeración 4.2.6.

k) Que en la tabla 4.3 se asignan las ductilidades para el *sistema estructural* mixto con losa plana, y en la nota d) de dicha tabla se indica lo relativo a las cimentaciones de estos sistemas y de los sistemas Tipo voladizo.

l) Que en el capítulo 7 se modifica la tabla 7.1 para incluir el *sistema estructural* Tipo mixto con losa plana (MLP). Igual se hace con la tabla 7.2.

m) Que en el capítulo 8 se adiciona un artículo nuevo, sea el 8.11 que contiene los requisitos de diseño, construcción y revisión de los sistemas de losa plana en concreto reforzado.

Por todo lo expuesto, el Colegio Federado en uso de las potestades establecidas en los artículos 4 b), 28, 51 de la Ley Orgánica del Colegio Federado, que permite emitir reglamentos especiales sobre ejercicio profesional sobre sus miembros, se permite dictar la siguiente regulación:

### **En Capítulo 3 denominado Consideraciones generales.**

**3.7 El sistema estructural.** Conjunto de elementos estructurales interconectados cuya función principal es soportar las solicitaciones y desplazamientos a los que está sujeta la edificación. El *sistema estructural* de una edificación está compuesto por la totalidad de los *sistemas gravitacionales* y *sismorresistentes*.

**3.7.1 Sistemas sismorresistentes.** Subsistemas del *sistema estructural* cuya función principal es proveer a la edificación la capacidad necesaria para resistir sismos. Durante los desplazamientos laterales causados por un sismo, deberán mantener su capacidad de resistir las cargas gravitacionales que les sean tributarias.

**3.7.2 Sistemas gravitacionales.** Subsistemas del *sistema estructural* cuya función principal es soportar las cargas gravitacionales que actúan en la edificación. Su participación en la resistencia de las fuerzas sísmicas es despreciable, pero deben ser capaces de resistir las cargas gravitacionales que les sean tributarias aún durante los desplazamientos laterales causados por un sismo.

### **En Capítulo 4 denominado Clasificación de las estructuras y sus componentes.**

#### **4.2.6 Tipo mixto con losa plana (MLP).**

Se incluyen en este tipo aquellas edificaciones que resisten las fuerzas sísmicas por medio de *sistemas sismorresistentes* que constituyen el *sistema estructural* tipo *marco*, *dual*, *muro* o *voladizo* definidos anteriormente, pero cuyo *sistema gravitacional* contiene losas planas.

Los *sistemas estructurales* tipo mixto con losa plana (MLP) a base de *sistemas sismorresistentes* descritos en los incisos 4.2.3 Tipo muro y 4.2.4 Tipo voladizo tienen una limitación en su altura, la cual no puede exceder los 48m.

#### 4.4.3 Ductilidad global asignada.

TABLA 4.3 Ductilidad global asignada,  $\mu$ , según sistema estructural, regularidad de la estructura y ductilidad local.

| <i>Sistema estructural tipo marco</i>    |         |                           |                                |                                  |                                   |
|--|---------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Tipo                                     | Regular | Irregular moderado        | <i>Ductilidad local óptima</i> | <i>Ductilidad local moderada</i> | <i>Ductilidad global asignada</i> |
| marco a                                  | X       |                           | X                              |                                  | 6.0                               |
| marco b                                  | X       |                           |                                | X                                | 3.0                               |
| marco c                                  |         | X                         | X                              |                                  | 3.0                               |
| marco d                                  |         | X                         |                                | X                                | 2.0                               |
| <i>Sistema estructural tipo dual</i>     |         |                           |                                |                                  |                                   |
| Tipo                                     | Regular | <i>Irregular moderado</i> | <i>Ductilidad local óptima</i> | <i>Ductilidad local moderada</i> | <i>Ductilidad global asignada</i> |
| dual a                                   | X       |                           | X                              |                                  | 4.0                               |
| dual b                                   | X       |                           |                                | X                                | 3.0                               |
| dual c                                   |         | X                         | X                              |                                  | 3.0                               |
| dual d                                   |         | X                         |                                | X                                | 2.0                               |
| <i>Sistema estructural tipo muro</i>     |         |                           |                                |                                  |                                   |
| Tipo                                     | Regular | <i>Irregular moderado</i> | <i>Ductilidad local óptima</i> | <i>Ductilidad local moderada</i> | <i>Ductilidad global asignada</i> |
| muro a                                   | X       |                           | X                              |                                  | 3.0                               |
| muro b                                   | X       |                           |                                | X                                | 2.0                               |
| muro c                                   |         | X                         | X                              |                                  | 2.0                               |
| muro d                                   |         | X                         |                                | X                                | 1.5                               |
| <i>Sistema estructural tipo voladizo</i> |         |                           |                                |                                  |                                   |
| Tipo                                     | Regular | <i>Irregular moderado</i> | <i>Ductilidad local óptima</i> | <i>Ductilidad local moderada</i> | <i>Ductilidad global asignada</i> |
| voladizo a                               | X       |                           | X                              |                                  | 1.5                               |
| voladizo b                               | X       |                           |                                | X                                | 1.0                               |
| voladizo c                               |         | X                         | X                              |                                  | 1.0                               |
| voladizo d                               |         | X                         |                                | X                                | 1.0                               |
| <i>Sistema estructural tipo otros</i>    |         |                           |                                |                                  |                                   |
| Tipo                                     | Regular | <i>Irregular moderado</i> | <i>Ductilidad local óptima</i> | <i>Ductilidad local moderada</i> | <i>Ductilidad global asignada</i> |
| otros a                                  | X       |                           | X                              |                                  | 1.0                               |

|   |   |   |   |   |     |
|---|---|---|---|---|-----|
| otros b   | X |   |   | X | 1.0 |
| otros c   |   | X | X |   | 1.0 |
| otros d   |   | X |   | X | 1.0 |
| <i>Sistema estructural tipo mixto con losa plana (MLP)</i>  |   |   |   |   |     |
| Los <i>sistemas estructurales tipo mixto con losa plana (MLP)</i> tendrán una <i>ductilidad global asignada</i> igual a la del <i>sistema estructural tipo marco, dual, muro o voladizo</i> que lo compone, aún en presencia de <i>sistemas gravitacionales</i> de losas planas dentro de la edificación. |   |   |   |   |     |

