

TEMA N° 7: FUNDACIONES

- *Nomenclaturas empleadas.*
- *Conceptos teórico – prácticos:*
 - 8.1. : *Concepto. Tensión admisible de los terrenos. Clasificación de las fundaciones: Fundaciones directas o superficiales (bases aisladas y combinadas, cimientos, zapatas corridas armadas y plateas de fundación) y Fundaciones indirectas o profundas (pozos romanos, pilotes). Tipologías.*
 - 8.2. : *Base aislada. Distribución de tensiones en el terreno. Dimensionamiento.*
- *Prescripciones reglamentarias.*
- *Detalles constructivos.*
- *Planilla.*
- *Síntesis del proceso de cálculo.*
- *Imágenes.*
- *Cuestionario guía.*

NOMENCLATURAS EMPLEADAS

- Ab** = Superficie de la base.
c₁, c₂, c = Dimensiones de la columna.
d = Altura del talón de la base.
do = Altura de la base desde el borde superior hasta la superficie inferior (h + r).
e = excentricidad.
k = Relación de lados de la superficie de la base.
kh = Factor que permite calcular y verificar la altura de la base.
h₁, h₂, h = Distancia desde el borde superior de la base al eje de la armadura de la misma según cada dirección.
ks = Factor que permite calcular y verificar la armadura.
M = Momento.
Nb = Solicitación normal actuante sobre la base.
Nc = Esfuerzo transmitido por la columna.
Ng = Peso propio de la base.
Nt = Peso de la tierra ubicada por encima de la base.
R = resultante reactiva del terreno.
r₁, r₂, r = Recubrimiento de la armadura.
t = Distancia desde el nivel de terreno natural hasta el fondo de la base.
a₁, a₂, a = Dimensiones de los lados de la base.
ϕ = Diámetro de la barra de la armadura.
σ_t = Tensión del terreno.(kg/cm²)
σ_{t adm} = Tensión admisible del terreno. (kg/cm²)

8.1. – Concepto. Tensión admisible de los terrenos. Clasificación de las fundaciones: Fundaciones directas o superficiales (bases aisladas y combinadas, cimientos, zapatas corridas armadas y plateas de fundación) y Fundaciones indirectas o profundas (pozos romanos, pilotes). Tipologías.

Concepto

Los edificios, al apoyar sobre los suelos, deben transmitirles todas las cargas que generan; y lo hacen a través de estructuras de transición que son las fundaciones.

<Fundaciones es la parte de los edificios que deben cumplir la función estática de soportar las cargas y distribuir las de la manera más adecuada y en la profundidad necesaria, para que el suelo pueda soportarla sin fatigas excesivas durante toda la vida de la obra.=

En muchos casos, en el proceso de cálculo de un edificio, se deja para el último, el estudio de las fundaciones. Tanto para arquitectos como ingenieros, como las fundaciones son elementos que no se verán porque quedan enterradas, no despiertan preocupación o interés por sus características y diseño; y, en la mayoría de los casos, son ellas las que provocan indeseables patologías a los edificios.

El acto de construir una base, zapata o cualquier tipo de fundación es, en definitiva, excavar un terreno natural y sustituirlo por otro elemento más firme en el lugar de concentración de las cargas.

Resulta casi imposible, decidir el tipo de fundación más conveniente a elegir, ya que depende de muchos factores, tales como:

- Capacidad portante del terreno.
- Tipo de suelo (grava, arena, limo, arcilla)
- Magnitud de las cargas.
- La profundidad de la capa portante.
- La ubicación de la napa freática.
- La planta de estructuras.
- Factores económicos, tales como el costo de la fundación, en relación al costo total del edificio. (Esto a veces determina la decisión de hacer realidad o no un proyecto.)

