



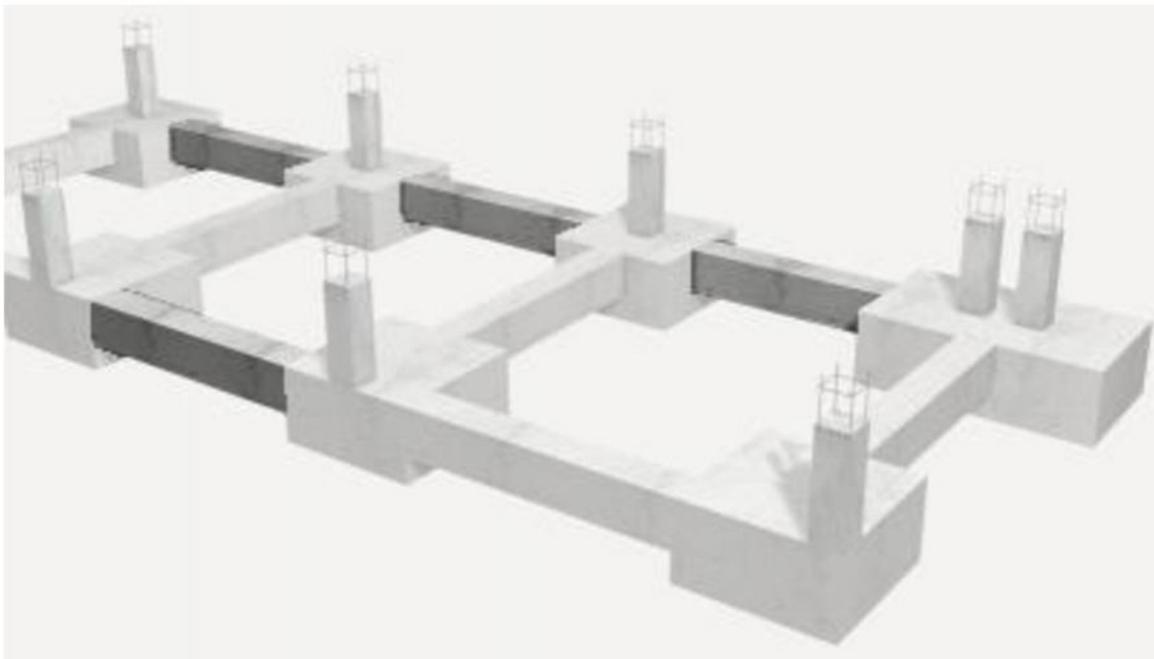
## CAPÍTULO OCHO

# FUNDACIONES

### 8.1 INTRODUCCIÓN

Dentro de las fundaciones tenemos Zapatas Aisladas y Combinadas, además de las vigas de fundación que vinculan cada uno de estos elementos, requerimiento especificado en la normativa INPRES-CIRSOC 103.

No se separó las Cimentaciones en las juntas Sísmicas, que dividen a los diversos bloques estructurales, ya que no es un requerimiento de diseño necesario. En la figura 8.1 se muestra el esquema adoptado para las fundaciones.