## Notas:

- a) Cuando el *sistema estructural* contenga elementos y *componentes* de concreto prefabricado que sean parte de los *sistemas sismorresistentes y determinantes en el desempeño de la estructura*, la *ductilidad global* es de 1.5, salvo que el profesional responsable del diseño justifique un valor mayor con el respaldo de pruebas experimentales y cálculos analíticos.
- b) Los edificios con *irregularidades graves*, según el artículo 4.3.4, tienen una *ductilidad global asignada* de 1.0, salvo que el profesional responsable del diseño justifique un valor mayor. En ningún caso la *ductilidad global asignada* puede ser mayor que la correspondiente a estructuras de *irregularidad moderada*.
- c) Los *sistemas estructurales* constituidos por *muros, marcos y marcos arriostrados* que estén vinculados por entresijos que no se comportan como *diafragmas rígidos*, según el artículo 4.6, no pueden tener una *ductilidad global asignada* mayor que 1.5. Este requisito no se aplica a techos livianos, los cuales no se consideran sistemas de entresijo.
- d) Las fundaciones de los *sistemas estructurales* tipo voladizo y mixto con losa plana (MLP) a base de *sistemas sismorresistentes* descritos en 4.2.4 deberán ser diseñadas para satisfacer la demanda determinada según alguna de las siguientes condiciones: 1) la demanda del análisis considerando una *sobrerresistencia*  $SR = 1.0$  del *sistema estructural* y una *ductilidad global asignada* igual a 1.0, multiplicada por un factor de 0.85, 2) una demanda igual a la capacidad del elemento estructural (columna, muro u otro) que soporta o 3) para la demanda obtenida según los métodos alternos del artículo 7.7. Las fundaciones de los *sistemas estructurales* tipo mixto con losa plana (MLP) a base de *sistemas sismorresistentes* descritos en 4.2.3 deberán ser diseñadas para satisfacer la demanda determinada según alguna de las condiciones mencionadas anteriormente, excepto que en el punto 1) se leerá como sigue: la demanda del análisis considerando una *sobrerresistencia*  $SR = 1.0$  del *sistema estructural* y una *ductilidad global asignada* igual a 1.0, multiplicada por un factor de 0.60.
- e) Como se menciona en el inciso 4.4.2, el hecho que una estructura tenga una *ductilidad global asignada* igual a 1.0 no implica que sea frágil. Este valor se asigna para establecer un nivel de demanda elástico para el análisis, el cual, junto con los requisitos de diseño y detallamiento de la sección 3 de este código, permiten no tener que demostrar que la *ductilidad global intrínseca* es de 1.5, como mínimo.
- f) Las estructuras tipo otros tendrán una *ductilidad global asignada* igual a 1.0, salvo que el profesional responsable del diseño justifique un valor mayor.
- g) La *ductilidad local* de los *sistemas sismorresistentes* de acero se indica en la tabla 10.5, la cual también define la *ductilidad global asignada* en algunos casos.
- h) Para las estructuras de acero tipo OMF y OCBF, según se definen en el capítulo 10,

se debe utilizar una *ductilidad global asignada* máxima de 1.5.

i) Las tapias, cuando sean consideradas como *sistemas estructurales*, podrán ser diseñadas con una *ductilidad global asignada* igual a 1.5, salvo que el profesional responsable del diseño justifique un valor mayor.

## En Capítulo 7 denominado Métodos de análisis y desplazamientos límite.

### 7.6 Calculo de desplazamientos y derivas.

TABLA 7.1. Factor de desplazamiento inelástico,  $\alpha$ .

| Tipo de estructura                | Factor, $\alpha$           |
|-----------------------------------|----------------------------|
| tipo marco                        | 0.7                        |
| tipo dual                         | 0.7                        |
| tipo muro                         | 0.7                        |
| tipo voladizo                     | 1.0                        |
| tipo otros                        | 1.0                        |
| tipo mixto con losas planas (MLP) | (0.7 o 1.0) <sup>(1)</sup> |

#### Notas:

1) Los sistemas estructurales tipo mixto con losa plana (MLP) tendrán un factor de desplazamiento inelástico,  $\alpha$ , igual al del sistema estructural tipo marco, dual, muro o voladizo que lo compone, aún en presencia de sistemas gravitacionales de losas planas dentro de la edificación.

2) Para edificaciones de un piso,  $\alpha = 1.0$ .

### 7.8 Consideraciones y límites de desplazamiento y deformaciones.

TABLA 7.2. Límite superior de la razón de deriva,  $\Delta_i / H_i$  (1), según Categoría de Edificación y Sistema Estructural.

| <i>Sistema Estructural</i><br>(según artículo 4.2) | <b>Edificaciones A y C</b><br>(Limitación Severa<br>según artículo 4.1) | <b>Edificaciones B, D y E</b><br>(Limitación Normal<br>según artículo 4.1) |
|--|---|--|
| tipo marco   | 0.0125  | 0.020  |
| tipo dual  | 0.0125  | 0.018  |
| tipo muro  | 0.0100  | 0.010  |
| tipo voladizo                                      | 0.0125  | 0.020  |
| tipo otros   | 0.0065  | 0.010  |
| tipo mixto con losas planas (MLP)                  | Nota (2)  | Nota (2)   |

#### Notas:

1)  $H_i = h_i - h_{i-1}$ , altura entre el *nivel* del piso  $i$  y el *nivel* adyacente inferior.

2) Los límites de las razones de deriva de los *sistemas estructurales* mixto con losa plana (MLP) a base de *sistemas sismorresistentes* descritos en 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4 y 4.2.5 serán los mismos que los indicados para los *sistemas estructurales* tipo marco, dual, muro, voladizo y otros, respectivamente. Adicionalmente, las razones de deriva deben

cumplir con lo estipulado en el artículo 8.11.

## **En Capítulo 8 denominado Requisitos para concreto estructural.**

### **8.11 Requisitos para el diseño de losas de edificaciones con sistemas estructurales mixtos con losas planas (MLP).**

#### **8.11.1 Consideraciones generales.**

- a) Las losas planas de los sistemas MLP y las uniones “losa-columna”, “losa-muro” y “losa-viga” deben diseñarse para satisfacer las demandas de resistencia, ductilidad y servicio, tanto para condiciones gravitacionales como sísmicas.
- b) Para valorar los requerimientos de refuerzo en cortante de las uniones “losa-columna” referidas en el inciso 8.11.6.2, la demanda de deriva a utilizar será la que se obtenga considerando un nivel de sacudida sísmica correspondiente a la demanda de deriva, que corresponde al sismo de diseño establecido con un período de retorno de 475 años, incrementada por un factor de 1.5.
- c) Cuando el *sistema estructural* tipo MLP utilice un sistema de losas postensadas con cables no adheridos, los materiales utilizados para el sistema de postensión deberán cumplir con la norma ACI 423.7. (Ref. S5).
- d) El diafragma horizontal no podrá considerarse como un elemento capaz de disipar energía mediante un comportamiento inelástico.
- e) Los factores de reducción de resistencia son los mencionados en 8.1.4. Según se menciona en este inciso, el factor de reducción de la resistencia a cortante es 0.60 para aquellos elementos en los cuales se permita diseñar para una resistencia en cortante menor a la requerida para desarrollar la máxima capacidad en flexión.

