



## CAPÍTULO 11

# SISTEMAS PARA EDIFICIOS

**Los sistemas prefabricados que ofrece Holcim Modular Solutions para la construcción de edificios de varios pisos han sido concebidos siguiendo los principios del estado del arte del diseño y construcción sismorresistente.**

La construcción prefabricada de edificios permite reducir significativamente su plazo, pues mientras se prepara el sitio para construir, en la planta pueden estarse fabricando elementos de varios pisos en forma simultánea. La empresa suministra los planos de montaje de las edificaciones para cada caso particular, con la identificación de todos los elementos de la obra e instrucciones para su instalación y conexión.

Estos sistemas para edificios se basan en la prefabricación independiente y el ensamble en sitio de componentes prefabricados tales como: fundaciones aisladas, pilotes, vigas de fundación, muros de retención, muros estructurales, columnas, vigas de entrepiso, entrepisos, escaleras, paneles y fachadas no estructurales, vigas de techo, largueros y otros, según requiera el proyecto. Para detalles acerca de los subsistemas de pilotes, muros de retención, entrepisos y fachadas, se recomienda revisar los capítulos 3, 6, 7 y 8; para detalles sobre vigas de techo y largueros, véase el capítulo 10.

Los elementos que conforman los sistemas para edificios tienen todas las ventajas que ofrece la prefabricación:

- Ahorro de formaleta
- Reducción de mano de obra
- Reducción del plazo constructivo, así como de los costos financieros y administrativos asociados
- Estrictos controles y estándares de calidad que posibilitan el uso rutinario de materiales de alto desempeño, tales como concretos de alta resistencia (CAR) de hasta  $f'c = 700 \text{ kg/cm}^2$  para la reducción de las secciones o incremento de la rigidez y concretos autocompactantes (CAC) para la mejora de los acabados, etc.

- Uso rutinario del concreto preesforzado para una solución económica de problemas difíciles de resolver con concreto reforzado: vigas de grandes luces, grandes voladizos, reducción de secciones, control de agrietamiento y control de rigidez.

Las conexiones entre los componentes prefabricados pueden realizarse de acuerdo con los cuatro tipos que establece el Código Sísmico de Costa Rica 2010 (2011) en su capítulo 12: Estructuras y Componentes Prefabricados de Concreto.

### 11.1 Materiales

- **Concreto:** el concreto utilizado en la planta de Holcim Modular Solutions tiene una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de  $280 \text{ kg/cm}^2$  para fundaciones reforzadas y de  $350 \text{ kg/cm}^2$  para otros elementos reforzados. En el caso de los elementos pretensados (con excepción de la Losa Lex), la resistencia a los 28 días es de  $700 \text{ kg/cm}^2$ . Para la Losa Lex, la resistencia mínima a la compresión es de  $420 \text{ kg/cm}^2$ .
- **Cemento:** el cemento cumple con la especificación del Reglamento Técnico de Cementos de Costa Rica RTCR 479:2015.
- **Agregados:** los agregados cumplen con las normas ASTM C33 e INTE C15.
- **Refuerzo:** el acero de preesfuerzo cumple con la norma ASTM A416 (grado 270) y el acero de refuerzo con las especificaciones ASTM A706 y ASTM A615 y sus equivalentes en las normas nacionales INTECO.

### 11.2 Normativa vigente

- Código Sísmico de Costa Rica 2010 (CSCR-2010) (2011). Establece las cargas vivas mínimas, los requisitos sísmicos de diseño de componentes prefabricados, muros de corte y sistemas y componentes no estructurales.
- Código de Cimentaciones de Costa Rica (2009). Establece los requisitos de diseño geotécnico de cimentaciones superficiales, cimentaciones profundas y muros de retención.
- ACI 318S-14 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario. Establece los requisitos mínimos para el diseño estructural de elementos de concreto reforzado y preesforzado sujetos a cargas de flexocompresión, torsión, tensión y cortante.

- Normas de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE/SEI/SFPE).
- Manual de Diseño del Instituto del Concreto Prefabricado (PCI Handbook) edición 2014, Chicago, Illinois, USA.

### 11.3 Criterios para uso y especificación

#### Concreto reforzado y concreto preesforzado

Los sistemas prefabricados para edificios con frecuencia emplean la tecnología del preesforzado para solucionar los problemas de ingeniería. Algunos componentes, como las vigas de entrepiso, los paneles de fachada y los entrepisos, utilizan de rutina el acero preesforzado, ya sea para control de deflexiones, control de agrietamiento, reducción de las secciones y del peso, incremento de la rigidez o una combinación de los anteriores. Existen diversas filosofías para el diseño de elementos de concreto preesforzado, pero la más usual consiste en garantizar que las secciones no presenten agrietamiento por flexión para las cargas de servicio (ACI 318S-14).

#### Diseño sin agrietar de elementos pre-esforzados para cargas de servicio

Este factor tiene importantes implicaciones en la economía de las soluciones y en los supuestos de los métodos de análisis estructural.

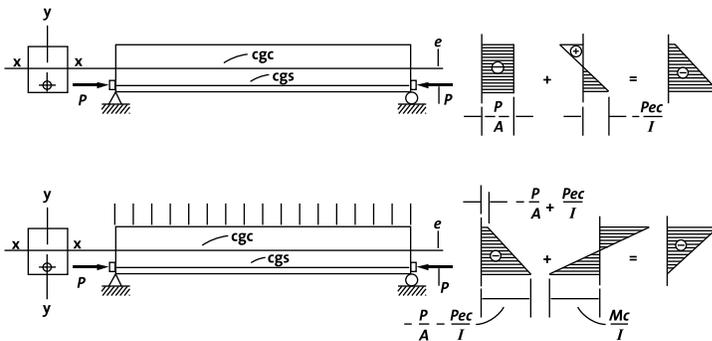


Figura 11.1 Diseño sin agrietar de elementos preesforzados para cargas de servicios

Una primera consideración es que para el análisis estructural de cargas gravitacionales lo apropiado es usar en las vigas el momento de inercia de la sección sin agrietar ( $I_g$ ). Para el análisis sísmico por los métodos estático o dinámico, puede usarse un momento de inercia de alrededor de  $0,80 I_g$ , con el objeto de tomar en cuenta que existe agrietamiento localizado en las zonas de rótulas plásticas.

Con relación a la rigidez, es importante mencionar que los concretos de los componentes preesforzados usualmente tendrán resistencias a los 28 días superiores a los concretos normales, en el orden de 420 a 700  $\text{kg/cm}^2$ . El módulo de elasticidad del concreto debe utilizarse en forma apropiada durante el análisis estructural.

El uso del preesfuerzo en los sistemas de edificios permitirá la solución económica de vigas de grandes luces y grandes voladizos que de otra forma presentarían considerables deflexiones si se resuelven con concreto reforzado convencional.

#### Integridad estructural y conexiones

En el medio nacional, usualmente las conexiones entre componentes prefabricados se realizan mediante juntas húmedas que se diseñan y fabrican con la finalidad de lograr la continuidad mediante la

colocación de concreto o mortero en sitio y barras de refuerzo. Estas conexiones pueden ser de cierre, completamiento en sitio o bien ciegas.

Las conexiones de completamiento más frecuentes son aquellas que se realizan en el nudo viga-columna, mediante el anclaje del acero longitudinal de las vigas en la zona del nudo y el colado en sitio del concreto del nudo. Las conexiones ciegas se prefieren para la unión de elementos verticales y usualmente consisten en el traslape del acero longitudinal utilizando ductos previstos en las piezas prefabricadas, que luego se llenan con mortero de alta resistencia y fluidez.

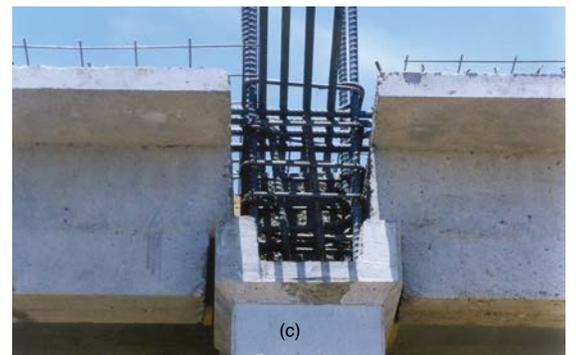
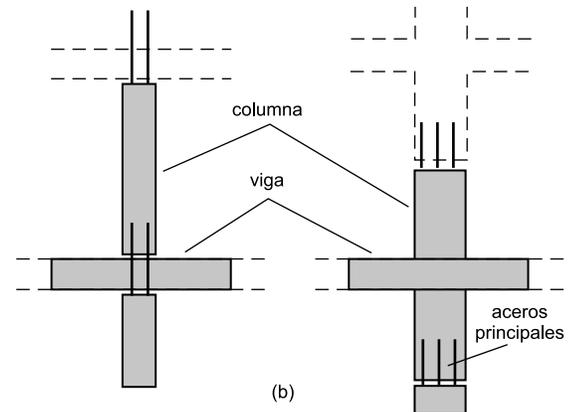
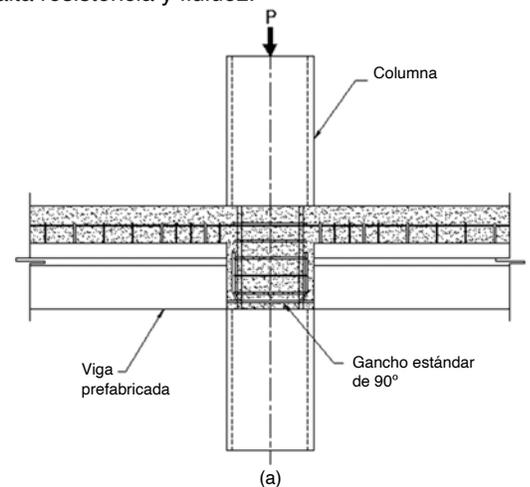


Figura 11.2 Conexiones húmedas mediante refuerzo y concreto o mortero colado en sitio. a) conexión de completamiento en sitio b) conexión ciega c) Ejemplo de conexión húmeda

Ambos tipos de conexiones pueden ser consideradas como de ductilidad local óptima o moderada, según las definiciones del CSCR-2010. Holcim Modular Solutions ha demostrado a través de pruebas estructurales de nudos viga- columna realizadas en el Lanamme UCR que las uniones viga-columna con base en elementos prefabricados detalladas de manera adecuada pueden alcanzar ductilidades iguales o superiores a las estructuras coladas en sitio, con niveles de daño consistentemente menores.