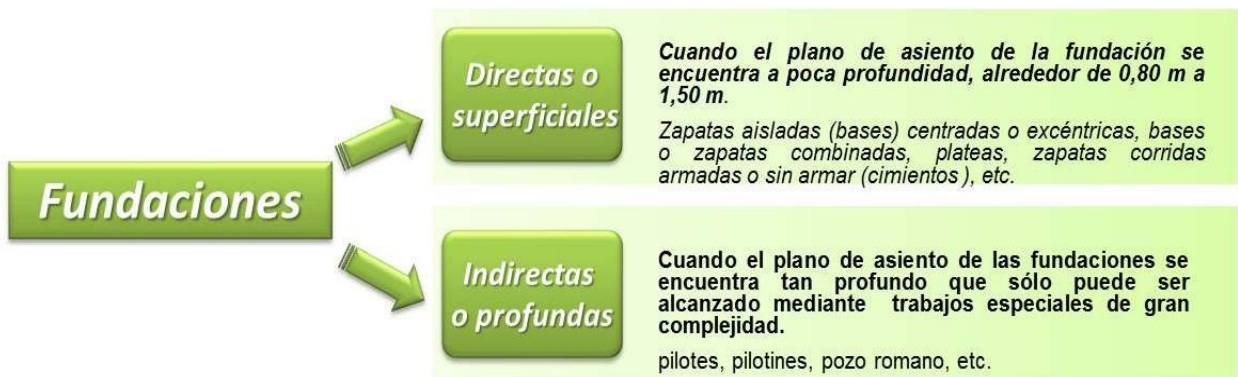
Tensión admisible de los terrenos.

La capacidad portante del suelo, puede variar de un punto a otro; pero resultaría muy complejo determinar la tensión resistente del suelo bajo cada una de las fundaciones. Para ello, se utiliza la denominada tensión admisible, que es una tensión promedio menor que la de rotura en un valor que da seguridad contra posibles errores en la estimación de la capacidad resistente del suelo (coeficiente de seguridad aproximado = 2, aplicado a la tensión límite del terreno).

En algunos casos, las tensiones admisibles que se utilizan, se determinan a partir de experiencias obtenidas en obras anteriores: pero se recomienda, en todas las obras antes de iniciar el diseño de las fundaciones, requerir un estudio de suelos, que no sólo debe determinar el tipo, sino también la resistencia y la deformación admisible del mismo frente a las cargas.

Un terreno de buena capacidad portante, posee una tensión admisible de aproximadamente 2 kg/cm^2 ; lo cual es muy reducido si se lo compara con otros materiales, como el acero dulce cuya tensión admisible es de 1400 kg/cm^2 (700 veces más que el suelo), o el hormigón armado de 210 kg/cm^2 o maderas que rondan los $80 - 100 \text{ kg/cm}^2$.

Clasificación de Fundaciones (según sea la profundidad a la que se encuentran trabajando.)



Fundaciones Directas: Para terrenos con $\tilde{A}_{adm} > 1,5 \text{ kg/cm}^2$.

- **Base Aislada:** se emplean cuando las columnas de carga están suficientemente distanciadas entre sí. Se construyen a profundidades aproximadas de 1,50 m y pueden ser: centrada, excéntrica y doblemente excéntrica.

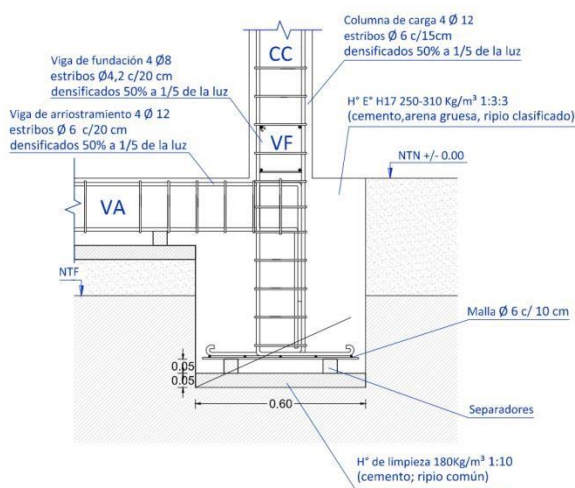


Fig. 8.1.1: Base aislada.
Fuente: Elaboración de la cátedra.