#### **8.11.2 Alcance.**

Los requerimientos de diseño que se detallan en este artículo 8.11 se limitan a las losas de los *sistemas estructurales* tipo MLP que utilicen refuerzo convencional, de preesfuerzo, o ambos y que sean similares a las siguientes: a) losas unidireccionales o bidireccionales, de espesor constante o variable, apoyadas directamente sobre columnas o muros, sin vigas, b) losas con la presencia de ábacos o capiteles en los apoyos de columnas o muros, c) losas aligeradas huecas o nervadas en una o dos direcciones, con secciones rellenas en las zonas de apoyo de columnas o muros, d) losas con franjas de espesor aumentado en los ejes que unen los puntos de apoyo de columnas o muros, e) losas con franjas o vigas en la dirección principal y con losas planas apoyadas directamente sobre columnas o muros en la otra dirección.

#### **8.11.3 Criterios de modelado.**

##### **8.11.3.1 Métodos de análisis.**

Todos los elementos del *sistema estructural* tipo MLP deben modelarse y analizarse para determinar los efectos máximos producidos por las cargas y demás acciones. Las consideraciones supuestas para estimar las rigideces o momentos de inercia efectivas deberán estar de acuerdo con los estados límites analizados, esto es, estados límites de resistencia, servicio o etapa constructiva. En este inciso se indican estos valores para el estado límite de resistencia.

Un sistema de losa se puede diseñar mediante cualquier procedimiento que cumpla con las

condiciones de equilibrio y compatibilidad geométrica, siempre que la resistencia de diseño en cada sección sea al menos igual a la resistencia requerida, y que se cumplan todos los requisitos de funcionamiento. Dentro de los métodos de análisis utilizados se citan, de manera no exclusiva, los siguientes:

- a) Métodos directo y de pórtico equivalente, ambos mencionados en ACI 318, los cuales son utilizados para cargas gravitacionales.
- b) Métodos del marco equivalente, los cuales, según los supuestos realizados, pueden ser aplicables para cargas gravitacionales o laterales. Para este último caso, el análisis debe seguir las indicaciones del inciso 8.11.3.2 para considerar el momento de inercia y la rigidez efectiva de la losa.
- c) Método del elemento finito, el cual es aplicable para cargas gravitacionales y laterales, tomando en cuenta el agrietamiento de la losa.

Cuando se utilicen las combinaciones de carga últimas para el estado límite de resistencia, deberá considerarse el estado de agrietamiento presente o esperado en la losa. De igual manera, cuando la losa y cualquier otro elemento estructural se construyan por etapas, se deberán hacer las consideraciones pertinentes en la estimación de las propiedades geométricas de las distintas secciones transversales, tomando en cuenta las diferentes etapas constructivas, así como la de servicio.

### **8.11.3.2 Momentos de inercia y rigidez efectiva de la losa para el estado límite de resistencia.**

En el caso de las uniones “losa-columna” en el cual la losa corresponda a un tramo interior, se podrá modelar la sección efectiva de la losa mediante una viga equivalente con un ancho efectivo dado por la siguiente expresión:

$$\alpha l_2 = 2c_1 + \frac{l_1}{3} \quad [8-15]$$

donde  $\alpha l_2$  es el ancho efectivo,  $l_1$  y  $l_2$  son los vanos medidos de centro a centro en la dirección longitudinal y transversal respectivamente, y  $c_1$  es la dimensión de la sección transversal de la columna rectangular medida paralela a la dimensión  $l_1$ . En ningún caso  $\alpha l_2$  podrá ser mayor que  $l_2$ .

En el caso de las uniones “losa-columna” en el cual la losa corresponda a un tramo exterior, el ancho efectivo de la sección de la losa a considerar será la mitad del valor obtenido mediante la ecuación [8-15].

En el caso especial de uniones “losa-muro”, según se definen en 8.11.8, el ancho efectivo será el indicado en los incisos 8.11.8.2 y 8.11.8.3.

El agrietamiento de la losa puede tomarse en cuenta para la estimación de los momentos de inercia mediante la utilización del factor de reducción  $\beta_{cr}$ . De esta manera, el momento de inercia equivalente  $I_{eq}$ , considerando el agrietamiento de la losa, puede calcularse en función del momento de inercia bruto  $I_g$  de la sección de losa con el ancho efectivo, como sigue:

$$I_{eq} = \beta_{cr} \cdot I_g \quad [8-16]$$

donde:

- a)  $\beta_{cr} = 0.33$  para losas reforzadas en uniones “losa-columna”.
- b)  $\beta_{cr} = 0.50$  para losas preesforzadas en uniones “losa-columna”.
- c)  $\beta_{cr} = 0.30$  para losas de acople entre muros estructurales. Ver incisos 8.11.8 y 8.11.10.

### 8.11.3.3 Momentos de inercia y rigidez efectiva de otros elementos del sistema sismorresistente para el estado límite de resistencia.

Para los sistemas mixtos de losa plana MLP el momento de inercia de los elementos estructurales del sistema sismorresistente para el estado límite de resistencia será como sigue:

Vigas:  $0.35 I_g$ .

Columnas con carga axial última menor a  $0.1 f'_c A_g$ :  $0.35 I_g$ .

Columnas con carga axial última mayor o igual a  $0.1 f'_c A_g$ :  $0.70 I_g$ .

Muros:  $0.35 I_g$  para muros agrietados.

### 8.11.4 Combinaciones de carga.

#### 8.11.4.1 Combinaciones para obtener las cargas últimas.

Los *sistemas estructurales* tipo MLP deberán diseñarse para ser capaces de resistir las combinaciones de cargas últimas que se establecen en el artículo 6.2 de este código y que, para considerar los efectos de redundancia y la aplicación del preesfuerzo (esfuerzos secundarios) se modifican según se indica en el inciso 6.2.3.

#### 8.11.4.2 Combinaciones de servicio.

Se deberá considerar dos combinaciones de servicio: Combinación de servicio total (aquella presente con la consideración de la carga temporal máxima probable) y Combinación de servicio sostenida (aquella presente con la consideración de la carga temporal con mayor probabilidad de sostenerse en el tiempo):

Combinación de servicio total

$$CS_{total} = 1,00CP + 1,00(CT_{red} + CT_t) + 1,00PT \quad [8-17]$$

Combinación de servicio sostenida (semi-permanente)

$$CS_{sostenida} = 1,00CP + \psi(CT_{red} + CT_t) + 1,00PT \quad [8-18]$$

donde:

$CP$  = efecto de la carga permanente.

$CT_{red}$  = efecto de la carga temporal con la reducción indicada en el artículo 6.3.

$CT_t$  = efecto de la carga temporal de techo.

$PT$  = efecto del preesfuerzo.