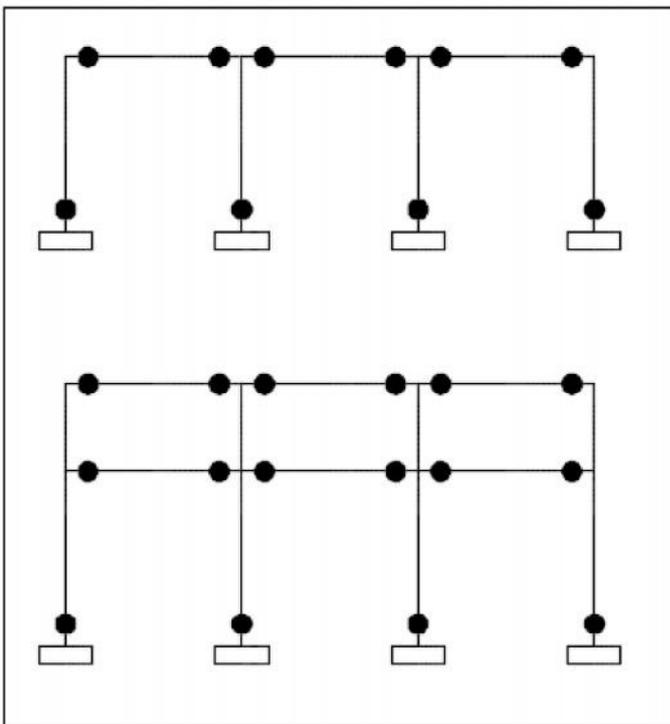


▲ Figura 8.1



## 8.2 SOLICITACIONES POR CRITERIOS DE CAPACIDAD

Las solicitaciones en vigas de fundación se determinaron mediante criterios de capacidad, a partir de los modelos de cálculo adoptados, se diseñó la estructura colocando las rotulas plásticas en la parte inferior de las columnas (Fig. 6.1), para evitar que las Cimentaciones trabajen con momentos flectores externos, se diseñó a las vigas de fundación con la resistencia y ductilidad necesarias para absorber estas solicitaciones. Logrando con ellos que las Bases trabajen a Compresión Centrada.



▲ Figura 6.1 (Repetición)

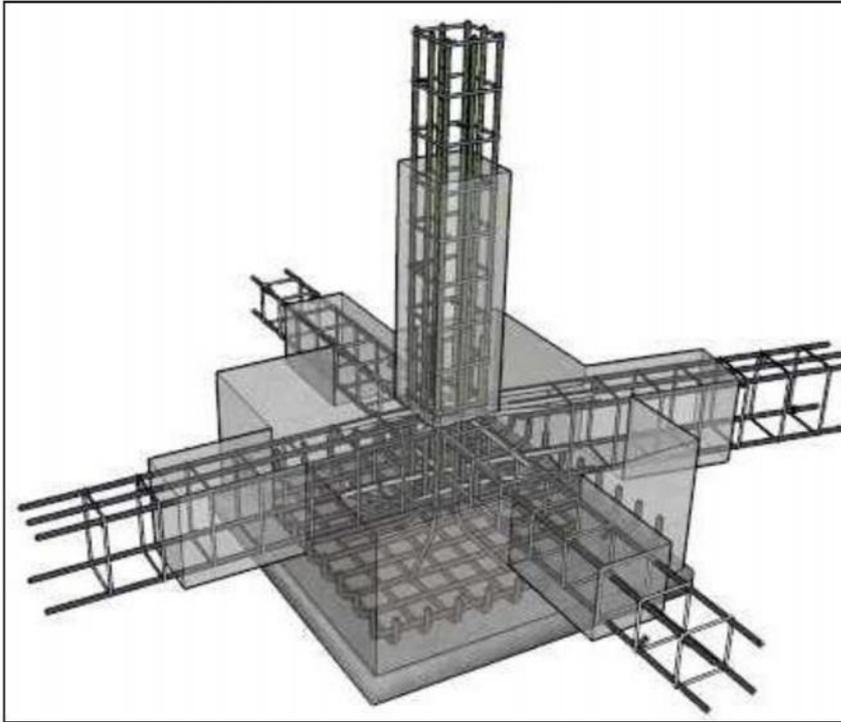
En las figuras 8.2 y 8.3 se muestran las Bases Aisladas y Combinadas con sus correspondientes vigas de fundación, es importante recalcar que la normativa vigente en el país, estipula que los Arriostramientos deben vincularse a la base aislada, entre su plano de fundación y su coronamiento, a continuación se transcribe lo que señala el citado reglamento:

### **9.2.4. Arriostramiento de fundaciones**

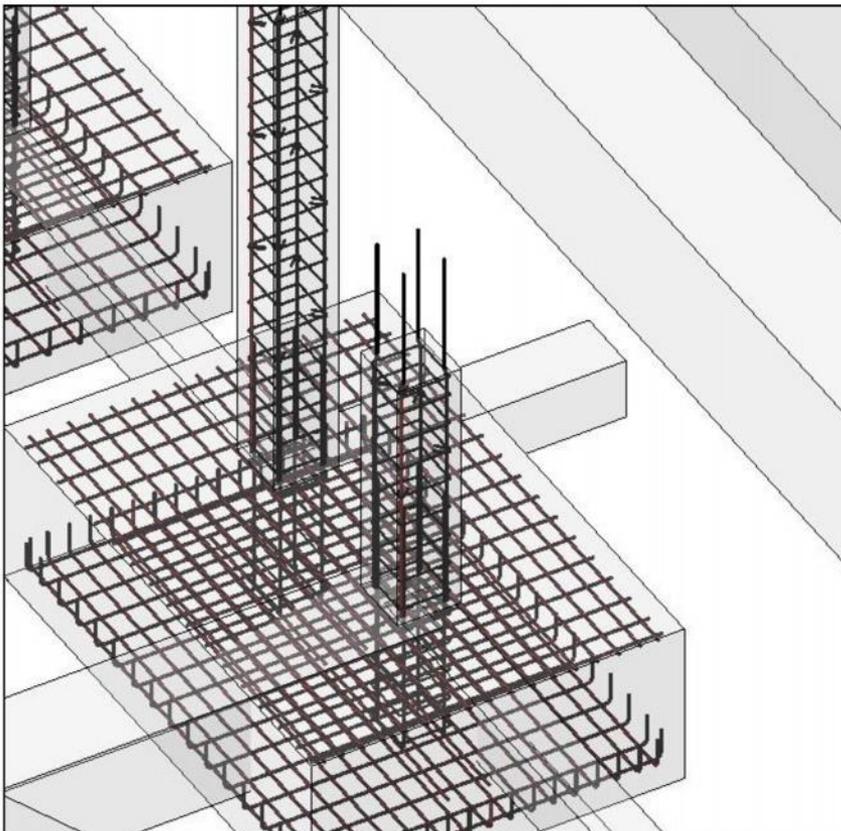
*Las fundaciones estructuralmente aisladas (bases, pilotes, cilindros) deben vincularse mediante un sistema de arriostramiento que limite los desplazamientos relativos entre los puntos de apoyo de la superestructura, en ambas direcciones de análisis.*

*Los arriostramientos deben ubicarse al nivel de los cabezales de las fundaciones profundas o entre el coronamiento y el plano de fundación de las bases y zapatas.*





▲ Figura 8.2



▲ Figura 8.3





### 8.3 CRITERIOS DE CÁLCULO

Se consideraron las especificaciones del INPRES – CIRSOC 103 y del CIRSOC 201 para el diseño y dimensionamiento tanto de las vigas de fundación como de las bases.

Los detalles de armadura y dimensiones, son señalados en los correspondientes planos estructurales de Fundaciones. Se diseñaron las cimentaciones para que trabajen con un comportamiento semirrígido, es importante remarcar que fue muy importante utilizar zapatas de altura uniforme para reducir la cuantía mínima de acero al 0.0018, la cual se determina en función de la altura importante de la base (debido a la viga de fundación).

#### 8.3.1 Criterios INPRES – CIRSOC 103

El proyecto de fundaciones deberá realizarse de acuerdo con principios establecidos de la Mecánica de Suelos, basados en la capacidad de carga (carga última) de las mismas o en el control de deformaciones.

Los reglamentos específicos o la Autoridad de Aplicación correspondientes establecerán la extensión y el alcance de los estudios de suelo a realizar para el proyecto de fundaciones en cada jurisdicción. Para construcciones eximidas de estudios geotécnicos la Autoridad de Aplicación definirá los parámetros para el diseño de las fundaciones.

##### 8.3.1.1 Capacidad del suelo de fundación

La evaluación de la capacidad del suelo tomará en cuenta la cercanía a los límites del predio y la superposición de efectos con otras fundaciones.

Se admite adoptar una distribución uniforme de presiones en estado último, cuya resultante debe pasar por el punto de aplicación de la acción. Para cada combinación de cargas se debe cumplir:

$$Su \leq \phi Sn$$

Para combinaciones de acciones que no incluyen sismo  $\phi = 0,4$

Para combinaciones de acciones que incluyen sismo  $\phi = 0,7$

Si las solicitaciones en las fundaciones se determinan a partir de las condiciones de diseño por capacidad en la superestructura, se puede adoptar  $\phi = 1$  en las combinaciones que incluyan sismo. El límite superior de las solicitaciones son las correspondientes al comportamiento elástico del sistema estructural.