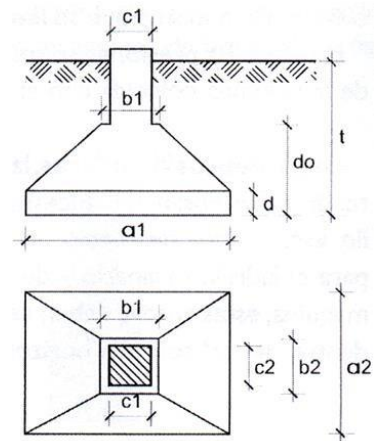


Fig. 8.1.2: Base aislada.
Fuente: <Manual de Hormigón Armado> - Ing. Pozzi Azzaro.

- **Base Combinada:** reciben cargas conjuntas de dos o más columnas de carga. Se emplea cuando la separación entre columnas es reducida o de cargas muy elevadas.

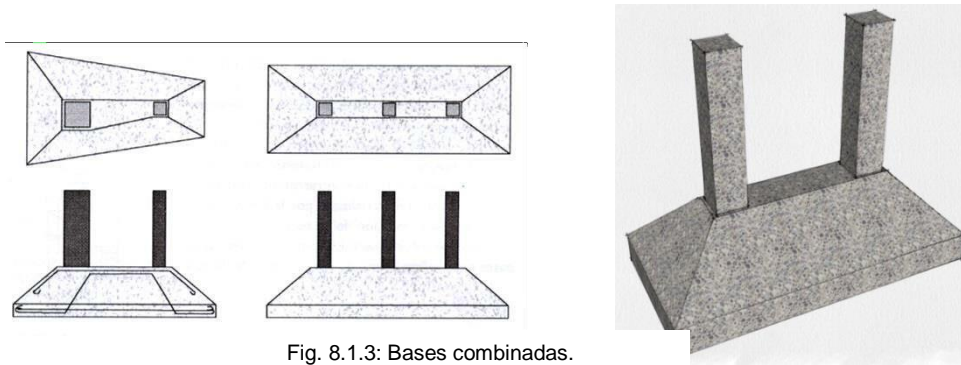


Fig. 8.1.3: Bases combinadas.
Fuente: Elaboración de la cátedra.

- **Zapata corrida sin armar o Cimiento común:** se usa en suelos de buena capacidad portante ($\tilde{A}_{adm} = 2,5 \text{ kg/cm}^2$ o superiores) en correspondencia con los muros. Su ancho equivale al espesor de muro más 15 cm, tiene una profundidad mínima de 70 cm de los cuales debe tener 30 cm en terreno firme. Se elabora con hormigón ciclópeo de 180 kg/m^3 (30% de piedra bola), ladrillos u hormigón armado. Puede disponerse centrado o excéntrico respecto del eje del muro que soporta.

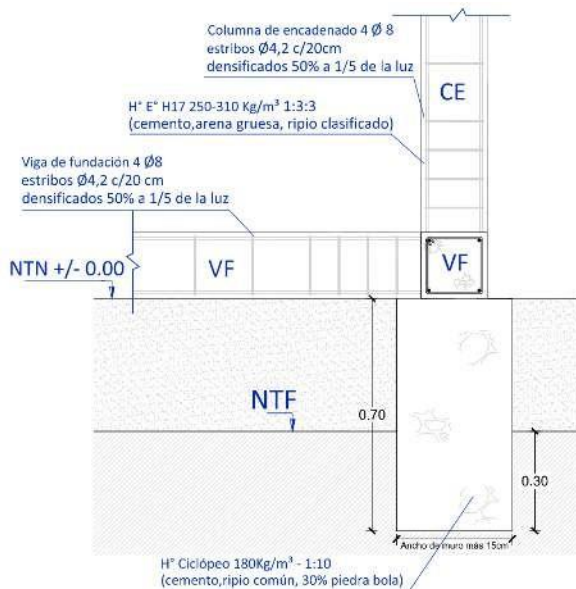


Fig. 8.1.4: Zapata corrida sin armar.
Fuente: Elaboración de la cátedra - www.

- **Zapata corrida armada:** se emplea en terrenos de capacidad portante intermedia ($< 1,5 \text{ kg/cm}^2$), también donde la napa freática se encuentra elevada. Fácil ejecución y rápidas de realizar. Construidas con hormigón estructural y armadura según cálculo. Sus dimensiones aprox. son 30 cm alto x 60 cm de ancho más 5cm de hormigón de limpieza.