Tabla 8-1. Valores de  $\psi^{(1)}$

| Ocupación                       | $\psi$ |
|---------------------------------|--------|
| Viviendas y oficinas            | 0,3    |
| Comercios, áreas congestionadas | 0,5    |
| Almacenamiento                  | 0,8    |
| Estacionamientos                | 0,4    |

**Nota:** (1) (Valores tomados de Ref. S9)

#### **8.11.4.3 Combinaciones en etapa constructiva.**

Tanto para sistemas con losas reforzadas como preesforzadas se deberá verificar el comportamiento del sistema de entrepiso de losas planas según el inciso 8.11.5, lo cual incluye a los elementos que lo soportan en su etapa constructiva. Será responsabilidad del profesional responsable establecer cuáles son las cargas y modelos estructurales correspondientes al proceso constructivo, basándose en los planos constructivos y especificaciones correspondientes. El profesional responsable deberá dejar constancia en planos del proceso constructivo requerido, si es significativo en el comportamiento estructural.

Como mínimo se deberá verificar las siguientes condiciones de construcción:

$$CC_{inicial} = 1,00 \cdot (\text{Peso propio de losa}) + 1,00 \cdot PT \quad [8-19]$$

$$CC = 1,00 \cdot (\text{Peso propio} + \text{cargas de construcción}) + 1,15 \cdot PT \quad [8-20]$$

Las cargas de construcción deberán ser definidas por el profesional responsable tomando en cuenta las condiciones reales en las diferentes etapas constructivas.

#### **8.11.4.4 Combinaciones de carga para determinación del acero de refuerzo a cortante requerido en uniones “losa-columna” según consideraciones de deriva.**

En el inciso 8.11.6.2 se establece el procedimiento para determinar si se requiere o no acero de refuerzo a cortante en una unión de concreto “losa-columna”. Para este propósito se define la fuerza cortante de diseño,  $V_{uv}$ , la cual debe calcularse como el valor mayor que resulte de utilizar las siguientes combinaciones de carga:

$$CD = 1.2 \cdot CP + f_R \cdot CT \pm CS \quad [8-21]$$

$$CD = 0.9 \cdot CP \pm CS \quad [8-22]$$

donde:

$CP$  = efecto de la carga permanente.

$CT$  = efecto de la carga temporal.

$CS$  = efecto de la carga sísmica.

$f_R$  = factor de reducción según artículo 6.3.

El cálculo de  $CS$  para estas ecuaciones 8-21 y 8-22 debe hacerse tomando en cuenta el inciso 8.11.1.

#### **8.11.5 Consideraciones de servicio y constructivas.**

Las combinaciones de cargas gravitacionales asociadas con las condiciones de servicio y constructivas mínimas a considerar son las que se especifican en los incisos 8.11.4.2 y 8.11.4.3. El profesional responsable del diseño deberá valorar la pertinencia de considerar otras revisiones o acciones adicionales con el objetivo de lograr un adecuado comportamiento de la estructura durante su vida útil.

Para la revisión de esfuerzos en estas consideraciones de carga, se debe utilizar la rigidez de la losa sin la reducción por agrietamiento.

En la revisión de la condición de servicio de la losa de entrepiso en un *sistema estructural* tipo MLP, debe considerarse, como mínimo, lo indicado en ACI 318, incluyendo en especial

la revisión de deflexiones y de estados de esfuerzos. La revisión de los anchos de grieta deberá realizarse según el ACI 224R-01.

### 8.11.6 Uniones “losa-columna”.

#### 8.11.6.1 Consideraciones generales.

Para toda unión “losa-columna” sin vigas debe cumplirse que:

$$\phi v_n \geq v_u \quad [8-23]$$

El cortante último  $v_u$  requerido por demanda para cada una de las combinaciones de carga mencionadas en el inciso 8.11.4.1 y las combinaciones de carga del Capítulo 6, será determinado tomando en cuenta los requerimientos del ACI 318 que incluye el cortante directo y el cortante proveniente del momento de transferencia.

La resistencia nominal al cortante de uniones “losa-columna” sin vigas está dada por:

$$v_n = 0.75v_c + v_s \quad [8-24]$$

donde los términos  $v_u$ ,  $v_n$ ,  $v_c$  y  $v_s$  están dados en  $\text{kg/cm}^2$ .

La determinación de si se requiere acero de refuerzo para cortante en la unión “losa-columna” está basada en el cumplimiento de la ecuación [8-24], así como en las consideraciones especiales indicadas en el inciso 8.11.6.2.

Cuando no se requiera acero de refuerzo por cortante, la resistencia al cortante  $v_c$  debe determinarse de acuerdo al inciso 8.11.6.3 para losas de concreto no preesforzadas y de acuerdo al inciso 8.11.6.4 para losas preesforzadas. Cuando se requiera acero de refuerzo por cortante, la resistencia al cortante  $v_c$  debe determinarse de acuerdo al inciso 8.11.6.5.

La resistencia de la losa a flexión debe ajustarse a los requerimientos del ACI 318.

#### 8.11.6.2 Consideraciones de deriva para determinación de acero de refuerzo.

En uniones “losa-columna” de losas en dos direcciones sin vigas, debe colocarse refuerzo a cortante dentro de la losa que cumpla con los requisitos del inciso 8.11.9.2 y del ACI 318, en toda sección crítica de la losa definida en dicho documento y para las siguientes condiciones:

- Losas no preesforzadas:  $\Delta_i / H_i \geq 0,035 - 0,05 \frac{v_{uv}}{\phi v_c}$ .
- Losas postensadas con tendones no adheridos:  $\Delta_i / H_i \geq 0,040 - 0,05 \frac{v_{uv}}{\phi v_c}$ .

donde:

$\Delta_i$  = deriva inelástica o desplazamiento inelástico relativo horizontal entre el nivel  $i$  y el nivel adyacente inferior, tomando en cuenta lo indicado en el inciso 8.11.1.

$H_i$  = altura entre el nivel de piso  $i$  y el nivel adyacente inferior.

$V_{uv}$  = Fuerza cortante según el inciso 8.11.4.4, en kg.

$v_{uv} = V_{uv} / (b_0 d)$ , en  $\text{kg/cm}^2$ .

$b_0$  = el perímetro de la sección de cortante crítico en la losa (cm).

$d$  = altura efectiva de la losa (cm).

$v_c$  = resistencia del concreto al cortante según se establece en las ecuaciones [8-25] u [8-26], según corresponda,  $\text{kg/cm}^2$ .

$\phi = 0.75$  para efecto de esta revisión.

El requerimiento anterior no es necesario atenderlo si se cumple alguna de las siguientes

condiciones:

- a)  $\Delta_i / H_i \leq 0.005$  para losas no preesforzadas.
- b)  $\Delta_i / H_i \leq 0.01$  para losas postensadas con tendones no adheridos.

Las revisiones de razón de deriva  $\Delta_i/H_i$  indicadas anteriormente deben realizarse para el nivel inferior y superior.