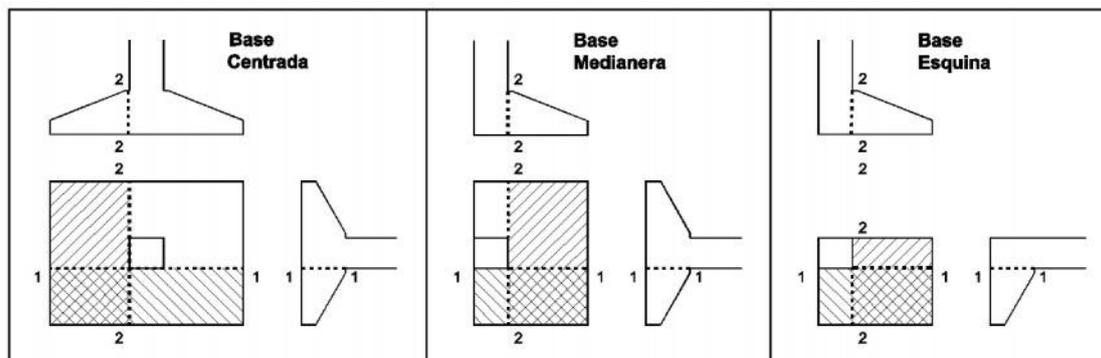


### 8.3.2 Criterios CIRSOC 201

Es importante remarcar que para todas las especificaciones que no son señaladas en el INPRES CIRSOC 103, nos debemos remitir al CIRSOC 201. A continuación serán remarcadas las especificaciones más importantes.

#### 8.3.2.1 Secciones críticas

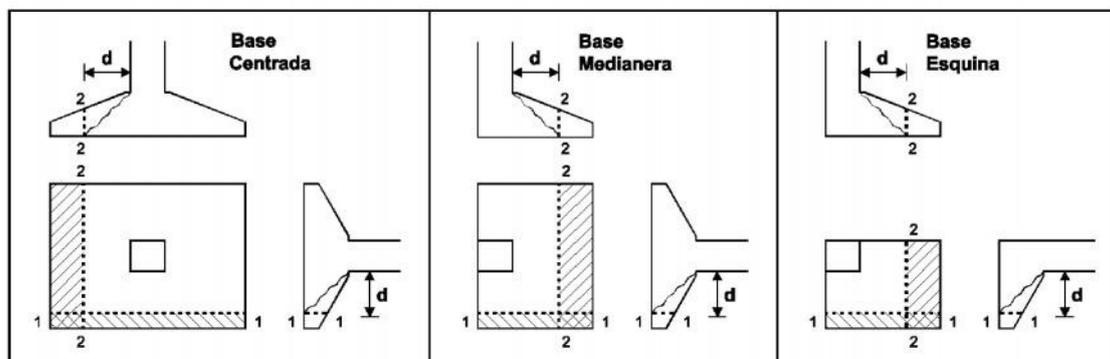
En todas las figuras las secciones críticas se indican en línea de puntos y las áreas rayadas representan la superficie de acción de reacciones del suelo a considerar en cada sección crítica.



▲ Figura 8.4

Las secciones críticas para flexión son planos verticales que pasan por las caras de la columna (Figura 8.4). Se trata en definitiva de líneas de rotura que pasan tangentes a las caras de la columna.

#### 8.3.2.2 Corte



▲ Figura 8.5

El CIRSOC 201-2005, artículo 11.1.3.1, indica que las secciones críticas para el corte, en las condiciones de carga de los elementos estructurales en estudio, se deben ubicar a una distancia "d" de las caras de las columnas (Figura 8.5).