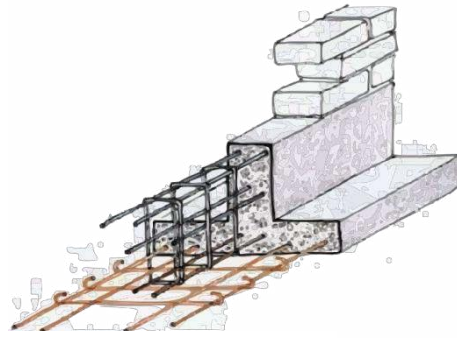


Fig. 8.1.5: Zapata corrida armada.

Fuente: Elaboración de la cátedra - www.elconstructorcivil.com/

- **Platea de Fundación:** son elementos superficiales que reciben gran número de columnas o tabiques. Usado en terrenos de mediana capacidad portante ($< 1,5 \text{ kg/cm}^2$) o cuando tienen napas freáticas muy cercanas a las superficie (se realiza piedraplén de 40 a 60 cm de profundidad). Este sistema aumenta la superficie de apoyo y de esta manera distribuye uniformemente las cargas. Funciona como losa invertida. La platea siempre debe ser más grande que la superficie del edificio a fundar.

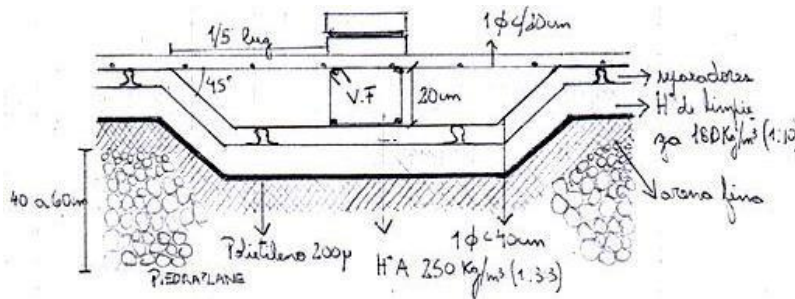


Fig. 8.1.6: Platea de fundación.

Fuente: Elaboración de la cátedra - www.argentina.generadordeprecios.info/



Fig. 8.1.7: Platea de fundación.

Fuente: <http://www.ilazarosl.com/Datos/Tipos%20cimientos.htmcom.ar/>

Fundaciones Indirectas: Para terrenos con $\tilde{A}_{adm} < 1,5 \text{ kg/cm}^2$.

Cuando los mantos superiores del suelo no tienen la capacidad suficiente para recibir las cargas de la superestructura por su falta de capacidad portante, por su deformabilidad, por razones de índole constructiva, etc., muchas veces es conveniente o imprescindible, recurrir a fundaciones de tipo indirectas o profundas, que permiten disipar las cargas en

mantos a mayor profundidad, con mecanismos de transferencia, en general, distintos que los de las fundaciones superficiales.

El mecanismo de transferencia o disipación de cargas en las fundaciones profundas, es por combinación de dos tipos de resistencias:

- Por tensiones normales en la punta del elemento.
- Por tensiones tangenciales en la superficie lateral del mismo (fuste).

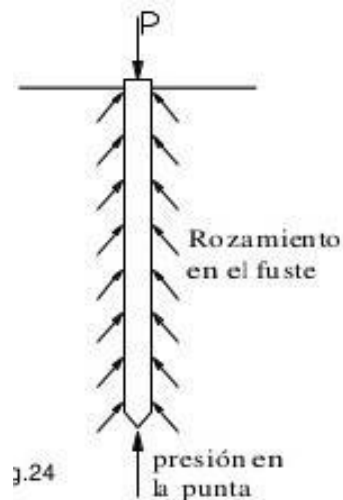


Fig. 8.1.8: Forma de trabajo fundaciones profundas.