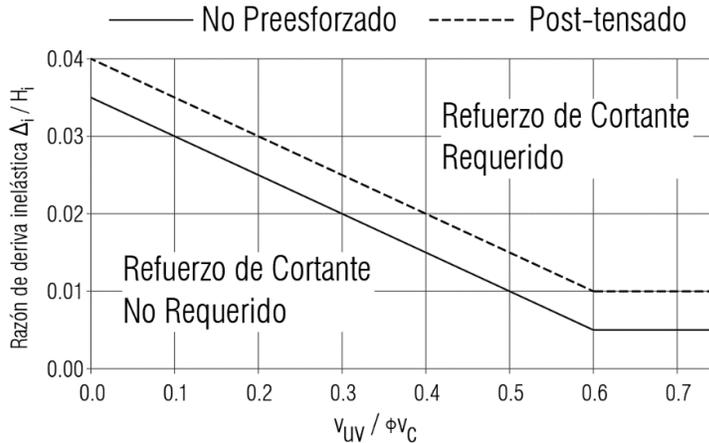


Figura 8-1. Ilustración del criterio de 8.11.6.2. (Tomado de ACI 318-19, Fig. R18.14.5.1).

### 8.11.6.3 Resistencia al cortante de uniones de losas de concreto no preesforzadas sin refuerzo a cortante.

En las uniones “losa-columna” no preesforzadas, cuando no se requiera refuerzo de cortante, la resistencia a cortante a aportar por el concreto  $v_c$ , en  $\text{kg/cm}^2$ , será el menor valor obtenido por medio de las siguientes expresiones:

$$v_c = \begin{bmatrix} 0,53 \cdot (1 + 2/\beta) \lambda \lambda_s \sqrt{f'_c} \\ 0,27 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \lambda_s \sqrt{f'_c} \\ 1,1 \lambda \lambda_s \sqrt{f'_c} \end{bmatrix} \quad [8-25]$$

donde:

$\beta$  = la razón entre la dimensión larga y corta de la sección transversal de la columna.

$\lambda$  = factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas reducidas del concreto de peso liviano, relativa a los concretos de peso normal de igual resistencia a la compresión, según ACI 318. Puede tomarse como  $\lambda = 0.75$ .

$\lambda_s$  = factor de efecto de tamaño, utilizado para modificar la resistencia a cortante basado en el peralte del elemento, según ACI 318.  $\lambda_s = \sqrt{2/(1 + d/25)} \leq 1$ .

$b_o$  = el perímetro de la sección de cortante crítico en la losa (cm).

$d$  = altura efectiva de la losa (cm).

$f'_c$  = resistencia del concreto a la compresión, la cual, para efectos de los cálculos de esta ecuación, debe ser menor o igual a  $700 \text{ kg/cm}^2$ , aunque el  $f'_c$  real sea mayor.

$\alpha_s = 40$  para uniones interiores,  $30$  para uniones de borde y  $20$  para uniones de esquina.

#### 8.11.6.4 Resistencia al cortante en uniones de losas preesforzadas sin refuerzo para cortante.

En las uniones “losa-columna” preesforzadas, cuando no se requiera refuerzo de cortante, la resistencia a cortante del concreto  $v_c$ , en  $\text{kg/cm}^2$ , en una sección crítica es el calculado por la ecuación [8-25] o por lo indicado por la ecuación [8-26] si se cumplen las siguientes condiciones:

- La losa es preesforzada en dos direcciones.
- Se provee refuerzo de acero longitudinal corrugado adherido de acuerdo con ACI 318 (ver 8.6.2.3 y 8.7.5.3 de ACI 318-19).
- Ninguna porción de la sección transversal de la columna está más cerca de un borde discontinuo que una distancia de cuatro veces el espesor de la losa  $h$ .
- El esfuerzo efectivo de preesfuerzo  $f_{pc}$  en cada dirección no es menor que  $10 \text{ kg/cm}^2$ .

$$v_c = 0,27\beta_p\lambda\sqrt{f'_c} + 0,3f_{pc} \quad [8-26]$$

donde:

$$\beta_p = \text{el menor de } 3,5 \text{ y } \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1,5\right).$$

$f'_c$  = resistencia del concreto a la compresión, la cual, para efectos de los cálculos de esta ecuación, debe ser menor o igual a  $700 \text{ kg/cm}^2$ , aunque el  $f'_c$  real sea mayor.

$f_{pc}$  corresponde al esfuerzo promedio de precompresión en dos direcciones perpendiculares después de las pérdidas ( $\text{kg/cm}^2$ ).

El esfuerzo de precompresión  $f_{pc}$  en la ecuación [8-26] no debe ser tomado como mayor a  $35 \text{ kg/cm}^2$ .

Si no se cumple cualquiera de las condiciones mencionadas anteriormente, la losa debe ser tratada como no preesforzada y debe aplicarse la ecuación [8-25].

#### 8.11.6.5 Resistencia al cortante de uniones con refuerzo para cortante preesforzadas y no preesforzadas.

Cuando se utilice acero de refuerzo a cortante, la resistencia de las zonas de unión “losa-columna” están dadas por la expresión:

$$v_n = (0,75v_c + v_s) \leq v_{n,max} \quad [8-27]$$

donde los términos  $v_c$ ,  $v_s$  y  $v_{n,max}$  están dados en  $\text{kg/cm}^2$  y deben cumplir con lo indicado en los incisos 8.11.6.5.1, 8.11.6.5.2 y 8.11.6.5.3.

##### 8.11.6.5.1 Resistencia al cortante brindada por el concreto $v_c$ .

- Cuando se utilicen aros, ganchos verticales y ganchos múltiples (“multiple leg stirrups”):

$$v_c = 0,53\lambda\lambda_s\sqrt{f'_c} \quad [8-28]$$

- Cuando se utilicen pernos con cabeza como refuerzo a cortante (“shear studs”) en zonas críticas, con perímetro  $b_o$ , localizadas a una distancia de  $d/2$  de la cara de la columna o borde, o de los cambios de espesor de losa, tales como ábacos, capiteles o similar, la resistencia a cortante a aportar por el concreto  $v_c$ , en  $\text{kg/cm}^2$ , será el menor valor obtenido por medio de

las siguientes expresiones:

$$v_c = \begin{bmatrix} 0,53 \cdot (1 + 2/\beta) \lambda \lambda_s \sqrt{f'c} \\ 0,27 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \lambda_s \sqrt{f'c} \\ 0,80 \lambda \lambda_s \sqrt{f'c} \end{bmatrix} \quad [8-29]$$

c) Cuando se utilicen pernos con cabeza como refuerzo a cortante (“shear studs”) en zonas críticas, con perímetro  $b_o$ , localizadas a una distancia de  $d/2$  de la línea periférica más alejada de refuerzo, la resistencia a cortante a aportar por el concreto  $v_c$ , en  $\text{kg/cm}^2$  debe ser calculada según la ecuación [8-28].

#### 8.11.6.5.2 Resistencia al cortante brindada por el acero de refuerzo $v_s$ .

La resistencia de cortante, provista por el refuerzo orientado en dirección perpendicular al plano de la losa, se obtiene con la siguiente ecuación:

$$v_s = \frac{A_v f_{yt}}{b_o s} \quad [8-30]$$

donde:

$A_v$  = suma del área de todas las ramas (“patas”) del refuerzo (o de las áreas de todos los pernos con cabeza como refuerzo a cortante) en una línea periférica geoméricamente similar al perímetro de la sección de la columna ( $\text{cm}^2$ ).