La experiencia a nivel mundial respalda estos resultados. El diseñador puede emplear las ductilidades globales especificadas por el citado Código Sísmico para edificios de concreto reforzado.

Los diafragmas compuestos por entrepisos prefabricados por Holcim Modular Solutions y sobrelosa colada en sitio pueden considerarse rígidos. Como en todo diafragma, su resistencia debe ser verificada con los métodos establecidos en el citado Código Sísmico de Costa Rica 2010 (2011) o en el capítulo 21 del ACI 318S-14.

### Uniones postensadas híbridas

El Código Sísmico de Costa Rica 2010 (2011) permite el uso de conexiones postensadas híbridas, que en pruebas experimentales nacionales e internacionales, así como en sismos recientes, han demostrado un comportamiento mucho mejor que el del concreto monolítico o el concreto prefabricado con conexiones húmedas.

Las uniones postensadas híbridas están diseñadas para lograr la continuidad mediante refuerzo convencional con pequeñas zonas desadheridas y cables de postensión desadheridos que permiten la adecuada disipación de energía y una concentración de deformaciones en la cara de contacto viga-columna (Sección 12.4 CSCR-2010).

Esta conexión provoca tres efectos deseables:

- La concentración de la disipación de energía en la unión viga-columna o muro-fundación.
- La protección por capacidad de otros componentes menos dúctiles.
- Un efecto autocentrante de las conexiones que minimiza los desplazamientos y deformaciones residuales tras un evento sísmico.

Además, permite la construcción de columnas de varios pisos de altura, lo cual saca el colado de nudos de la ruta crítica del proceso constructivo. En resumen: ofrece rapidez constructiva, ductilidad y protección por capacidad sin daño significativo en caso del sismo de diseño.

En uniones viga-columna, las columnas prefabricadas incluyen los nudos y ménsulas donde se soportan temporalmente las vigas. En los nudos se dejan previstos ductos para colocar en sitio las varillas de acero convencional y los cables de postensión.



Figura 11.3 Pruebas estructurales realizadas en el LANAMME

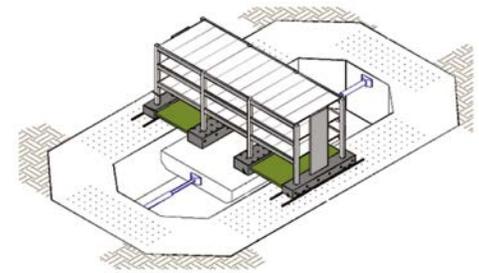
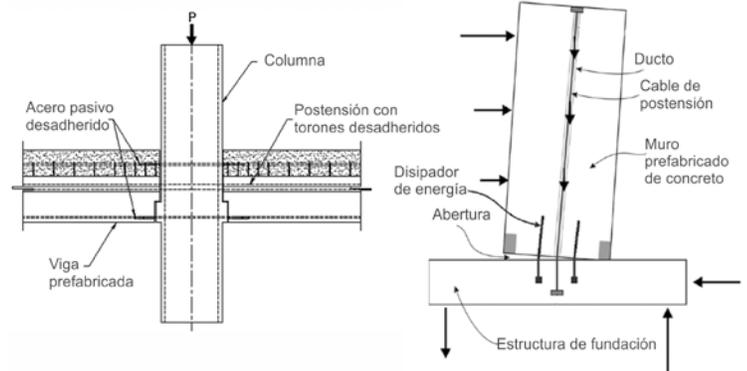


Figura 11.4 Pruebas estructurales de uniones postensadas híbridas del programa PRESS y de la UCSD



Ejemplo de unión postensada híbrida (Edificio Clínica Bíblica)

Figura 11.5 Unión viga columna postensada híbrida y unión muro fundación postensada híbrida

Las columnas se pueden fabricar de varios pisos de altura, como se muestra en la figura 11.6. Cuando sea necesario, las columnas se dividen en varias partes, que se conectan por ductos, barreras de refuerzo e inyecciones de mortero fluido.

#### 11.4 Ayudas de diseño para edificios de marcos

Los sistemas prefabricados de Holcim Modular Solutions permiten la construcción de edificios de marcos con conexiones entre elementos que pueden



Figura 11.6 Columnas de varios niveles permiten trabajar simultáneamente en varios pisos (edificios Zona Franca América)

ser húmedas, postensadas o híbridas; así como edificios de muros con conexiones secas, húmedas o postensionadas.

A continuación, se presenta una serie de ayudas para el dimensionamiento preliminar de edificios prefabricados compuestos por marcos hiperestáticos en sus dos direcciones ortogonales, con una planta reticular compuesta por vigas de carga en un sentido y vigas de amarre en el otro.

#### Guía general para el dimensionamiento de fundaciones y columnas

Las siguientes tablas permiten dimensionar preliminarmente placas de fundación y columnas de edificios reticulares en planta compuestos por marcos prefabricados hiperestáticos. Los datos de entrada de las tablas son:

- La sobrecarga de diseño (carga permanente adicional al peso estructural más carga temporal)
- La longitud neta de la viga
- La longitud tributaria de carga y el número de pisos.

Las placas de fundación, con tamaños iguales o menores a 2,70 x 2,70 m, pueden ser prefabricadas.

La conexión entre las placas y las columnas prefabricadas se realiza mediante dovelas inyectadas en ductos previstos en las columnas. Es posible prever conexiones para vigas de fundación que pueden ser prefabricadas también.

En el caso de las columnas se presentan dos ayudas de diseño: las tablas para la selección de la sección de la columna y el porcentaje de acero longitudinal, con base en los claros de vigas y la carga, y los diagramas de interacción desarrollados para diversos porcentajes de acero longitudinal.

En todos los casos se emplean columnas de sección cuadrada o rectangular con refuerzo longitudinal y transversal según requisitos del CSCR-2010.

**Advertencia:** Las tablas siguientes constituyen ayudas de diseño para el dimensionamiento preliminar por carga gravitacional únicamente. Aunque usualmente este dimensionamiento cumple con la rigidez necesaria para controlar desplazamientos laterales en edificios regulares de entre 3 y 6 pisos de altura, no se da ninguna garantía de ello. Es responsabilidad del diseñador estructural la revisión de demandas ante carga laterales de viento y sismo, así como la verificación de los desplazamientos laterales permitidos. Entre sus opciones, el diseñador puede incorporar al sistema muros estructurales prefabricados o colados en sitio en aquellos puntos donde lo juzgue apropiado.