Fuente: <https://es.slideshare.net/SinoPuleo1/fundaciones-y-pilotes-59472764>

Al igual que para las fundaciones superficiales, según las características de la superestructura, del suelo de fundación y de la metodología constructiva, existen varias opciones:

- **Pozo Romano:** se usa cuando el terreno firme está entre los 3 y 10 m de profundidad. Reemplaza el terreno malo por terreno bueno. Conecta el nivel de terreno firme con el nivel de terreno natural. Debe entrar 70 cm en terreno firme. Diámetro: 1,20 m a 1,80 m. Se llena con hormigón ciclópeo. Trabaja a fricción contra el suelo. Se coloca una malla de acero perimetral.

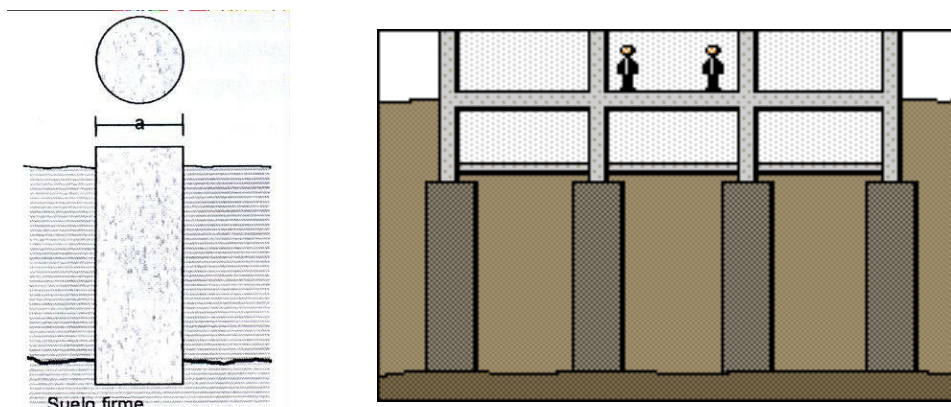


Fig. 8.1.9: Pozo romano.

Fuente: Elaboración de la cátedra - <http://www.ilazarosl.com/Datos/Tipos%20cimientos.htmcom.ar/>

- **Pilotes:** si el suelo es de baja resistencia admisible o su resistencia es insuficiente en relación a las cargas y no se pudiese resolver con los sistemas ya mencionados, se deberá aumentar la capacidad portante del terreno mediante el hincado de pilotes, los cuales pueden trabajar por rozamiento perimetral o transmitir las cargas directamente a suelo firme a través de su extremo inferior. Pueden ser prefabricados o ejecutados in situ.

Este tipo de fundación consiste en un cabezal rígido (generalmente de forma prismática), sobre el cual apoya la columna o tabique. El cabezal, a su vez, transmite carga a los pilotes que pueden ser verticales o inclinados según el tipo de carga.

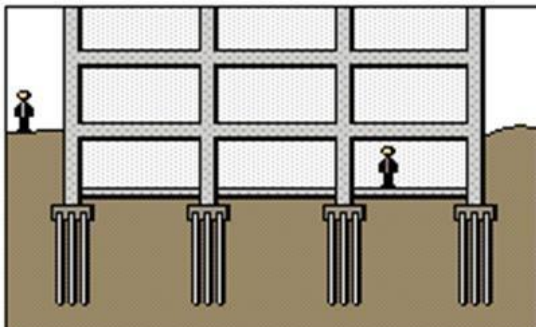


Fig. 8.1.10: Pilotes.

Fuente: <http://www.ilazarosl.com/Datos/Tipos%20cimientos.htm> - <http://www.prefabricadosmarcotulli.com>

Los pilotes prefabricados son hincados en el terreno. El diámetro máximo en general es de 60 cm.

En los hormigonados in situ, se realiza primero la perforación en el terreno, para luego colocar la armadura y el hormigón. En este caso, los diámetros pueden ser mayores ya que no existen problemas de transporte ni de hincado.



Fig. 8.1.11: Pilotes hincados por percusión.