$f_{yt}$  = el esfuerzo de fluencia del refuerzo de cortante, que no puede ser tomado como mayor que  $4200 \text{ kg/cm}^2$ .

$b_o$  = el perímetro de la sección de cortante crítico en la losa (cm).

$s$  = el espaciamiento entre líneas periféricas de refuerzo de cortante medido en dirección perpendicular a la cara de la columna.

El término  $v_s$  está dado en  $\text{kg/cm}^2$ .

Los límites superiores, permitidos por el reglamento ACI 318, de  $s_o$  y el espaciamiento  $s$  entre líneas periféricas son:

$$s_o \leq 0,5d \quad [8-31]$$

$$s \leq 0,5d \quad [8-32]$$

Donde  $s_o$  es la distancia entre la primera línea periférica de refuerzo para cortante y la cara de la columna y debe ser mayor que  $0,35d$ .

#### 8.11.6.5.3 Resistencia al cortante máximo permitido.

La resistencia al cortante máxima permitida,  $\phi v_n$ , está dada como sigue:

a) Para el caso de aros, ganchos verticales y ganchos múltiples (“multiple leg stirrups”):

$$\phi v_{n.max} = \phi 1,6 \sqrt{f'c} \quad [8-33]$$

b) Para el caso de pernos con cabeza como refuerzo a cortante (“shear studs”):

$$\phi v_{n.max} = \phi 2,1 \sqrt{f'c} \quad [8-34]$$

### 8.11.6.6 Refuerzo de flexión.

El refuerzo de losas para poder transmitir los momentos se determinará de acuerdo con el ACI 318.

### 8.11.7 Uniones “losa-viga transversal”.

Si el apoyo de la losa es a través de vigas transversales a la longitud de la losa, la unión será del tipo “losa-viga transversal” y las resistencias nominales de cortante y de transferencia de momento de la unión podrán ser determinadas de acuerdo con 8.11.7.1 y 8.11.7.2.

#### 8.11.7.1 Resistencia nominal a cortante.

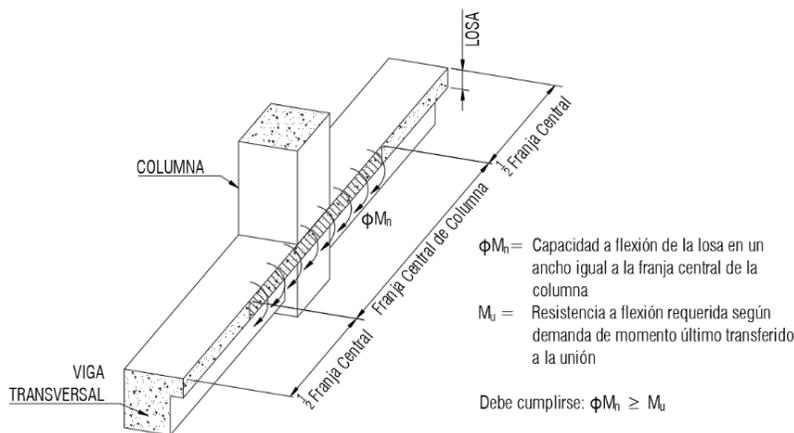
La resistencia a cortante de la unión será determinada por el menor de los siguientes valores:

- Cortante determinado con el ancho total de la losa, a una distancia  $d$  de la cara de la viga transversal, donde  $d$  es la altura efectiva de la losa. En este caso, la resistencia a cortante del concreto  $v_c$  es calculada según la ecuación [8-28]. La resistencia  $v_s$  brindada por el acero de cortante está dada por la ecuación [8-30], utilizando  $b_o$  como el ancho total de la losa.
- Resistencia a cortante determinada como la suma de los cortantes de las vigas transversales, determinadas a una distancia  $d_{viga}$  de la cara de la columna, donde  $d_{viga}$  es la altura efectiva de la viga transversal.

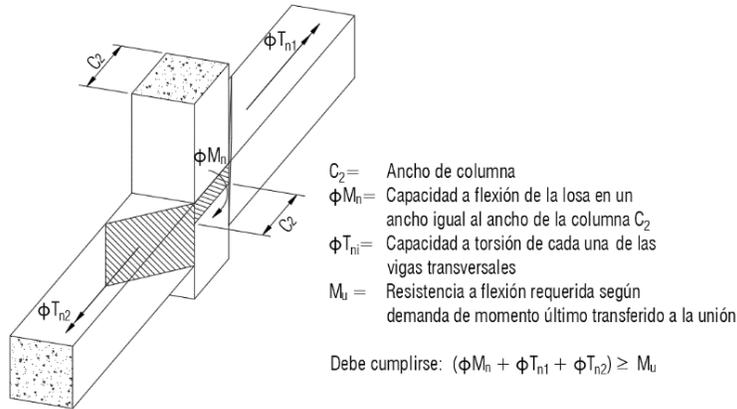
#### 8.11.7.2 Resistencia nominal de transferencia de momento.

La resistencia nominal de transferencia de momento de la unión será determinada por el menor de los siguientes valores:

- Resistencia nominal de flexión de la losa en la cara de la columna en un ancho igual al asignado a la franja central de la columna (ver Figura 8-2).
- Suma de la resistencia nominal a flexión de la losa en un ancho igual al ancho de la columna y de la resistencia nominal torsional de las vigas transversales.



a) Resistencia limitada por la capacidad de la losa en la franja central de columna



b) Resistencia limitada por la capacidad combinada de flexión y torsión

Figura 8-2. Ilustración de la transferencia de momento en las uniones con vigas transversales. (Tomado de ACI 352.1R-11, Fig. 5.3.2).

### 8.11.8 Uniones “losa-muro”.

#### 8.11.8.1 Definiciones.

Existen dos tipos de unión entre muros y losas (ver Figura 8-3):

- Uniones en una dirección: aquellas en las cuales la losa carga al muro en el sentido fuera del plano (sentido débil del muro). De esta manera, el borde de la losa es paralelo al ala del muro o a la pared de un ducto.
- Uniones rectas: aquellas en las cuales la losa carga al muro en el sentido de su plano; es decir, la losa se apoya en el borde libre de un extremo del muro.