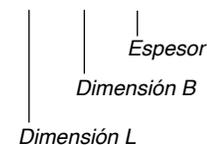
| Tabla 11.1 Dimensiones de placas de fundación |                     |                                |                    |                                 |              |              |              |              |
|---|---------------------|--------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Placas: habitacional, parqueos, oficinas      |                     |                                |                    |                                 |              |              |              |              |
| Sobre-carga<br>CP <sub>adic</sub> +<br>CT     | Luz tributaria<br>m | Altura del<br>entrepiso*<br>cm | Número de<br>pisos | Dimensiones de placas en metros |              |              |              |              |
|   |                     |                                |                    | Luz de la viga de carga         |              |              |              |              |
|   |                     |                                |                    | 6 m                             | 8 m          | 10 m         | 11 m         |              |
| 400 <sup>1</sup>                              | 6                   | 15 + 6                         | 2                  | 2.1x2.1x0.35                    | 2.5x2.5x0.40 | 2.8x2.8x0.40 | 3.0x3.0x0.45 |              |
|   |                     |                                | 3                  | 2.7x2.7x0.40                    | 3.1x3.1x0.45 | 3.5x3.5x0.55 | 3.7x3.7x0.55 |              |
|   |                     |                                | 4                  | 3.2x3.2x0.50                    | 3.6x3.6x0.55 | 4.0x4.0x0.55 | 4.2x4.2x0.60 |              |
|   |                     |                                | 5                  | 3.5x3.5x0.55                    | 4.0x4.0x0.55 | 4.5x4.5x0.60 | 4.8x4.8x0.65 |              |
|   |                     |                                | 6                  | 3.9x3.9x0.55                    | 4.4x4.4x0.60 | 5.0x5.0x0.65 | 5.3x5.3x0.70 |              |
|   |                     |                                | 8                  | 20 + 6                          | 2            | 2.6x2.6x0.40 | 3.0x3.0x0.45 | 3.4x3.4x0.55 |
|   | 8                   | 20 + 6                         | 3                  | 3.2x3.2x0.50                    | 3.7x3.7x0.50 | 4.1x4.1x0.55 | 4.3x4.3x0.60 |              |
|   |                     |                                | 4                  | 3.7x3.7x0.50                    | 4.3x4.3x0.60 | 4.8x4.8x0.65 | 5.0x5.0x0.65 |              |
|   |                     |                                | 5                  | 4.2x4.2x0.60                    | 4.8x4.8x0.65 | 5.4x5.4x0.70 | 5.6x5.6x0.75 |              |
|   |                     |                                | 6                  | 4.6x4.6x0.65                    | 5.3x5.3x0.70 |              |              |              |
|   | 10                  | 25 + 6                         | 2                  | 3.0x3.0x0.45                    | 3.5x3.5x0.55 | 3.8x3.8x0.55 | 4.0x4.0x0.55 |              |
|   |                     |                                | 3                  | 3.7x3.7x0.50                    | 4.3x4.3x0.60 | 4.6x4.6x0.65 | 4.9x4.9x0.65 |              |
|   |                     |                                | 4                  | 4.3x4.3x0.60                    | 5.0x5.0x0.65 | 5.4x5.4x0.70 | 5.7x5.7x0.75 |              |
|   |                     |                                | 5                  | 4.9x4.9x0.65                    | 5.6x5.6x0.75 |              |              |              |
|   | 11                  | 25 + 6                         | 2                  | 3.2x3.2x0.50                    | 3.6x3.6x0.50 | 3.9x3.9x0.55 | 4.1x4.1x0.55 |              |
|   |                     |                                | 3                  | 3.9x3.9x0.55                    | 4.5x4.5x0.60 | 4.9x4.9x0.65 | 5.1x5.1x0.70 |              |
|   |                     |                                | 4                  | 4.5x4.5x0.60                    | 5.2x5.2x0.70 | 5.7x5.7x0.75 |              |              |
|   |                     |                                | 5                  | 5.1x5.1x0.70                    |              |              |              |              |
|   | 500 <sup>1</sup>    | 6                              | 15 + 6             | 2                               | 2.3x2.3x0.35 | 2.7x2.7x0.40 | 3.0x3.0x0.45 | 3.1x3.1x0.45 |
|   |                     |                                |                    | 3                               | 2.8x2.8x0.45 | 3.3x3.3x0.50 | 3.7x3.7x0.50 | 3.9x3.9x0.55 |
|   |                     |                                |                    | 4                               | 3.3x3.3x0.50 | 3.9x3.9x0.55 | 4.3x4.3x0.60 | 4.5x4.5x0.60 |
|   |                     |                                |                    | 5                               | 3.8x3.8x0.50 | 4.3x4.3x0.60 | 4.8x4.8x0.65 | 5.1x5.1x0.65 |
|   |                     |                                |                    | 6                               | 4.1x4.1x0.55 | 4.8x4.8x0.65 | 5.3x5.3x0.70 | 5.6x5.6x0.75 |
|   |                     |                                |                    | 8                               | 20 + 6       | 2            | 2.7x2.7x0.40 | 3.2x3.2x0.50 |
| 8   |                     | 20 + 6                         | 3                  | 3.4x3.4x0.55                    | 3.9x3.9x0.55 | 4.4x4.4x0.60 | 4.6x4.6x0.60 |              |
|   |                     |                                | 4                  | 4.0x4.0x0.55                    | 4.5x4.5x0.60 | 5.1x5.1x0.70 | 5.3x5.3x0.70 |              |
|   |                     |                                | 5                  | 4.5x4.5x0.60                    | 5.2x5.2x0.70 | 5.7x5.7x0.75 |              |              |
|   |                     |                                | 6                  | 5.0x5.0x0.65                    | 5.6x5.6x0.75 |              |              |              |
| 10  |                     | 25 + 6                         | 2                  | 3.2x3.2x0.50                    | 3.7x3.7x0.50 | 4.0x4.0x0.55 | 4.2x4.2x0.60 |              |
|   |                     |                                | 3                  | 3.9x3.9x0.55                    | 4.5x4.5x0.60 | 5.0x5.0x0.65 | 5.2x5.2x0.70 |              |
|   |                     |                                | 4                  | 4.6x4.6x0.60                    | 5.3x5.3x0.70 |              |              |              |
|   |                     |                                | 5                  | 5.2x5.2x0.70                    |              |              |              |              |
| 11  |                     | 25 + 6                         | 2                  | 3.4x3.4x0.55                    | 3.8x3.8x0.55 | 4.2x4.2x0.60 | 4.4x4.4x0.60 |              |
|   |                     |                                | 3                  | 4.1x4.1x0.55                    | 4.7x4.7x0.65 | 5.2x5.2x0.70 | 5.4x5.4x0.70 |              |
|   |                     |                                | 4                  | 4.8x4.8x0.65                    | 5.5x5.5x0.75 |              |              |              |
|   |                     |                                | 5                  | 5.4x5.4x0.70                    |              |              |              |              |
| 6   |                     | 25 + 6                         | 2                  | 3.4x3.4x0.55                    | 3.8x3.8x0.55 | 4.2x4.2x0.60 | 4.4x4.4x0.60 |              |
|   |                     |                                | 3                  | 4.1x4.1x0.55                    | 4.7x4.7x0.65 | 5.2x5.2x0.70 | 5.4x5.4x0.70 |              |
|   |                     |                                | 4                  | 4.8x4.8x0.65                    | 5.5x5.5x0.75 |              |              |              |
|   |                     |                                | 5                  | 5.4x5.4x0.70                    |              |              |              |              |

\* Altura del entrepiso sería peralte de la Losa Lex + espesor de la sobrelosa considerada

**Nota:** Supuestos:

- CP<sub>adic</sub> de 200 kg/m<sup>2</sup> general y de 100 kg/m<sup>2</sup> para parqueos
- Se utiliza un factor de carga general de 1.40 para demanda última
- Se supone viga Te para el cálculo del peso de las vigas
- Se supone una altura piso a piso de 3.75 m y una longitud de 1 m entre contrapiso y parte superior de placa de fundación
- Se supone una capacidad del concreto de f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup>, en el caso de requerirse puede fabricarse con concreto de mayor resistencia
- Se supone una capacidad neta del terreno de 15 T/m<sup>2</sup> (Factor de seguridad de 3)
- Se revisan condiciones gravitacionales, el diseñador debe chequear condiciones sísmicas
- Lectura de tipologías:

**3.2 x 3.2 x 0.50**



**Tabla 11.1 Dimensiones de placas de fundación (continuación)**

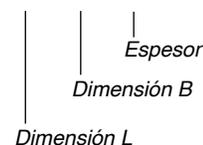
| Placas: oficinas de alta densidad, centros comerciales mercancía ligera, bodegas, cines, templos, gimnasios, teatros |   |                               |                 |                                 |              |              |              |              |
|--|---|-------------------------------|-----------------|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Sobre-carga<br>CP <sub>adic</sub> +<br>CT  | Luz tributaria<br>m   | Altura del entrespacio*<br>cm | Número de pisos | Dimensiones de placas en metros |              |              |              |              |
|  |   |                               |                 | Luz de la viga de carga         |              |              |              |              |
|  |   |                               |                 | 6 m                             | 8 m          | 10 m         | 11 m         |              |
| 600 <sup>1</sup>   | 6   | 15 + 6                        | 2               | 2.5x2.5x0.40                    | 2.8x2.8x0.40 | 3.2x3.2x0.50 | 3.3x3.3x0.50 |              |
|  |   |                               | 3               | 3.0x3.0x0.45                    | 3.5x3.5x0.55 | 3.9x3.9x0.55 | 4.1x4.1x0.55 |              |
|  |   |                               | 4               | 3.5x3.5x0.55                    | 4.1x4.1x0.55 | 4.5x4.5x0.60 | 4.8x4.8x0.65 |              |
|  |   |                               | 5               | 4.0x4.0x0.55                    | 4.6x4.6x0.60 | 5.1x5.1x0.70 | 5.4x5.4x0.70 |              |
|  |   |                               | 6               | 4.3x4.3x0.60                    | 5.1x5.1x0.65 | 5.6x5.6x0.75 |              |              |
|  | 8   | 20 + 6                        | 2               | 2.9x2.9x0.45                    | 3.3x3.3x0.50 | 3.7x3.7x0.50 | 3.9x3.9x0.55 |              |
|  |   |                               | 3               | 3.6x3.6x0.55                    | 4.1x4.1x0.55 | 4.6x4.6x0.65 | 4.7x4.7x0.65 |              |
|  |   |                               | 4               | 4.2x4.2x0.60                    | 4.8x4.8x0.65 | 5.4x5.4x0.70 | 5.5x5.5x0.75 |              |
|  |   |                               | 5               | 4.7x4.7x0.65                    | 5.4x5.4x0.70 |              |              |              |
|  |   |                               | 6               | 5.2x5.2x0.70                    |              |              |              |              |
|  | 10  | 25 + 6                        | 2               | 3.4x3.4x0.55                    | 3.8x3.8x0.55 | 4.2x4.2x0.60 | 4.4x4.4x0.60 |              |
|  |   |                               | 3               | 4.1x4.1x0.55                    | 4.7x4.7x0.65 | 5.2x5.2x0.70 | 5.5x5.5x0.75 |              |
|  |   |                               | 4               | 4.8x4.8x0.65                    | 5.5x5.5x0.75 |              |              |              |
|  |   |                               | 5               | 6.0x6.0x0.80                    |              |              |              |              |
|  |   |                               | 6               |                                 |              |              |              |              |
|  | 11  | 25 + 6                        | 2               | 3.5x3.5x0.55                    | 4.0x4.0x0.55 | 4.4x4.4x0.60 | 4.6x4.6x0.65 |              |
|  |   |                               | 3               | 4.3x4.3x0.60                    | 5.0x5.0x0.55 | 5.5x5.5x0.75 | 5.7x5.7x0.75 |              |
|  |   |                               | 4               | 5.1x5.1x0.65                    |              |              |              |              |
|  |   |                               | 5               |                                 |              |              |              |              |
|  |   |                               | 6               |                                 |              |              |              |              |
|  | Placas: centros comerciales, mercancías de peso intermedio, bibliotecas, estadios, archivos |                               |                 |                                 |              |              |              |              |
|  | 700 <sup>1</sup>  | 6                             | 15 + 6          | 2                               | 2.6x2.6x0.40 | 3.0x3.0x0.45 | 3.3x3.3x0.50 | 3.5x3.5x0.55 |
|  |   |                               |                 | 3                               | 3.2x3.2x0.50 | 3.7x3.7x0.50 | 4.1x4.1x0.55 | 4.3x4.3x0.60 |
|  |   |                               |                 | 4                               | 3.7x3.7x0.50 | 4.2x4.2x0.60 | 4.7x4.7x0.65 | 5.0x5.0x0.65 |
| 5  |   |                               |                 | 4.2x4.2x0.55                    | 4.8x4.8x0.65 | 5.3x5.3x0.70 | 5.6x5.6x0.75 |              |
| 6  |   |                               |                 | 4.6x4.6x0.60                    | 5.3x5.3x0.70 |              |              |              |
| 8  |   | 20 + 6                        | 2               | 3.0x3.0x0.45                    | 3.5x3.5x0.55 | 3.9x3.9x0.55 | 4.0x4.0x0.55 |              |
|  |   |                               | 3               | 3.8x3.8x0.50                    | 4.3x4.3x0.60 | 4.8x4.8x0.65 | 5.0x5.0x0.65 |              |
|  |   |                               | 4               | 4.3x4.3x0.60                    | 5.1x5.1x0.65 | 5.6x5.6x0.75 |              |              |
|  |   |                               | 5               | 5.0x5.0x0.65                    | 5.7x5.7x0.75 |              |              |              |
|  |   |                               | 6               | 5.4x5.4x0.70                    |              |              |              |              |
| 10   |   | 25 + 6                        | 2               | 3.5x3.5x0.55                    | 4.0x4.0x0.55 | 4.4x4.4x0.60 | 4.6x4.6x0.65 |              |
|  |   |                               | 3               | 4.3x4.3x0.60                    | 5.0x5.0x0.65 | 5.5x5.5x0.75 | 5.7x5.7x0.75 |              |
|  |   |                               | 4               | 5.1x5.1x0.65                    | 5.8x5.8x0.75 |              |              |              |
|  |   |                               | 5               | 5.7x5.7x0.75                    |              |              |              |              |
|  |   |                               | 6               |                                 |              |              |              |              |
| 11   |   | 25 + 6                        | 2               |                                 |              |              |              |              |
|  |   |                               | 3               |                                 |              |              |              |              |
|  |   |                               | 4               |                                 |              |              |              |              |
|  |   |                               | 5               |                                 |              |              |              |              |
|  |   |                               | 6               |                                 |              |              |              |              |

