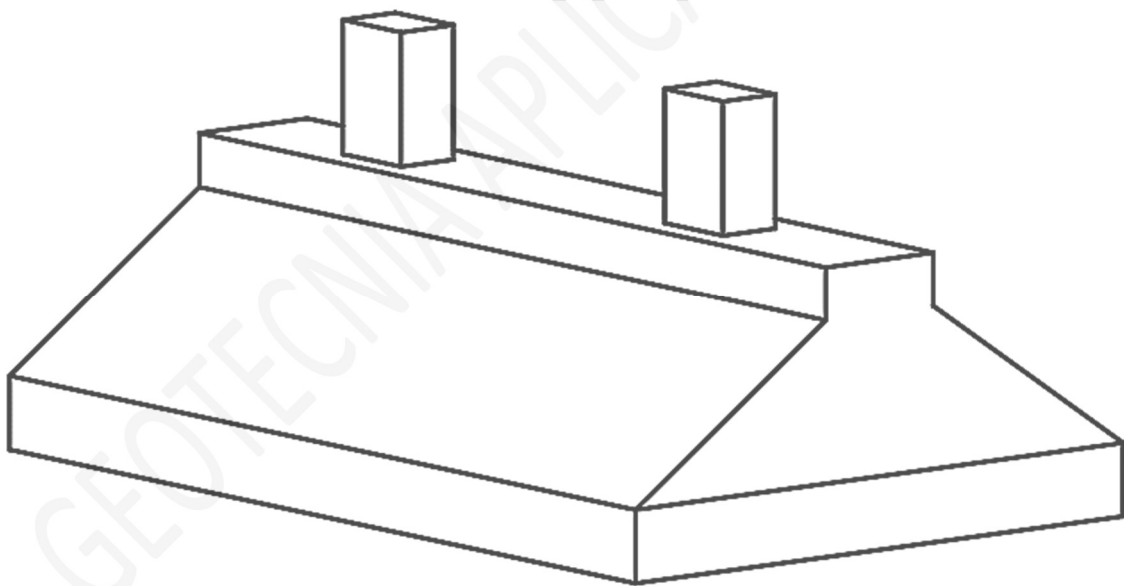
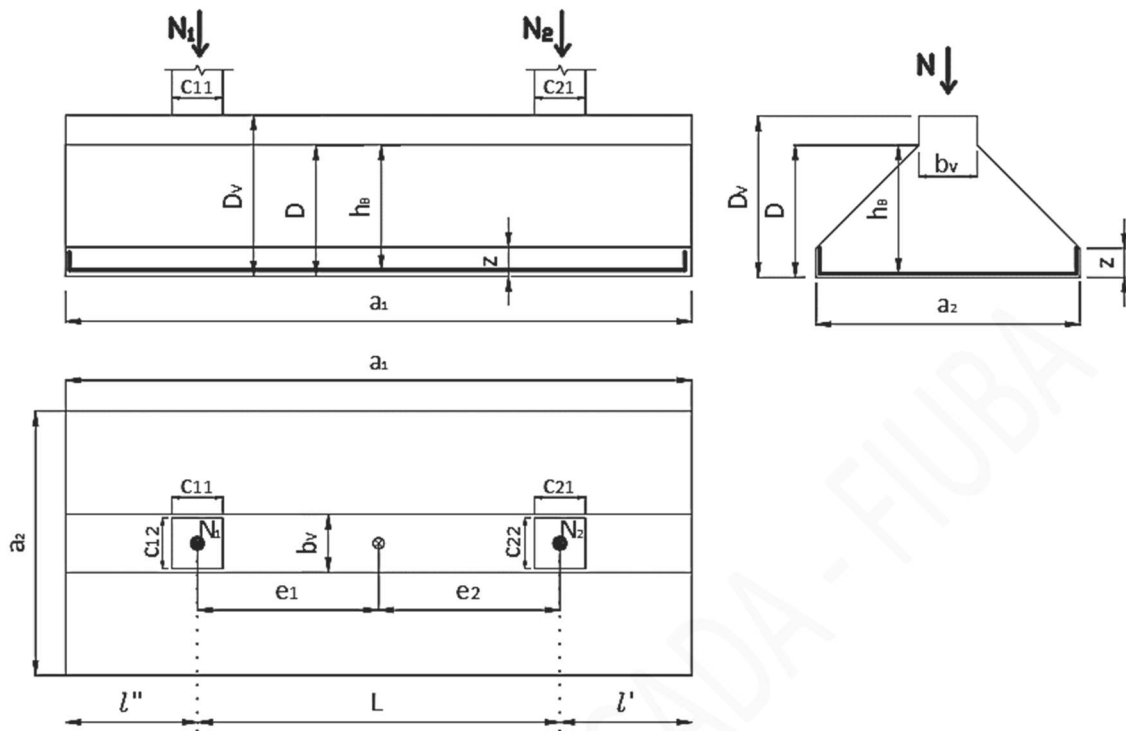