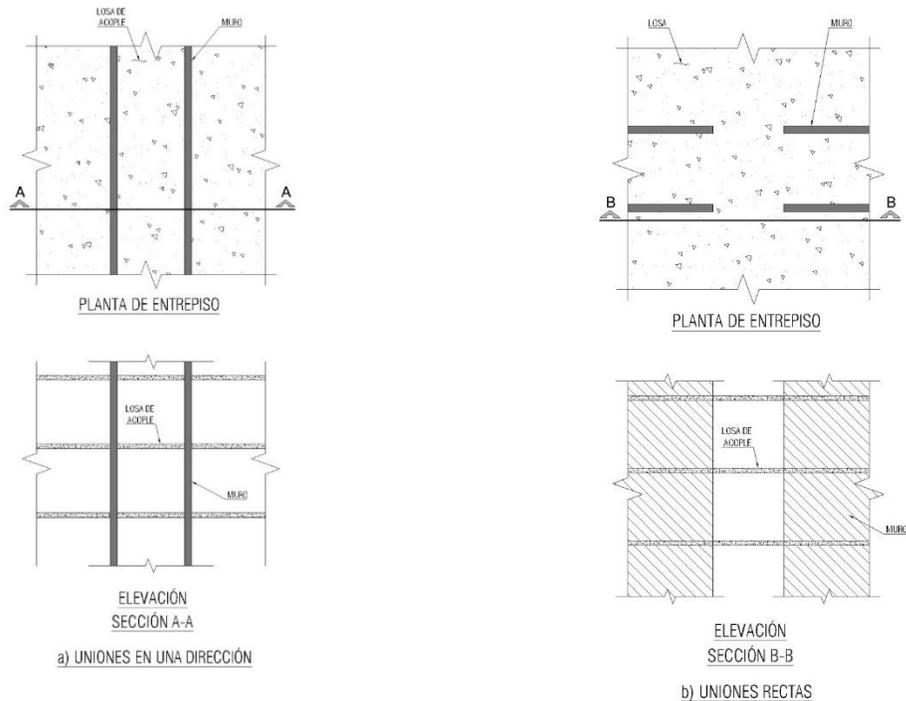


Figura 8-3. Ilustración de los tipos de unión losa-muro.

### 8.11.8.2 Uniones en una dirección.

En el caso general, la resistencia nominal al cortante de uniones “losa-muro”, está dada por la ecuación [8-24].

La resistencia a cortante del concreto  $v_c$  a una distancia  $d$  de la cara del muro es calculada según la ecuación [8-28]. La resistencia  $v_s$  brindada por el acero de cortante está dada por la ecuación [8-30], considerando a  $b_o$  como el ancho del muro en consideración.

En losas no preesforzadas tanto el acero superior e inferior deben estar anclados en las alas de los muros o ser continuos con el otro lado de losa.

En losas preesforzadas, los tendones pueden pasar a través del ala del muro y ser anclados al otro lado del ala o ser continuos con el otro lado de la losa. Alternativamente, los tendones podrán anclarse dentro de la misma losa separados de la unión, pero entonces deberá proveerse refuerzo en la unión para resistir la flexión y el cortante sin tomar en cuenta la participación del concreto en la resistencia al cortante. Debe tomarse en cuenta el cortante vertical y el horizontal proveniente del diafragma.

La rigidez de la losa puede ser calculada como la de una viga de gran ancho, no mayor que la longitud de ninguno de los muros acoplados. Para el cálculo del momento de inercia equivalente debe aplicarse el factor  $\beta_{cr}$  indicado en 8.11.3.2.

### 8.11.8.3 Uniones rectas.

En estas uniones la falla por punzonamiento de la losa ocurre en los bordes del extremo del muro. La sección crítica tiene tres lados de longitud  $t_w+d$ , siendo  $t_w$  el espesor del muro y  $d$  la altura efectiva de la losa. La resistencia nominal al punzonamiento  $V_n$ , en kg, se calcula como sigue:

$$V_n = v_n A_c \quad [8-35]$$

$$v_n = 1,1\sqrt{f'c} \quad [8-36]$$

$$A_c = 3(t_w + d)d \quad [8-37]$$

donde:

$t_w$  = espesor del muro (cm).

$d$  = altura efectiva de la losa (cm).

Los términos  $f'c$  y  $v_n$  están dados en  $\text{kg/cm}^2$ .

El ancho efectivo de la losa para efectos de acople se considera igual a  $L+t_w$ , siendo  $L$  la separación de los extremos de los muros acoplados. El factor de rigidez en este caso es el indicado en 8.11.3.2.

Para la transmisión de momentos, el refuerzo se debe colocar en el ancho efectivo  $L+t_w$ . Este refuerzo se debe extender una longitud  $L$  a lo largo de los muros más allá de sus extremos.

### 8.11.9 Acero de refuerzo.

#### 8.11.9.1 Generalidades.

La determinación de si se requiere acero de refuerzo por cortante, así como su cálculo en caso de requerirse, se indica en los incisos 8.11.6, 8.11.7 y 8.11.8. Consideraciones adicionales se mencionan en el inciso 8.11.9.2.

La determinación del acero de flexión requerido será realizada de acuerdo con el ACI 318, basado en las combinaciones de carga indicadas en el Capítulo 6 de este documento y en las demandas obtenidas del análisis realizado. Deberá respetarse los mínimos establecidos por el ACI 318.

En el inciso 8.11.9.3 se indica la necesidad de colocar acero de integridad con la intención de mejorar la redundancia y ductilidad en las estructuras de manera que, en el evento de daño a un elemento principal, el daño pueda concentrarse en un área pequeña y la estructura tenga una mayor probabilidad de mantener estabilidad global. Además de cumplir con los requerimientos del inciso 8.11.9.3, se debe cumplir con lo establecido en el ACI 318.

#### **8.11.9.2 Acero de refuerzo para cortante.**

El refuerzo de cortante podrá ser alguno de los siguientes (ver ACI 318): Aros, ganchos verticales, ganchos múltiples (“multiple leg stirrups”), pernos con cabeza como refuerzo a cortante (“shear studs”).

La resistencia al cortante de uniones con refuerzo será la indicada en los incisos 8.11.6.5, 8.11.7 y 8.11.8. El acero de refuerzo a cortante se calculará de acuerdo a la ecuación [8-30]. El término  $v_s$  de esta ecuación será como mínimo:

$$v_{s.min} = 0,93\sqrt{f'_c} \quad [8-38]$$

El término  $f'_c$  está dado en  $\text{kg/cm}^2$  y  $v_{s.min}$  en  $\text{kg/cm}^2$ .

El acero de cortante se extenderá por lo menos cuatro veces el espesor de la losa desde la cara del soporte, adjunto a la sección crítica.

#### **8.11.9.3 Acero de integridad.**

En las uniones internas “losa-columna”, se deberá proveer refuerzo inferior mínimo continuo que pase a través del núcleo de la columna en cada dirección principal con un área neta en cada dirección no menor que:

$$A_{sm} = \frac{0,5w_u l_1 l_2}{\phi f_y} \quad [8-39]$$

donde:

$\phi=0,9$

$w_u$  = dos veces la carga permanente ( $\text{kg/cm}^2$ ).

$l_1, l_2$  =longitudes del tramo de losa en cada dirección (cm).

El término  $f_y$  está dado en  $\text{kg/cm}^2$  y  $A_{sm}$  en  $\text{cm}^2$ .