\* Altura del entrespacio sería peralte de la Losa Lex + espesor de la sobrelosa considerada

**Nota:** Supuestos:

- CP<sub>adic</sub> de 200 kg/m<sup>2</sup> general y de 100 kg/m<sup>2</sup> para parqueos
- Se utiliza un factor de carga general de 1.40 para demanda última
- Se supone viga Te para el cálculo del peso de las vigas
- Se supone una altura piso a piso de 3.75 m y una longitud de 1 m entre contrapiso y parte superior de placa de fundación
- Se supone una capacidad del concreto de f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup>, en el caso de requerirse puede fabricarse con concreto de mayor resistencia
- Se supone una capacidad neta del terreno de 15 T/m<sup>2</sup> (Factor de seguridad de 3)
- Se revisan condiciones gravitacionales, el diseñador debe chequear condiciones sísmicas
- Lectura de tipologías:

**3.2 x 3.2 x 0.50**



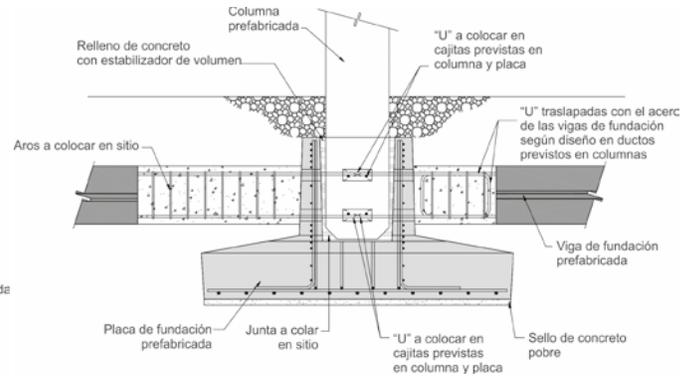
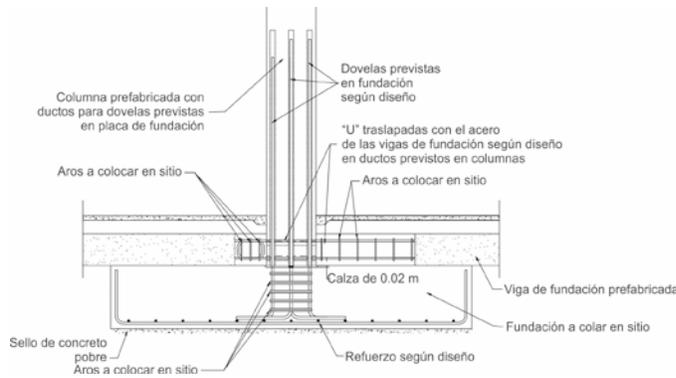


Figura 11.7 Detalles típicos de conexión placa-columna

| Tabla 11.2 Dimensiones de columnas                    |                  |                          |                 |                         |             |             |             |
|---|------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Columnas: habitacional, parqueos, oficinas            |                  |                          |                 |                         |             |             |             |
| Sobre-carga CP <sub>adic</sub> + CT kg/m <sup>2</sup> | Luz tributaria m | Altura del entrepiso* cm | Número de pisos | Tipología de columna    |             |             |             |
|   |                  |                          |                 | Luz de la viga de carga |             |             |             |
|   |                  |                          |                 | 6 m                     | 8 m         | 10 m        | 11 m        |
| 400   | 6                | 15 + 6                   | 2               | C 40-40/1               | C 40-40/1   | C 40-40/1   | C 40-40/1   |
|   |                  |                          | 3               | C 40-40/1               | C 40-40/1.5 | C 40-55/1   | C 55-55/1   |
|   |                  |                          | 4               | C 40-55/1               | C 40-55/1.5 | C 55-55/1   | C 55-55/1   |
|   |                  |                          | 5               | C 40-55/1               | C 55-55/1   | C 60-60/1   | C 60-60/1.5 |
|   |                  |                          | 6               | C 55-55/1               | C 60-60/1   | C 70-70/1   | C 70-70/1   |
|   |                  |                          | 8               | 20 + 6                  | 2           | C 40-40/1   | C 40-40/1   |
|   | 3                | C 40-55/1                | C 55-55/1       |                         | C 55-55/1   | C 55-55/1.5 |             |
|   | 4                | C 55-55/1                | C 55-55/1.5     |                         | C 60-60/2   | C 70-70/1   |             |
|   | 5                | C 55-55/1                | C 60-60/2       |                         | C 70-70/1   | C 70-70/2   |             |
|   | 6                | C 60-60/1                | C 70-70/1       |                         |             |             |             |
|   | 10               | 25 + 6                   | 2               |                         | C 40-40/1   | C 40-55/1   | C 55-55/1   |
|   | 3                |                          | C 55-55/1       | C 55-55/1               | C 60-60/1   | C 70-70/1   |             |
|   | 4                |                          | C 55-55/1.5     | C 70-70/1               | C 70-70/1   | C 70-70/2   |             |
|   | 5                |                          | C 70-70/1       | C 70-70/1.5             |             |             |             |
|   | 6                |                          | C 70-70/1       |                         |             |             |             |
|   | 11               |                          | 25 + 6          | 2                       | C 40-55/1   | C 55-55/1   | C 55-55/1   |
|   | 3                | C 55-55/1                |                 | C 60-60/1               | C 70-70/1   | C 70-70/1   |             |
|   | 4                | C 60-60/1                |                 | C 70-70/1               | C 70-70/2   |             |             |
|   | 5                | C 70-70/1                |                 |                         |             |             |             |
|   | 6                | C 70-70/2                |                 |                         |             |             |             |

\* Altura del entrepiso sería peralte de la Losa Lex + espesor de la sobrelosa considerada

**Nota:** Supuestos:

- CP<sub>adic</sub> de 200 kg/m<sup>2</sup> general y de 100 kg/m<sup>2</sup> para parqueos
- Se utiliza un factor de carga general de 1.40 para demanda última
- Se supone viga Te para el cálculo del peso de las vigas
- Se supone una altura piso a piso de 3.75 m y una longitud de 1 m entre contrapiso y parte superior de placa de fundación
- Se supone una capacidad del concreto de f'c = 350 kg/cm<sup>2</sup>, en el caso de requerirse puede fabricarse con concreto de mayor resistencia
- Se supone una capacidad neta del terreno de 15 T/m<sup>2</sup> (Factor de seguridad de 3)
- Se revisan condiciones gravitacionales, el diseñador debe chequear condiciones sísmicas
- Lectura de tipologías:

**C 55-55/2**

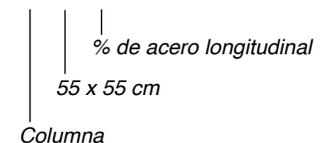


Tabla 11.2 Dimensiones de columnas (continuación)