FUNDACIONES SUPERFICIALES

BASE COMBINADA



BASE COMBINADA



1. GEOMETRÍAS DE LA BASE Y LA VIGA

El **área de la base** se determinará a partir de las cargas en servicio y de la tensión admisible del terreno mediante la siguiente expresión.

$$A_{nec} = \frac{\alpha \cdot (N_1 + N_2)}{\sigma_{adm}}$$

El coeficiente α considera el peso del terreno por encima de la base y el peso propio de esta. Para este tipo de bases podrá estimarse como el 10% de la carga vertical. Es decir:

$$\alpha = 1,10$$

Una vez adoptados los lados de la base se procede a dimensionar los voladizos. El objetivo del diseño es obtener una base en la que el baricentro geométrico de la base coincida con el centro de presiones. Para ello se plantean las siguientes expresiones:

$$e_1 = \frac{N_2 \cdot L}{N_1 + N_2}$$

$$e_2 = L - e_1 = \frac{N_1 \cdot L}{N_1 + N_2}$$

$$l' = \frac{a_1}{2} - e_2$$

$$l'' = a_1 - L - l'$$

Una vez determinados las dimensiones de la base y la longitud de los voladizos, se procede a calcular las restantes dimensiones:

- Ancho de la viga: $b_v = \max (c_{12}, c_{22}) + 2 \cdot r_b$
- Altura total de la base: $D = \frac{a_2 - b_v}{3}$
- Altura del zócalo: $z = \max \left[25 \text{ cm} ; \frac{D}{5} \right]$
- Altura de la viga: $D_{V_{min}} = D + \frac{b_v}{2}$

Se recomienda que $D_v \geq L/3$

Con los parámetros geométricos calculados, se deberá verificar la rigidez de la base teniendo en cuenta las siguientes condiciones de rigidez:

- $L/L_0 \leq \pi/2$
- $l'/L_0 \leq \pi/4$
- $l''/L_0 \leq \pi/4$

Donde L_0 es la longitud característica calculada como:

$$L_0 = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E_c \cdot J_i}{k_s \cdot b_i}}$$

Donde:

E_c : Módulo de elasticidad del Hormigón

J_i : Módulo de inercia en la dirección considerada

k_s : Coeficiente de balasto

b_i : Ancho de contacto ante la dirección considerada

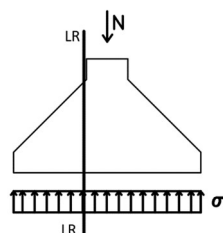
2. DISEÑO DE REFUERZOS ESTRUCTURALES

El diseño de los refuerzos estructurales se efectuará mediante los estados límites últimos de cargas. Las cargas y combinaciones de carga respetarán en todo momento lo establecido por el reglamento CIRSOC 201-2005.

Las tensiones en las armaduras se determinarán mediante el método de líneas de rotura, cabe destacar que, debido al procedimiento constructivo, el peso propio de la base no genera tensiones en las armaduras y por ende no se deberá tener en cuenta para el diseño de los refuerzos estructurales.