- El acero  $A_{sm}$  se colocará en la parte inferior de la losa.
- La cantidad de acero  $A_{sm}$  puede ser reducida a dos tercios del valor dado por la ecuación [8-39] para uniones de borde en la dirección perpendicular al borde de la losa.
- La cantidad de acero  $A_{sm}$  puede ser reducida a la mitad del valor dado por la ecuación [8-39] para uniones de esquina en la dirección perpendicular al borde de la losa.
- Donde los valores calculados de  $A_{sm}$  en una dirección dada difieran para vanos adyacentes, se debe usar el mayor valor en esa unión.
- La extensión de las varillas de refuerzo de integridad debe ser igual a la longitud de

desarrollo a partir de la cara de la columna, o terminación de ábaco o capitel. En uniones rectas “losa-muro” según se definen en 8.11.8.1, se deberá proveer refuerzo inferior mínimo continuo que pase a través del núcleo del extremo libre del muro en cada uno de los sentidos (longitudinal y transversal a su plano) no menor que dos tercios del valor dado por la ecuación [8-39].

#### 8.11.10 Losas de acople.

##### 8.11.10.1 Generalidades.

Las uniones “losa-muro” definidas en el apartado 8.11.8, cuando se utilizan en losas de acople entre muros, pueden tener un comportamiento no deseable durante un evento sísmico. La información existente indica que debe tenerse cautela con el uso de losas de acople, razón por la cual es importante regular su utilización en las edificaciones.

##### 8.11.10.2 Definición.

Se definen como las *losas de acople especial* entre muros aquellas cuya relación  $L/h < 20$ , en donde  $h$  es el espesor de la losa y  $L$  es el claro libre entre los muros acoplados.

##### 8.11.10.3 Condiciones de uso.

Las edificaciones que tengan *losas de acople especiales* entre muros, según se define en el inciso 8.11.10.2, y que, además, sus uniones sean en una sola dirección según el inciso 8.11.8.2, deberán cumplir con el límite superior de razón de deriva inelástica indicado en la Tabla 7.2 y con el límite superior de razón de deriva inelástica indicada en la siguiente tabla:

Tabla 8-2. Límite superior de la razón de deriva inelástica  $\Delta_i / H_i$  para edificaciones con losas de acople entre muros y uniones en una sola dirección.

| Razón (L / h)          | Límite superior de la razón de deriva inelástica $\Delta_i / H_i$ |
|------------------------|---|
| $(L / h) \leq 10$      | 0.010   |
| $10 < (L / h) \leq 15$ | 0.015   |
| $15 < (L / h)$         | 0.020   |

Las edificaciones que tengan losas de acople especiales entre muros, según se define en el inciso 8.11.10.2, y que, además, sus uniones sean rectas según el inciso 8.11.8.3, deberán cumplir con el límite superior de razón de deriva inelástica indicado en la Tabla 7.2 y con el límite superior de razón de deriva inelástica indicada en la siguiente tabla:

Tabla 8-3. Límite superior de la razón de deriva inelástica  $\Delta_i / H_i$  para edificaciones con losas de acople entre muros y uniones rectas.

| Razón (L / h)          | Límite superior de la razón de deriva inelástica $\Delta_i / H_i$ |
|------------------------|---|
| $(L / h) \leq 10$      | 0.003   |
| $10 < (L / h) \leq 15$ | 0.007   |
| $15 < (L / h) \leq 20$ | 0.0125  |
| $20 < (L / h)$         | 0.020   |

### Referencias

S1 - ACI 318 (2019), Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.

S2 – ACI 421.1 (2020), Guide for Shear Reinforcement for Slabs (ACI 421.1R-20), American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.

S3 – ACI 421.2 (2010) Guide to Seismic Design of Punching Shear Reinforcement in Flat Plates (ACI 421.2R-10), American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.

S4 – ACI 421.3 (2015), Guide to Design of Reinforced Two-Way Slab Systems (ACI 421.3R-15), American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.

S5 - ACI 423.7 (2014), Specification for Unbonded Single-Strand Tendon Materials (ACI 423.7-14), American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.

S6 - ACI 352.1 (2011), Guide for Design of Slab-Column Connections in Monolithic Concrete Structures (ACI 352.1R-11), American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.

S7 - Coull, A., and Hag, A. (1975), “Effective Coupling of Shearwalls by Floor Slabs”, ACI Journal, pp. 429-431.

S8 - Drakatos, I.-S., Beyer, K., and Muttoni, A. (2014), “Lateral Force Resisting Mechanisms in Slab-Column Connections: An Analytical Approach”, Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Istanbul Aug. 25-29, 2014.

S9 – European Code EC2, (2004), “Eurocode 2: Design of Concrete Structures - Part 1-1 General rules and rules for buildings,” European Standard EN 1992-1:2004.

S10 - González, A. (2016), “Losas de Acople en Edificios de Tipo Mixto de Muros de Corte con Losa Plana”, Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica.

S11 - Mirza, M., and Lim, A. (1990), “Behaviour and Design of Coupled Slab-Structural Wall Systems”, Canadian Journal of Civil Engineering, pp. 705-723.

S12 - Moehle, J.P. (2015), “Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings”, McGraw-Hill.

S13 - Paulay, T., and Taylor, R.G. (1981), “Slab Coupling of Earthquake-Resistant Shearwalls”, ACI Journal, Vol. 78, No. 11, pp.130-140.

## **Anexo C Glosario**

### **Sistema estructural.**

Conjunto de elementos estructurales interconectados cuya función principal es soportar las solicitaciones y desplazamientos a los que está sujeta la edificación. El sistema estructural de una edificación está compuesto por la totalidad de los *sistemas gravitacionales* y *sismorresistentes*.

### **Sistemas gravitacionales.**

Subsistemas del *sistema estructural* cuya función principal es soportar las cargas gravitacionales que actúan en la edificación. Su participación en la resistencia de las fuerzas sísmicas es despreciable, pero deben ser capaces de resistir las cargas gravitacionales que les sean tributarias aún durante los desplazamientos laterales causados por un sismo.

### **Sistema mixto con losa plana (MLP).**

Se incluyen en este tipo aquellas edificaciones que resisten las fuerzas sísmicas por medio de *sistemas sismorresistentes* que constituyen el *sistema estructural* tipo *marco, dual, muro o voladizo*, pero cuyo *sistema gravitacional* contiene losas planas.

### **Sistemas sismorresistentes.**

Subsistemas del *sistema estructural* cuya función principal es proveer a la edificación la capacidad necesaria para resistir sismos. Durante los desplazamientos laterales causados por un sismo, deberán mantener su capacidad de resistir las cargas gravitacionales que les sean tributarias.

Rige a partir de su publicación.

Ing. Guillermo Carazo Ramírez  
Director Ejecutivo.”

Atentamente,

JUNTA DIRECTIVA GENERAL

Ing. Guillermo Carazo Ramírez  
Director Ejecutivo

GCR/amm

C: Acta