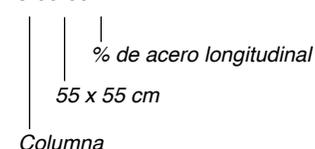
| Columnas: oficinas  |                        |                                |                    |                         |             |             |             |
|---|------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Sobre-carga<br>CP <sub>adic</sub> +<br>CT kg/m <sup>2</sup>   | Luz<br>tributaria<br>m | Altura del<br>entrepiso*<br>cm | Número de<br>pisos | Tipología de columna    |             |             |             |
|   |                        |                                |                    | Luz de la viga de carga |             |             |             |
|   |                        |                                |                    | 6 m                     | 8 m         | 10 m        | 11 m        |
| 500   | 6                      | 15 + 6                         | 2                  | C 40-40/1               | C 40-40/1   | C 40-40/1   | C 40-55/1   |
|   |                        |                                | 3                  | C 40-40/1               | C 40-55/1   | C 55-55/1   | C 55-55/1   |
|   |                        |                                | 4                  | C 40-55/1               | C 55-55/1   | C 55-55/1   | C 60-60/1   |
|   |                        |                                | 5                  | C 55-55/1               | C 55-55/1   | C 60-60/2   | C 70-70/1   |
|   |                        |                                | 6                  | C 55-55/1               | C 60-60/1.5 | C 70-70/1   | C 70-70/1.5 |
|   | 8                      | 20 + 6                         | 2                  | C 40-40/1               | C 40-55/1   | C 40-55/1   | C 55-55/1   |
|   |                        |                                | 3                  | C 40-55/1               | C 55-55/1   | C 55-55/2   | C 60-60/1   |
|   |                        |                                | 4                  | C 55-55/1               | C 60-60/1   | C 70-70/1   | C 70-70/1   |
|   |                        |                                | 5                  | C 60-60/1               | C 70-70/1   | C 70-70/2   |             |
|   |                        |                                | 6                  | C 70-70/1               | C 70-70/1.5 |             |             |
|   | 10                     | 25 + 6                         | 2                  | C 40-55/1               | C 55-55/1   | C 55-55/1   | C 55-55/1   |
|   |                        |                                | 3                  | C 55-55/1               | C 60-60/1   | C 70-70/1   | C 70-70/1   |
|   |                        |                                | 4                  | C 60-60/1               | C 70-70/1   |             |             |
|   |                        |                                | 5                  | C 70-70/1               |             |             |             |
|   |                        |                                | 6                  | C 70-70/2               |             |             |             |
|   | 11                     | 25 + 6                         | 2                  | C 40-55/1               | C 55-55/1   | C 55-55/1   | C 55-55/2   |
|   |                        |                                | 3                  | C 55-55/1               | C 60-60/1.5 | C 70-70/1   | C 70-70/1   |
|   |                        |                                | 4                  | C 60-60/1.5             | C 70-70/1   |             |             |
|   |                        |                                | 5                  | C 70-70/1               |             |             |             |
|   |                        |                                | 6                  |                         |             |             |             |
| Columnas: oficinas de alta densidad, centros comerciales, mercancía ligera, bodegas, cines, templos, gimnasios, teatros |                        |                                |                    |                         |             |             |             |
| Sobre-carga<br>CP <sub>adic</sub> +<br>CT kg/m <sup>2</sup>   | Luz<br>tributaria<br>m | Altura del<br>entrepiso*<br>cm | Número de<br>pisos | Tipología de columna    |             |             |             |
|   |                        |                                |                    | Luz de la viga de carga |             |             |             |
|   |                        |                                |                    | 6 m                     | 8 m         | 10 m        | 11 m        |
| 600   | 6                      | 15 + 6                         | 2                  | C 40-40/1               | C 40-40/1   | C 40-55/1   | C 40-55/1   |
|   |                        |                                | 3                  | C 40-40/1               | C 40-55/1   | C 55-55/1   | C 55-55/1   |
|   |                        |                                | 4                  | C 40-55/1               | C 55-55/1   | C 60-60/1   | C 60-60/1.5 |
|   |                        |                                | 5                  | C 55-55/1               | C 60-60/1   | C 70-70/1   | C 70-70/1   |
|   |                        |                                | 6                  | C 55-55/1.5             | C 70-70/1   | C 70-70/1.5 |             |
|   | 8                      | 20 + 6                         | 2                  | C 40-40/1               | C 40-55/1   | C 55-55/1   | C 55-55/1   |
|   |                        |                                | 3                  | C 40-55/1               | C 55-55/1   | C 60-60/1   | C 60-60/1   |
|   |                        |                                | 4                  | C 55-55/1               | C 60-60/1.5 | C 70-70/1   | C 70-70/1   |
|   |                        |                                | 5                  | C 60-60/1               | C 70-70/1   |             |             |
|   |                        |                                | 6                  | C 70-70/1               |             |             |             |
|   | 10                     | 25 + 6                         | 2                  | C 40-55/1               | C 55-55/1   | C 55-55/1   | C 55-55/2   |
|   |                        |                                | 3                  | C 55-55/1               | C 60-60/1   | C 70-70/1   | C 70-70/1   |
|   |                        |                                | 4                  | C 60-60/1.5             | C 70-70/1   |             |             |
|   |                        |                                | 5                  | C 70-70/1               |             |             |             |
|   |                        |                                | 6                  |                         |             |             |             |
|   | 11                     | 25 + 6                         | 2                  | C 40-55/1               | C 55-55/1   | C 55-55/2   | C 60-60/1   |
|   |                        |                                | 3                  | C 55-55/1               | C 70-70/1   | C 70-70/1   | C 70-70/2   |
|   |                        |                                | 4                  | C 70-70/1               |             |             |             |
|   |                        |                                | 5                  |                         |             |             |             |
|   |                        |                                | 6                  |                         |             |             |             |

\* Altura del entrepiso sería peralte de la Losa Lex + espesor de la sobrelosa considerada

**Nota:** Supuestos:

- CP<sub>adic</sub> de 200 kg/m<sup>2</sup> general y de 100 kg/m<sup>2</sup> para parqueos
- Se utiliza un factor de carga general de 1.40 para demanda última
- Se supone viga Te para el cálculo del peso de las vigas
- Se supone una altura piso a piso de 3.75 m y una longitud de 1 m entre contrapiso y parte superior de placa de fundación
- Se supone una capacidad del concreto de f'c = 350 kg/cm<sup>2</sup>, en el caso de requerirse puede fabricarse con concreto de mayor resistencia
- Se supone una capacidad neta del terreno de 15 T/m<sup>2</sup> (Factor de seguridad de 3)
- Se revisan condiciones gravitacionales, el diseñador debe chequear condiciones sísmicas
- Lectura de tipologías:

**C 55-55/2**



| Tabla 11.2 Dimensiones de columnas (continuación)   |                     |                               |                 |                         |             |             |             |
|---|---------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Columnas: centros comerciales, mercancías con peso intermedio, bibliotecas, estadios archivos |                     |                               |                 |                         |             |             |             |
| Sobre-carga<br>$CP_{adic} + CT$ kg/m <sup>2</sup>   | Luz tributaria<br>m | Altura del entrespacio*<br>cm | Número de pisos | Tipología de columna    |             |             |             |
|   |                     |                               |                 | Luz de la viga de carga |             |             |             |
|   |                     |                               |                 | 6 m                     | 8 m         | 10 m        | 11 m        |
| 700   | 6                   | 15 + 6                        | 2               | C 40-40/1               | C 40-40/1   | C 40-55/1   | C 40-55/1   |
|   |                     |                               | 3               | C 40-55/1               | C 55-55/1   | C 55-55/1   | C 55-55/1   |
|   |                     |                               | 4               | C 55-55/1               | C 55-55/1   | C 60-60/1   | C 70-70/1   |
|   |                     |                               | 5               | C 55-55/1               | C 60-60/1.5 | C 70-70/1   | C 70-70/1.5 |
|   |                     |                               | 6               | C 60-60/1               | C 70-70/1   |             |             |
|   | 8                   | 20 + 6                        | 2               | C 40-40/1               | C 40-55/1   | C 55-55/1   | C 55-55/1   |
|   |                     |                               | 3               | C 55-55/1               | C 55-55/1   | C 60-60/1.5 | C 70-70/1   |
|   |                     |                               | 4               | C 55-55/1.5             | C 70-70/1   | C 70-70/1.5 |             |
|   |                     |                               | 5               | C 70-70/1               | C 70-70/1.5 |             |             |
|   | 10                  | 25 + 6                        | 2               | C 40-55/1               | C 55-55/1   | C 55-55/2   | C 60-60/1   |
|   |                     |                               | 3               | C 55-55/1               | C 70-70/1   | C 70-70/1   | C 70-70/2   |
|   |                     |                               | 4               | C 70-70/1               | C 70-70/2   |             |             |
|   |                     |                               | 5               | C 70-70/1.5             |             |             |             |
|   |                     |                               | 6               | C 70-70/2               |             |             |             |
|   |                     |                               |                 |                         |             |             |             |

\* Altura del entrespacio sería peralte de la Losa Lex + espesor de la sobrelosa considerada

**Nota:** Supuestos:

- $CP_{adic}$  de 200 kg/m<sup>2</sup> general y de 100 kg/m<sup>2</sup> para parques
- Se utiliza un factor de carga general de 1.40 para demanda última
- Se supone viga  $T_e$  para el cálculo del peso de las vigas
- Se supone una altura piso a piso de 3.75 m y una longitud de 1 m entre contrapiso y parte superior de placa de fundación
- Se supone una capacidad del concreto de  $f'c = 350$  kg/cm<sup>2</sup>, en el caso de requerirse puede fabricarse con concreto de mayor resistencia
- Se supone una capacidad neta del terreno de 15 T/m<sup>2</sup> (Factor de seguridad de 3)
- Se revisan condiciones gravitacionales, el diseñador debe chequear condiciones sísmicas
- Lectura de tipologías:

**C 55-55/2**

% de acero longitudinal

55 x 55 cm

Columna

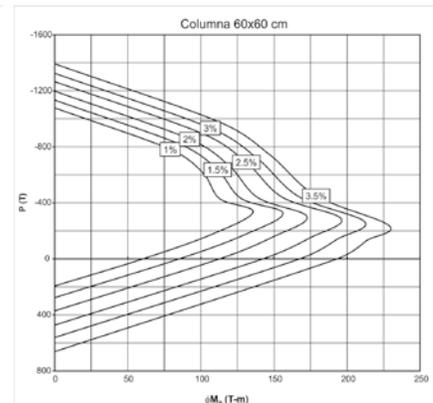
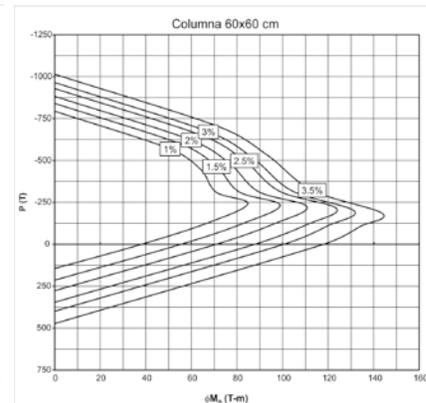
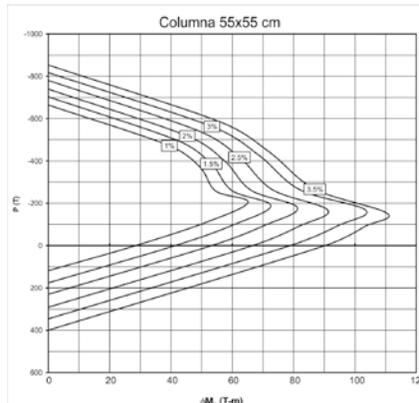
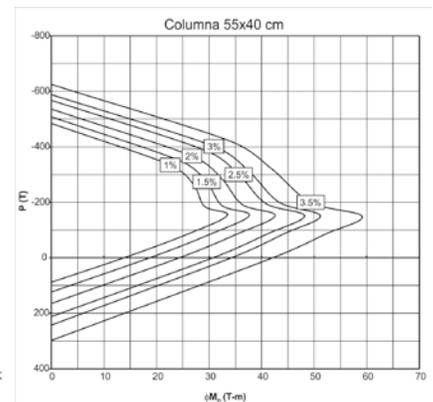
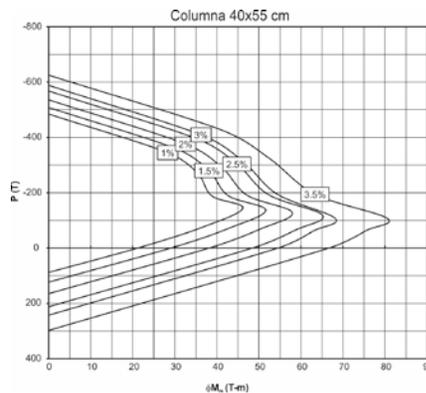
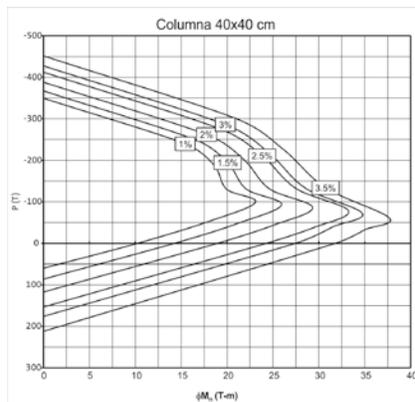