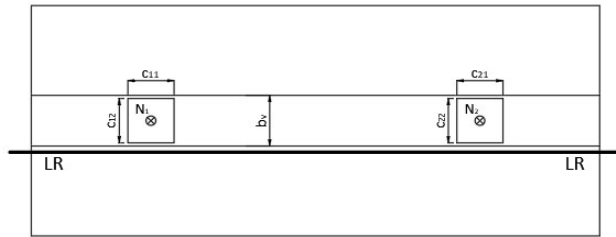
Cálculo de tensiones “últimas” en el terreno:

$$\sigma^o = \frac{N_{1u} + N_{2u}}{a_1 \cdot a_2}$$



- Determinación de los momentos respecto de la línea de rotura:

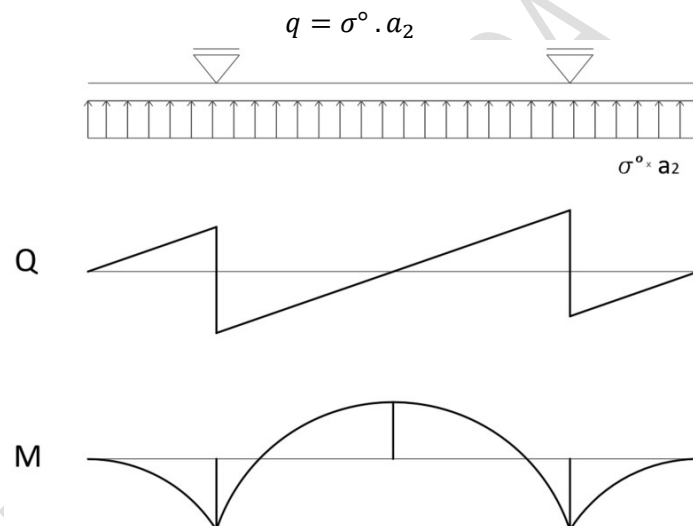
$$M_{LR} = \frac{(a_2 - b_v)^2}{8} \cdot a_1 \cdot \sigma^o$$



Una vez determinado el momento en la línea de rotura se dimensionará a flexión simple la sección transversal, determinando los refuerzos. En la dirección perpendicular se colocará como armadura de repartición un 20% de la armadura determinada para la línea de rotura.

Los refuerzos estructurales de la viga se determinarán en función de los diagramas de característica. Los diagramas siguen una distribución como la que se muestra a continuación, aunque los valores dependan de las condiciones iniciales.

Los diagramas siguen una distribución como la que se muestra a continuación. La “carga distribuida” se obtiene multiplicando por el lado a_2 de la base la tensión en el suelo para cargas mayoradas. Luego se dimensiona la viga a flexión y corte.



Expresión simplificada para el cálculo de los refuerzos estructurales en elementos flexionados:

$$A_s = \frac{1,20 \cdot M}{0,80 \cdot h \cdot \phi \cdot f_y}$$

3. CASOS PARTICULARES:

BASES COMBINADAS NO RECTANGULARES

Las bases combinadas no necesariamente tienen que ser rectangulares. Se recomienda que presenten esta geometría debido al inconveniente que conlleva la ejecución de aquellas de planta trapezoidal. En las bases no rectangulares, las armaduras necesariamente deberán ser de longitud variable. Se utilizan en raras ocasiones en las que se busca hacer coincidir el baricentro geométrico con el punto de aplicación de las cargas. La determinación de los parámetros geométricos de la base y sus refuerzos estructurales requiere un análisis más detallado debido a la complejidad de la misma, pero presentan la ventaja de asumir tensiones uniformes en el terreno.

BASES COMBINADAS NO RÍGIDAS

Este tipo de bases combinadas recibe el nombre de **soleras flexibles**. Como su nombre lo indica, se trata de una fundación flexible. En estos casos, la hipótesis asumida que las tensiones en el suelo tienen una variación lineal no se cumple. Para determinar la rigidez de la estructura, deberá estudiarse la rigidez relativa entre el suelo y la estructura. Para ello, es necesario calcular la longitud característica, parámetro que relaciona dichas rigideces, es decir, especifica la interacción suelo estructura.