Fuente: <http://fernandeztadeo.com/>

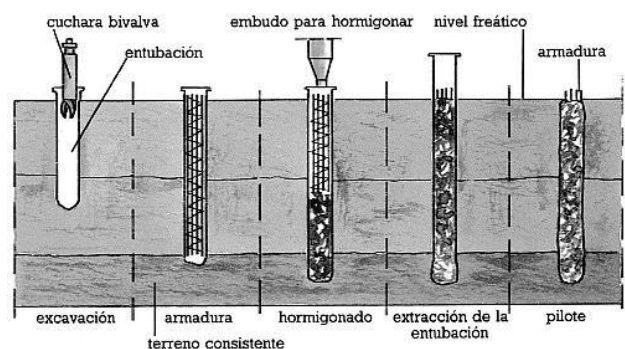


Fig. 8.1.12: Pilotes con cucharilla bivalva.

Fuente: <http://maquinariacimentaciones.wordpress.com>

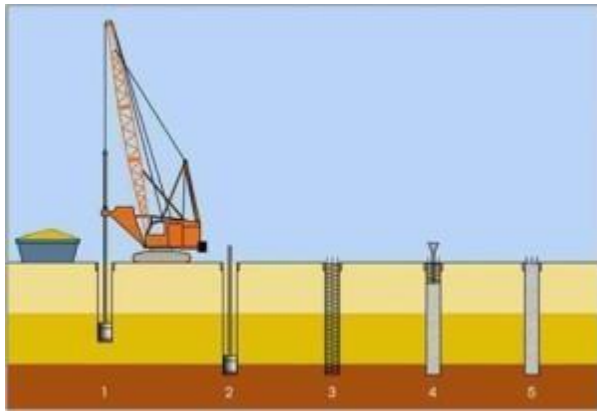


Fig. 8.1.13: Pilote de extracción.
Fuente: <http://www.tecnoiberica.es/wp-content/uploads/2013/11/Pilote-CPI-7.jpg>

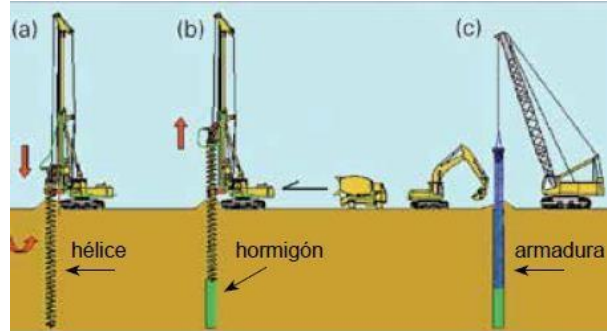
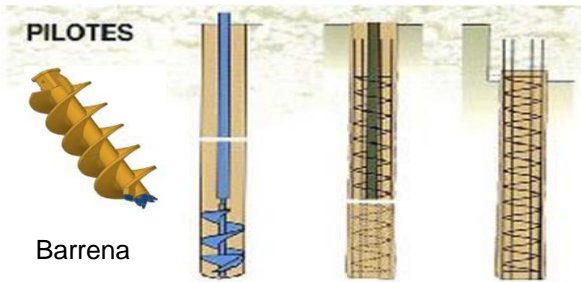


Fig. 8.1.14: Pilote perforado con barrena continua.

Fuente: <http://procedimientosconstruccion.blogspot.upv.es/tag/pilotes/> - <http://www.scielo.cl/fbpe/img/oyv/n15/art01-figura01.jpg>

Pilotes Franki:

El esquema de ejecución es bastante simple, consta de una entubación metálica con un tapón de hormigón en la punta. El conjunto entubación + tapón se va hincando a golpes mediante una maza hasta llegar a la profundidad deseada, una vez allí, se sujeta la entubación y se expulsa hacia abajo (también a golpes) el tapón de la punta, creando así un bulbo o punta ensanchada a base de compactar el terreno, lo que hace que este pilote sea también muy eficiente trabajando a tracción.