Figura 13.8 Diagramas de interacción de columnas

## Guía general para el dimensionamiento de vigas y selección de entrepisos

Los datos de entrada de las tablas de dimensionamiento de vigas son:

- La sobrecarga de diseño (carga permanente adicional al peso estructural más carga temporal).
- La longitud neta de la viga y la longitud tributaria de carga.

Con base en dicha información se pueden seleccionar vigas prefabricadas de sección Te (VT) o sección Torre (VTo) apropiadas para tomar las cargas. A continuación, se presenta una tabla con la descripción de las propiedades geométricas de cada tipo de viga.

Es importante tener en cuenta que las condiciones de apuntalamiento temporal durante el proceso constructivo tienen implicaciones sobre el desempeño estructural de las vigas. Por esto, en las tablas de dimensionamiento y selección se muestran opciones de diseños de vigas para diversos casos de apuntalamiento de los entrepisos de Losa Lex, a saber: a) sin apuntalamiento temporal y b) con apuntalamiento de la Losa Lex para el colado de la sobrelosa.

Para las vigas de carga se deben utilizar las tipologías descritas en las tablas de diseño, con referencia a la tabla de propiedades geométricas.

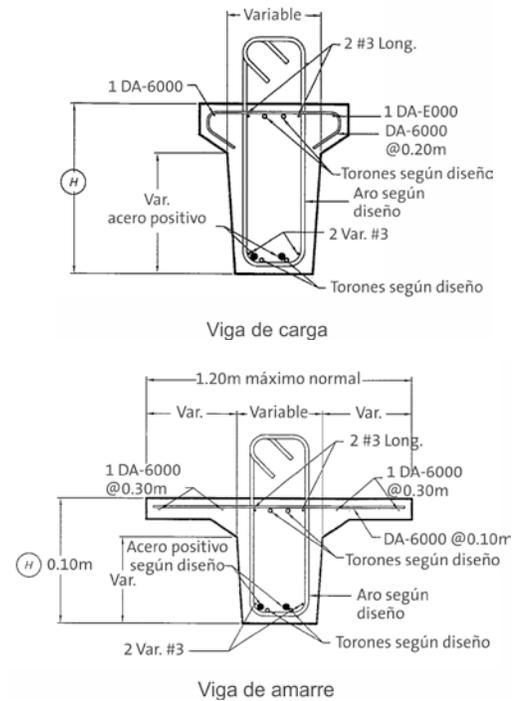


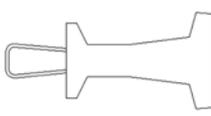
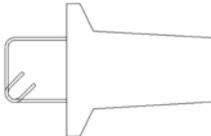
Figura 11.9 Secciones típicas de vigas de carga y amarre respectivamente

| Tabla 11.3 Vigas de entrepiso: propiedades geométricas de la tipología de vigas |              |                      |         |                         |                    |                                  |       |
|---|--------------|----------------------|---------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|-------|
| Tipología   | h cm         | Área cm <sup>2</sup> | y cm    | Inercia cm <sup>4</sup> | B <sub>ft</sub> cm | fM <sub>n</sub> <sup>+</sup> T-m |       |
| 1   | VTo 40-2A/2C | 40                   | 860.27  | 21.55                   | 133745             | 35                               | 25.5  |
| 2   | VTo 40-2A/4B | 40                   | 860.27  | 21.55                   | 133745             | 35                               | 34.1  |
| 3   | VTo 50-2A/3C | 50                   | 1308.5  | 22.51                   | 342839             | 35                               | 42.6  |
| 4   | VTo 50-2B/5C | 50                   | 1308.5  | 22.51                   | 342839             | 35                               | 59.8  |
| 5   | VTo 60-2A/4C | 60                   | 1458.5  | 26.88                   | 560333             | 35                               | 62.7  |
| 6   | VTo 60-2B/6C | 60                   | 1458.5  | 26.88                   | 560333             | 35                               | 77.8  |
| 7   | VTo 70-2A/4C | 70                   | 1608.5  | 31.37                   | 849808             | 35                               | 72    |
| 8   | VTo 70-2B/6C | 70                   | 1608.5  | 31.37                   | 849808             | 35                               | 97.2  |
| 9   | VTo 80-2B/5C | 80                   | 1758.5  | 35.95                   | 1219007            | 35                               | 97.3  |
| 10  | VTo 80-2C/7C | 80                   | 1758.5  | 35.95                   | 1219007            | 35                               | 119.9 |
| 11  | VTo 90-2B/5C | 90                   | 1908.5  | 40.59                   | 1675594            | 35                               | 108.9 |
| 12  | VTo 90-2C/7C | 90                   | 1905.5  | 40.59                   | 1675594            | 35                               | 141.1 |
| 1   | VT 30-2A/3B  | 30                   | 920.72  | 17.07                   | 73079              | 46.9                             | 22.6  |
| 2   | VT 40-2A/3B  | 40                   | 1201.17 | 22.51                   | 172136             | 48.1                             | 27.7  |
| 3   | VT 40-2B/3C  | 40                   | 1201.17 | 22.51                   | 172136             | 48.1                             | 37.1  |
| 4   | VT 50-2A/3C  | 50                   | 1493.17 | 27.91                   | 334472             | 49.2                             | 44.3  |
| 5   | VT 50-2B/4C  | 50                   | 1493.17 | 27.91                   | 334472             | 49.2                             | 56.4  |
| 6   | VT 60-2B/3C  | 60                   | 1796.72 | 33.32                   | 576707             | 50.4                             | 51.5  |
| 7   | VT 60-2C/5C  | 60                   | 1796.72 | 33.32                   | 576707             | 50.4                             | 79.3  |
| 8   | VT 70-2B/4C  | 70                   | 2111.83 | 38.75                   | 916448             | 51.5                             | 75.7  |
| 9   | VT 70-2C/5C  | 70                   | 2111.83 | 38.75                   | 916448             | 51.5                             | 91.4  |
| 10  | VT 80-2B/4C  | 80                   | 2438.5  | 44.22                   | 1372280            | 52.7                             | 85.4  |
| 11  | VT 80-2C/5C  | 80                   | 2438.5  | 44.22                   | 1372280            | 52.7                             | 103.6 |
| 12  | VT 90-2C/5C  | 90                   | 2776.72 | 49.73                   | 1963748            | 53.8                             | 115.8 |
| 13  | VT 90-2C/6C  | 90                   | 2776.72 | 49.73                   | 1963748            | 53.8                             | 135.3 |

**Nota:** Lectura de las tipologías: VT 50-2B/4C — Torones inferiores: A (torón de  $f = 3/8"$ ), B (torón de  $f = 1/2"$ ), C (torón de  $f = 0.6"$ )  
 Tipo de viga: VT (viga Te) ó VTo (viga Torre) — Torones superiores: A (torón de  $f = 3/8"$ ), B (torón de  $f = 1/2"$ ), C (torón de  $f = 0.6"$ )  
 Peralte en centímetros

La capacidad de momento positivo es al centro de la luz y se calcula suponiendo Losa Lex de 20 cm de peralte y una sobrelosa de 6 cm y un concreto de completamiento con  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