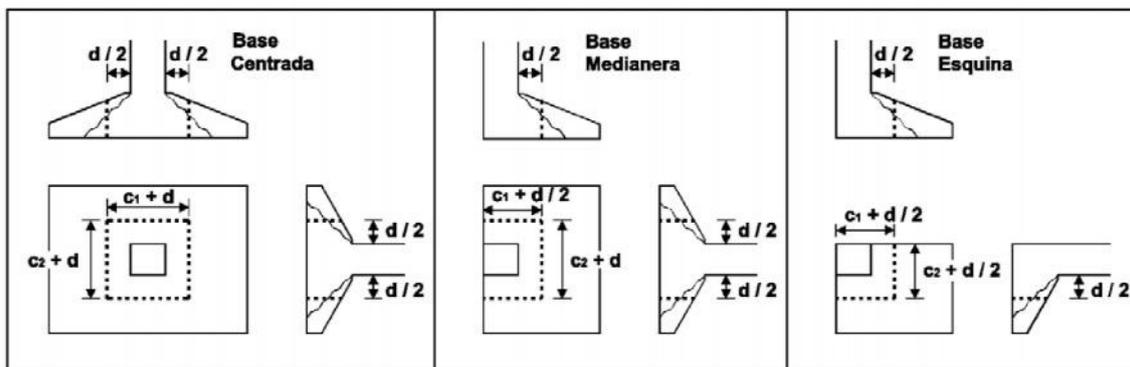
En la bibliografía se indica que en elementos sin armadura de alma, la resistencia al corte puede suponerse compuesta por:

- El aporte de la zona de hormigón comprimido
- El efecto pasador de las armaduras de flexión (dowel action)
- El efecto de engranamiento de agregados en la zona fisurada (aggregate interlock)

Los ensayos que se han venido realizando en los últimos treinta años muestran que el aporte de la zona comprimida, aún cerca de la rotura, representa solamente alrededor del 25% de la resistencia total al corte. Las secciones resistentes al corte mostradas en la Figura 8.5 presentan su menor ancho en la zona comprimida y anchos crecientes al aproximarse a las armaduras.

### 8.3.2.3 Punzonamiento

El CIRSOC 201-2005, artículo 11.12.1.2, indica que a los efectos del cálculo, los perímetros críticos pueden tomarse a una distancia no menor que  $d/2$  del perímetro de las columnas. Se admite no redondear los perímetros críticos alrededor de las esquinas de las columnas. De esta forma, los perímetros críticos resultantes son los mostrados en la Figura 8.6.



▲ Figura 8.6

La carga efectiva de Punzonamiento puede calcularse bien considerando la reacción del suelo que se encuentra por fuera del perímetro crítico o bien como la carga de la columna descontada de la reacción del suelo que se encuentra encerrada por el perímetro crítico.





Las columnas medianeras y de esquina presentan una resultante de las tensiones de contacto en el terreno que no se encuentra alineada con el eje de la columna. En estas condiciones se hace necesario transferir un momento entre la base y la columna. El CIRSOC 201-2005 indica dos caminos a seguir cuando actúan momentos. El más sencillo, artículo 13.5.3.3, consiste en limitar la capacidad resistente al Punzonamiento al 75% del aporte del hormigón para bases medianeras y al 50% para bases de esquina. El segundo camino trata el tema mediante un análisis de distribución de tensiones similar al visto en Resistencia de Materiales para el tratamiento de la flexión compuesta. Este segundo enfoque es extremadamente laborioso por lo que aquí se ha adoptado el primero de ellos.

El valor de "Vc" se calcula utilizando las siguientes expresiones (artículo 11.12.2.1):

$$V_c \leq \begin{cases} V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{6} \\ V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{12} \\ V_c = \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{3} \end{cases}$$

La primera de estas expresiones es de aplicación cuando  $\beta > 2$  mientras que la última es válida cuando  $\beta \leq 2$

donde

- $\beta$  : Relación entre el lado mayor y el lado menor de la columna
- $\alpha_s$  :  $\begin{cases} 40 \text{ para bases centradas} \\ 30 \text{ para bases medianeras} \\ 20 \text{ para bases de esquina} \end{cases}$
- $b_o$  : Perímetro de la sección crítica, en [mm]
- $d$  : Altura útil en la sección crítica, en [mm]
- $\sqrt{f'_c}$  :  $f'_c$  en [MPa], el resultado de la raíz en [MPa]