La longitud característica se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$L_0 = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E_c \cdot J_i}{k_s \cdot b_i}}$$

Donde:

E_c : Módulo de elasticidad del Hormigón

J_i : Módulo de inercia en la dirección considerada

k_s : Coeficiente de balasto

b_i : Ancho de contacto ante la dirección considerada

Conocido el valor de L , es decir, la separación entre columnas es posible realizar la siguiente caracterización de las fundaciones:

Rígida: $L \leq \frac{\pi}{2} \cdot L_0$

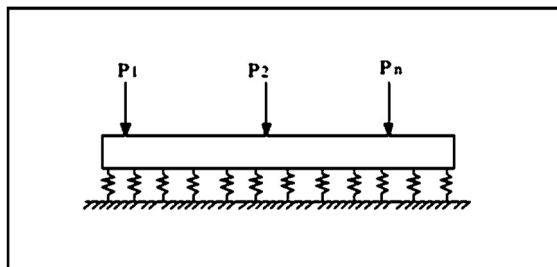
Semirrígida: $\frac{\pi}{2} \cdot L_0 \leq L \leq \pi \cdot L_0$

Flexible: $\pi \cdot L_0 \leq L \leq 2 \pi \cdot L_0$

Muy Flexible: $2 \pi \cdot L_0 \leq L$

Este tipo de fundación se estudia como una de las aplicaciones de la teoría elástica, que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación de una estructura en relación con el suelo sobre el cual está asentada. Para ello, se trata de representar al suelo como un lecho conformado por varios resortes elásticos independientes, idea original concebida por **Winkler** (1867).

El **modelo** se basa en la **discretización del suelo** donde apoya la fundación en pequeños elementos. La cantidad de elementos en los cuales se discretiza dependerá de la precisión requerida en el análisis.



Para cada nudo se **deben buscar las distintas constantes de los “resortes” (K) a partir del coeficiente de balasto (k_s) adoptado según el tipo de suelo y teniendo en cuenta la separación entre nudos (Δx) y el ancho de la zapata (b). Luego de conocer estos valores se obtienen las solicitaciones y se dimensiona la fundación.**

$$K = \Delta x \cdot b \cdot k_s$$

BASES COMBINADAS CON LIMITACIÓN DEL LARGO DE LOS VOLADIZOS

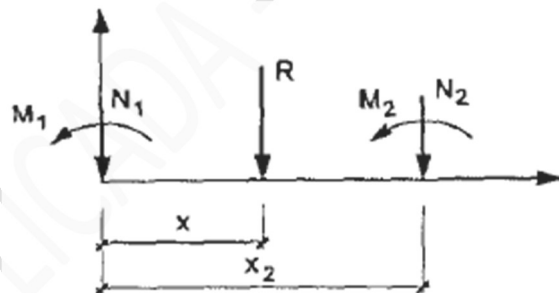
En la práctica profesional pueden existir casos en los que se tengan limitaciones al largo de los voladizos. No siempre se tiene la posibilidad de poder adaptar el tamaño de la base arbitrariamente, sino que debe compatibilizarse con la implantación. Puede ocurrir debido a la presencia de otras bases, límites medianeros, cámaras transformadoras, etc.

Una posibilidad es optar por una base no rectangular, pero también puede adoptarse una base rectangular. En este último caso, como no es posible coincidir el baricentro geométrico de la base con el punto de aplicación de las cargas, se obtendrá una excentricidad que producirá un momento. El análisis será similar a la base centrada con momento, donde se deberán obtener las tensiones en el terreno en servicio y “últimas” para la superposición de efectos del momento producido por la excentricidad y por la carga normal. Se trabaja con una carga normal equivalente igual a la suma de las cargas de las columnas.

BASES COMBINADAS CON MOMENTOS EN LAS COLUMNAS

Este es un caso en el que hallar la posición de la resultante de las cargas requiere incorporar los momentos a la hora de calcular la excentricidad.

Independientemente de los voladizos, la posición x de la resultante R respecto del centro de la columna 1 será;



$$x = \frac{N_2 \cdot x_2 - M_1 - M_2}{N_1 + N_2}$$

De esta forma se obtiene el baricentro de las cargas y el problema resulta análogo al caso típico de buscar tensiones uniformes en el suelo variando la longitud de los voladizos extremos para hacer coincidir éste con el baricentro geométrico de la base.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento CIRSOC 201-2005
- Cálculo de estructuras de cimentación - J. Calavera
- Principio de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M. Das
- Curso aplicado de Cimentaciones – J. Ortiz, J. Gesta, C. Mazo
- Geotecnia y Cimientos – Jimenez Salas
- Foundation Analysis and Design – Bowles