Tabla 11.4 Selección de vigas de carga

| Vigas de entrepiso   | Sobre-carga CP <sub>adic</sub> + CT kg/m <sup>2</sup> | Luz tributaria m | Altura del entrepiso cm | Tipología de pastilla sin apuntalamiento |     |      |      | Tipología de pastilla apuntalada para la sobrelosa |     |      |      | Tipología de pastilla apuntalada para la LosalEx |     |                |      |      |     |      |      |
|--|---|------------------|-------------------------|--|-----|------|------|--|-----|------|------|--|-----|----------------|------|------|-----|------|------|
|  |   |                  |                         | Luz de la viga                           |     | 11 m |      | Luz de la viga                                     |     | 10 m |      | 11 m   |     | Luz de la viga |      | 10 m |     | 11 m |      |
|  |   |                  |                         | 6 m                                      | 8 m | 10 m | 11 m | 6 m  | 8 m | 10 m | 11 m | 6 m  | 8 m | 10 m           | 11 m | 6 m  | 8 m | 10 m | 11 m |
| <b>Viga Torre (VTo)</b><br> | 400 <sup>1</sup>                                      | 6                | 15+6                    | 2  | 4   | 6    | 8    | 2  | 3   | 6    | 6    | 1  | 1   | 2              | 3    |      |     |      |      |
|  |   | 8                | 20+6                    | 3  | 6   | 10   | 12   | 3  | 5   | 8    | 10   | 1  | 2   | 3              | 4    |      |     |      |      |
|  |   | 10               | 25+6                    | 5  | 10  |      | 4    | 8  | 4   | 8    | 12   | 1  | 2   | 4              | 6    |      |     |      |      |
|  | 500 <sup>2</sup>                                      | 11               | 25+6                    | 6  | 10  |      | 4    | 8  | 4   | 8    |      | 1  | 2   | 4              | 6    |      |     |      |      |
|  |   | 6                | 15+6                    | 2  | 4   | 6    | 8    | 2  | 4   | 6    | 8    | 1  | 1   | 3              | 4    |      |     |      |      |
|  |   | 8                | 20+6                    | 4  | 6   | 10   | 12   | 3  | 6   | 10   | 12   | 1  | 2   | 4              | 4    |      |     |      |      |
|  | 600 <sup>3</sup>                                      | 10               | 25+6                    | 5  | 10  |      | 4    | 8  | 4   | 8    |      | 1  | 2   | 4              | 6    |      |     |      |      |
|  |   | 11               | 25+6                    | 6  | 10  |      | 4    | 9  | 4   | 9    |      | 1  | 3   | 5              | 6    |      |     |      |      |
|  |   | 6                | 15+6                    | 2  | 4   | 6    | 8    | 2  | 4   | 6    | 8    | 1  | 1   | 3              | 4    |      |     |      |      |
|  | 700 <sup>4</sup>                                      | 8                | 20+6                    | 4  | 6   | 10   |      | 3  | 6   | 10   | 12   | 1  | 2   | 4              | 4    |      |     |      |      |
|  |   | 10               | 25+6                    | 6  | 10  |      | 4    | 8  | 4   | 8    |      | 1  | 3   | 5              | 6    |      |     |      |      |
| 11   |   | 25+6             | 7                       | 13                                       |     | 5    | 11   | 5  | 11  |      | 1    | 3  | 5   | 7              |      |      |     |      |      |
| <b>Viga Te (VT)</b><br>    | 400 <sup>1</sup>                                      | 6                | 15+6                    | 3  | 5   | 9    | 11   | 2  | 4   | 7    | 9    | 1  | 1   | 3              | 4    |      |     |      |      |
|  |   | 8                | 20+6                    | 5  | 9   | 13   |      | 4  | 7   | 12   | 13   | 1  | 2   | 4              | 5    |      |     |      |      |
|  |   | 10               | 25+6                    | 7  | 12  |      | 5    | 11   | 7   | 11   |      | 1  | 3   | 5              | 7    |      |     |      |      |
|  | 500 <sup>2</sup>                                      | 11               | 25+6                    | 7  | 13  |      | 7    | 11   | 7   | 11   |      | 1  | 3   | 5              | 7    |      |     |      |      |
|  |   | 6                | 15+6                    | 3  | 7   | 9    | 11   | 2  | 5   | 7    | 10   | 1  | 1   | 4              | 5    |      |     |      |      |
|  |   | 8                | 20+6                    | 5  | 9   | 13   |      | 4  | 7   | 12   | 13   | 1  | 2   | 5              | 7    |      |     |      |      |
|  | 600 <sup>3</sup>                                      | 10               | 25+6                    | 7  | 12  |      | 5    | 11   | 5   | 11   |      | 1  | 3   | 7              | 7    |      |     |      |      |
|  |   | 11               | 25+6                    | 7  | 13  |      | 7    | 12   | 7   | 12   |      | 1  | 3   | 7              | 9    |      |     |      |      |
|  |   | 6                | 15+6                    | 3  | 7   | 9    | 12   | 2  | 5   | 8    | 11   | 1  | 2   | 4              | 5    |      |     |      |      |
|  | 700 <sup>4</sup>                                      | 8                | 20+6                    | 5  | 9   | 13   |      | 4  | 7   | 12   | 13   | 1  | 3   | 5              | 7    |      |     |      |      |
|  |   | 10               | 25+6                    | 7  | 12  |      | 5    | 11   | 7   | 12   |      | 1  | 3   | 7              | 9    |      |     |      |      |
| 11   |   | 25+6             | 7                       | 13                                       |     | 7    | 12   | 7  | 12  |      | 1    | 4  | 7   | 9              |      |      |     |      |      |

**Estructuras de referencia para cada tipo de carga:**

1 Habitacional, parques, azoteas. 2 Oficinas. 3 Oficinas de alta densidad, centros comerciales mercancía ligera, bodegas, cines, templos, gimnasios, teatros. 4 Centros comerciales mercancías con peso intermedio, bibliotecas, estadios, archivos.

**Nota:** Supuestos: CP<sub>adic</sub> de 200 kg/m<sup>2</sup> general y de 100 kg/m<sup>2</sup> para parques. Se utiliza un factor de carga general de 1.40 para demanda última. Se utiliza un factor de continuidad de -0.65 (razón entre el momento de continuidad en extremos y el momento máximo simplemente apoyado). Se supone el concreto de completamiento de f<sub>c</sub> = 280 kg/cm<sup>2</sup>. La capacidad de momento positivo es al centro de la luz y se calcula suponiendo Losa lex de 20 cm de peralte y una sobrelosa de 6 cm.

## 11.5 La construcción y detallado de edificios prefabricados

A continuación, se presentan recomendaciones de diseño, detallado y construcción de edificios con entresijos prefabricados:

1. Se debe hacer lo posible por modular el entresijo de manera que no haya cortes longitudinales de Losa Lex (medias losas) ni “cuchillas” en planta.
2. Es posible modificar el ancho superior de las vigas de amarre o montar la Losa Lex sobre ellas para tratar de utilizar solamente piezas completas de esta losa.
3. Es conveniente que el peralte de las vigas de amarre tenga 10 cm menos que el peralte de las vigas de carga, de manera que se evite el choque del refuerzo inferior en el nudo.
4. El apoyo temporal de las vigas en las columnas debe hacerse preferiblemente mediante un capitel, que debe tener un angular dispuesto para soldar el herraje previsto en las vigas para tal efecto. También se pueden apoyar las vigas mediante otros detalles, tales como herrajes soldados en aceros de sacrificio en la columna.
5. Se debe procurar disminuir al máximo el apuntalamiento intermedio de las vigas para incrementar la eficiencia en el montaje. De esta forma se obtiene el mayor provecho posible del preesforzado.
6. El apuntalamiento lateral para evitar el vuelco de las vigas por carga excéntrica durante el proceso constructivo será el que resulte del análisis, pero deberá ser mínimo de dos puntales 4x por cada lado. Cuando no se pueda apuntalar lateralmente apoyándose en las alas de la viga, se deben emplear los ductos de 2,50 cm de diámetro previstos en las vigas para colocar en sitio pines #6 para tal efecto.
7. La cuadrilla típica para montar un entresijo son dos personas para bajar las piezas del camión, dos para el montaje y dos para soldar y apuntalar.
8. Debe evitarse en la medida de lo posible el uso de collarines de acero (ménsulas provisionales ancladas a las columnas mediante pernos en ductos previstos en la colada de estas). Se requieren cuatro personas adicionales para la colocación de los ductos, además de que estos elementos normalmente se mueven durante el colado de la columna.
9. Antes de empezar el diseño es conveniente determinar la secuencia de montaje, para evitar problemas con la posición de los aceros que salen una vez que las piezas están en sitio.
10. Es conveniente que las vigas tengan dientes de corte en sus extremos, ya que mejora su desempeño.
11. Es posible considerar una reducción en la demanda de momento en los extremos (de acuerdo con las condiciones de apuntalamiento supuestas), debido a que la viga toma ciertas cargas simplemente apoyada. Esto puede ayudar a reducir el acero negativo en los extremos y, consecuentemente, la demanda de cortante por capacidad.
12. Es conveniente revisar la posición de las gajas de izaje respecto a la distribución de los aros para evitar que estos se doblen excesivamente durante el montaje.
13. Cuando se requieran pasantes mecánicos en las vigas, es conveniente ubicarlos en los tercios de la viga para evitar problemas con el cortante. Además, deben reforzarse adecuadamente.

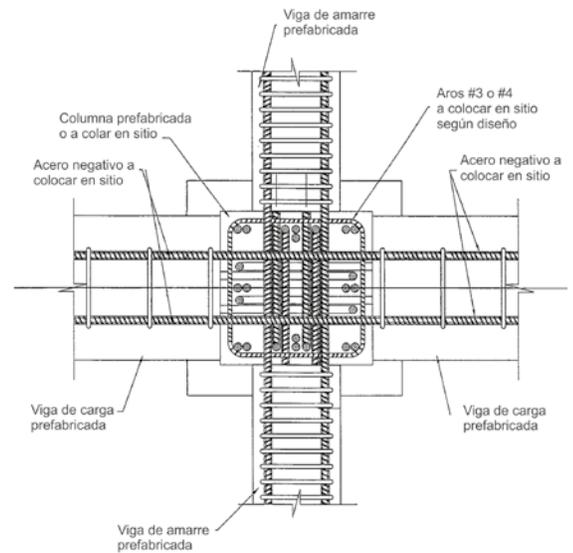


Figura 11.10 Detalle típico de nudo

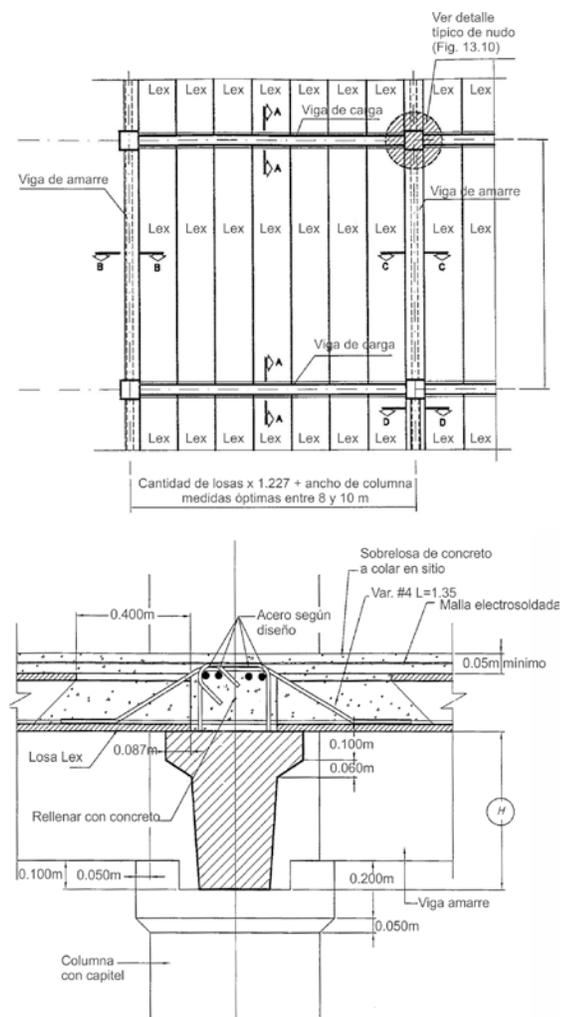


Figura 11.11 Planta típica de entresijos y sección A-A conexión de la viga de carga con el entresijo.