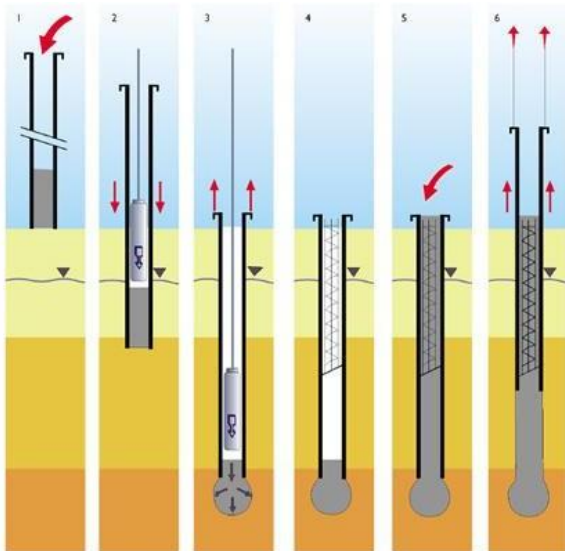


Fig. 8.1.15: Pilote tipo Franki.
Fuente: <http://enriquemontalar.com>



Fig. 8.1.16: Llenado de pilotes de hormigón.
Fuente: <http://ingecivilcusco.blogspot.com.ar/>

8.2. – Base aislada. Distribución de tensiones en el terreno. Dimensionamiento. Prescripciones reglamentarias. Detalles constructivos. Planilla. Síntesis del proceso de cálculo.

Base aislada

Cuando las columnas están suficientemente distanciadas entre sí, cada una de ellas se apoya sobre una base o zapata aislada que puede tener planta cuadrada o rectangular y forma tronco-piramidal o cúbica.

La superficie de apoyo se ensancha debido a que la tensión de trabajo del terreno es muy baja: $0,5$ a 3 kg/cm^2 (En San Juan en zona centro la capacidad portante del terreno varía entre $1,5$ y 2 kg/cm^2 , disminuyendo de calle Colón hacia el este y aumentando hacia el oeste de la provincia). Entonces, el área de la base se fija de acuerdo con la capacidad portante del terreno, tal que la presión sobre el mismo no supere el valor admisible.

La cara superior o plataforma de la zapata debe tener dimensiones algo mayores que la sección de la columna ($2,5 \text{ cm}$ a cada lado), a fin de proporcionar conveniente apoyo al encofrado de la misma, que se levantará sobre la base previamente hormigonada.

Para que las presiones sobre el terreno se repartan de un modo aproximadamente uniforme es necesario que el eje de la columna coincida con el centro de gravedad de la base. Según que esta condición se cumple o no, se distinguen:



- **Centradas:** En una base centrada, la resultante de las tensiones reactivas del suelo, pasa por la misma recta de acción de P , equilibrándola.

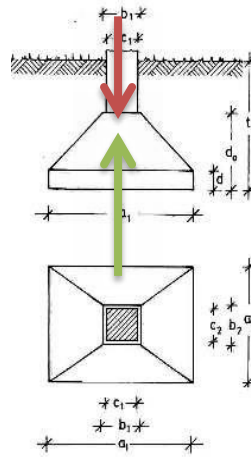


Fig. 8.2.1: Base centrada.
Fuente: Elaboración de cátedra.

- **Excéntricas:** Al desaparecer el sector indicado en línea punteada, la reacción del terreno es excéntrica respecto a P, conformando un par de fuerzas que generan una cupla de magnitud $M = P \cdot E$, que tiende a producir el giro o volcamiento.

Esto se contrarresta con un par reactivo constituido por las fuerzas horizontales H. La inferior se materializa por el rozamiento de la base con el terreno y la superior mediante un tensor que actúa como una rienda que evita el volcamiento.