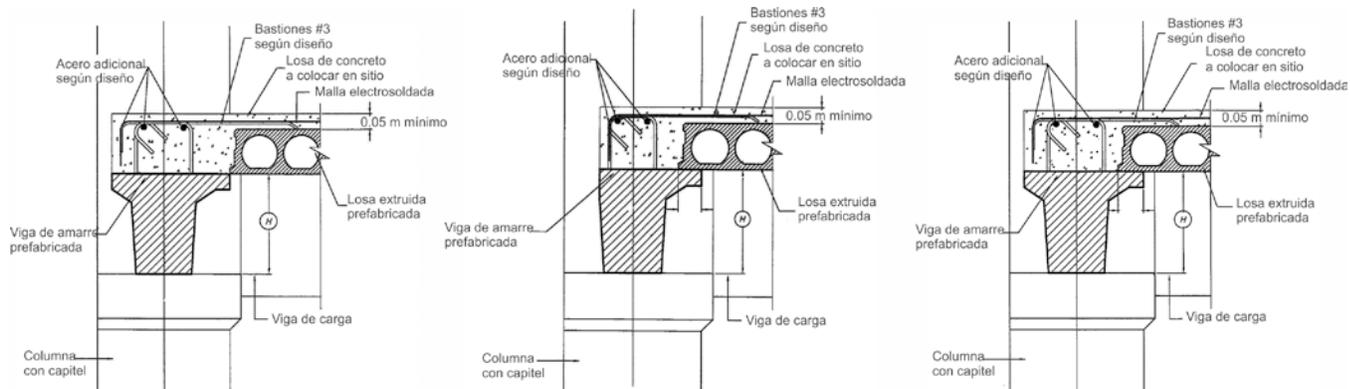


Figura 11.12 Secciones B-B, opciones 1, 2 y 3 de conexión viga de amarre lateral - entrepiso

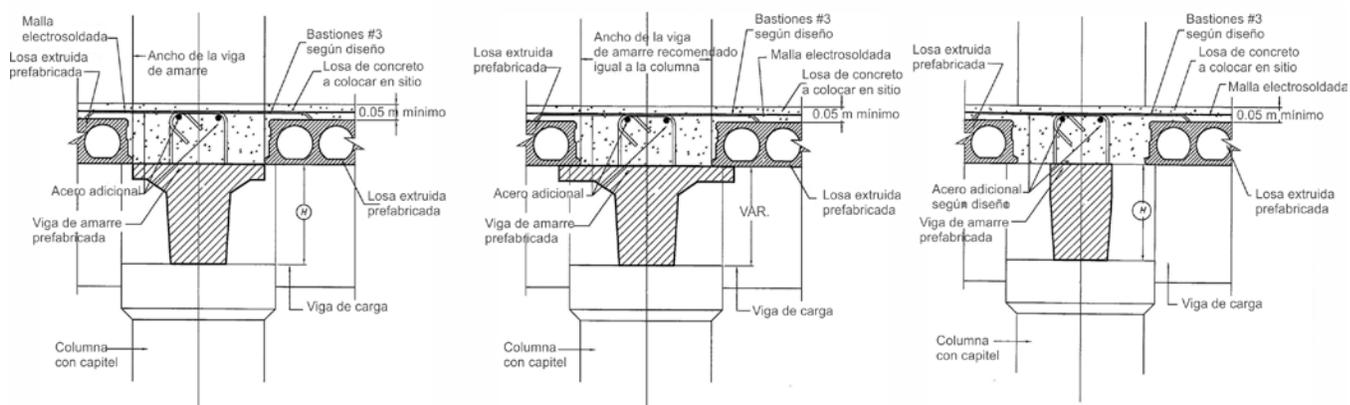


Figura 11.13 Secciones C-C, opciones 1, 2 y 3 de conexión viga de amarre central - entrepiso

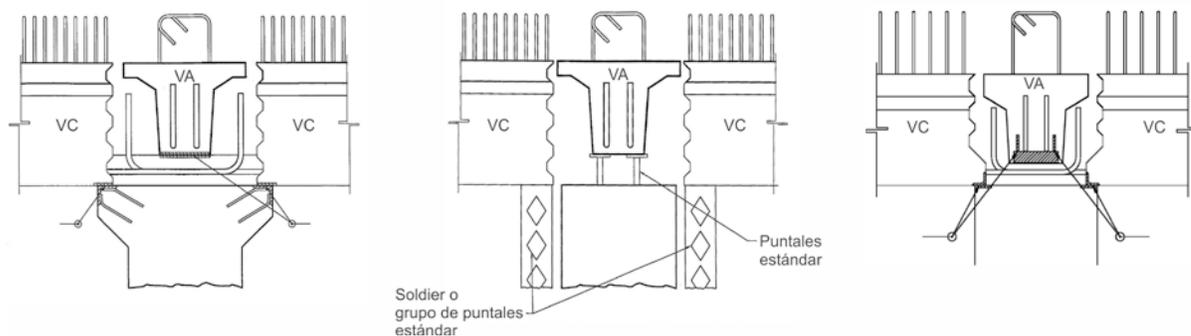


Figura 11.14 Sistemas de apoyo temporal de vigas en columnas

14. Revisar con el ingeniero residente el peso probable de las vigas antes de empezar el diseño, para verificar que se pueda manipular en sitio con el equipo que se prevea utilizar.
15. La Losa Lex debe llevar siempre bastiones de conexión a la viga como se indica en los detalles de este manual.
16. Es conveniente detallar ménsulas para el apoyo de la Losa Lex en la llegada de muros. También es posible la transferencia de carga por el mecanismo de cortante-fricción.
17. De requerirse un pasante mecánico grande en la Losa Lex (más de 20 cm), se debe solicitar y detallar una viga de borde que tome la carga que lleva dicha losa en este punto.
18. Cuando se estén utilizando columnas coladas en sitio, se debe tener cuidado con la madurez del concreto a la hora de cargar las columnas. Lo ideal es que el concreto tenga una resistencia mínima de 140 kg/cm<sup>2</sup> para colocar las vigas, aunque esta condición debe revisarse para cada caso particular.
19. Cuando se estén apuntalando las vigas en los extremos o en el centro, se debe mantener por lo menos dos pisos apuntalados a la vez, para dar tiempo al piso superior de alcanzar resistencia para tomar las cargas. Se debe verificar cada caso particular.

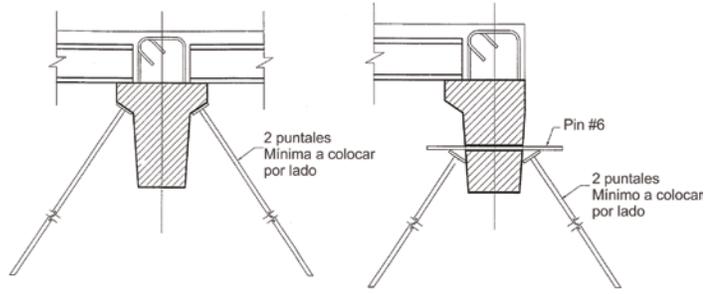


Figura 11.15 Apuntalamiento lateral

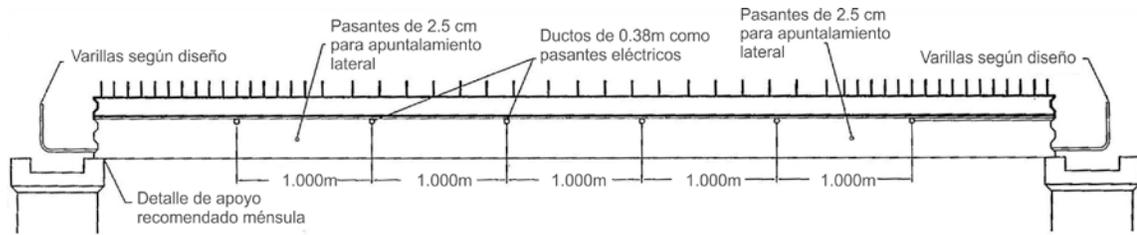


Figura 11.16 Vista longitudinal de viga de amarre, ubicación estándar de pasantes

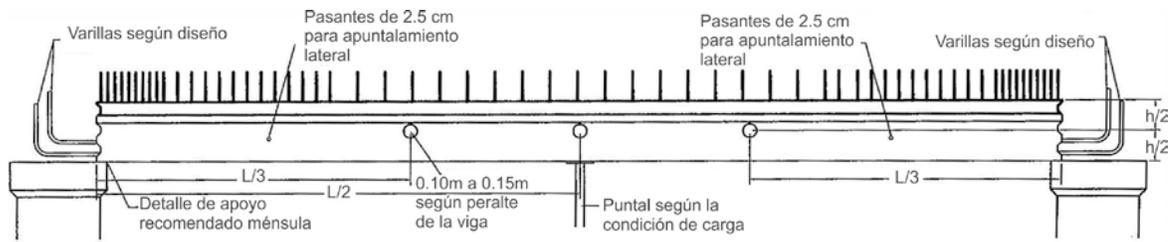


Figura 11.17 Vista longitudinal de viga de carga, ubicación estándar de pasantes