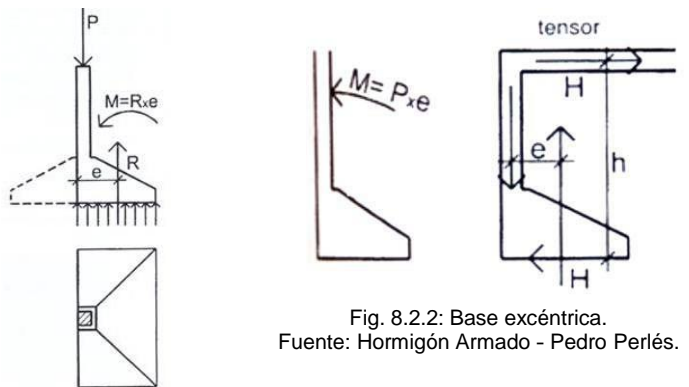
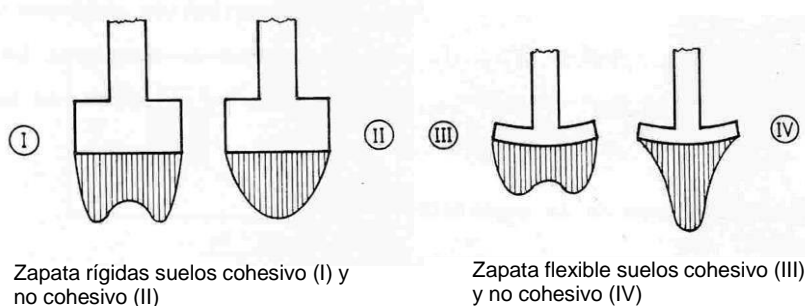


Fig. 8.2.2: Base excéntrica.
Fuente: Hormigón Armado - Pedro Perlés.

Distribución de tensiones en el terreno

La distribución de tensiones en el terreno por debajo de la zapata depende del tipo de suelo y de la rigidez de la base.

En la mayoría de los casos, la presión no es uniforme; por ello es necesario conocer su distribución, ya que determina la conformación de los momentos flectores y los esfuerzos de corte. En los bordes de la zapata las tensiones deben ser nulas.



Zapata rígidas suelos cohesivo (I) y no cohesivo (II)

Zapata flexible suelos cohesivo (III) y no cohesivo (IV)

Fig. 8.2.3: Distribución de tensiones.
Fuente: <Manual de Hormigón Armado> - Pozzi Azzaro.

Suelos cohesivos: Arcillas; Suelos no cohesivos: Granulares: Arenas.

Sin embargo, en la práctica y en zapatas aisladas, a fin de simplificar el cálculo se puede considerar una distribución uniforme o con variación lineal, en caso de excentricidad de carga, si la base es suficientemente rígida. Esta simplificación, en general otorga valores de solicitaciones del lado de la seguridad. Se debe cumplir alguna de las siguientes condiciones:

$$d_o \geq \frac{a_1 - c_1}{4}$$

$$d_o \geq \frac{a_2 - c_2}{4}$$

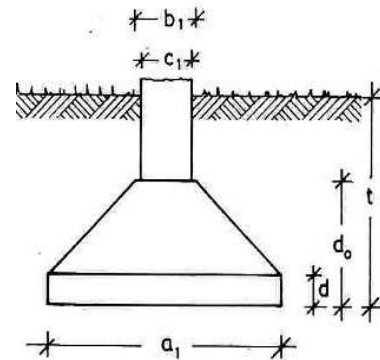


Fig. 8.2.4: Base aislada.

Fuente: Manual de Hormigón Armado - Pozzi Azzaro.

El valor de t depende del nivel de fundación que se adopte, de acuerdo a lo recomendado por el estudio de suelos.

El suelo reacciona, naturalmente, de abajo hacia arriba con una carga distribuida en toda la superficie de apoyo, siendo mayor en el centro que en los bordes.

Esa reacción tiende a flexionar la base hacia arriba, provocando la deformación que se muestra en la figura, es decir, que la base se comporta como si estuviese compuesta por 4 ménsulas invertidas empotradas en el tronco de la columna, 2 de las cuales se representan rayadas en la planta.

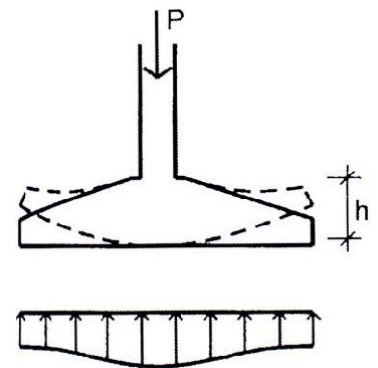


Fig. 8.2.5: Carga sobre la base.

Fuente: Hormigón Armado -Arq. P. Perlés.

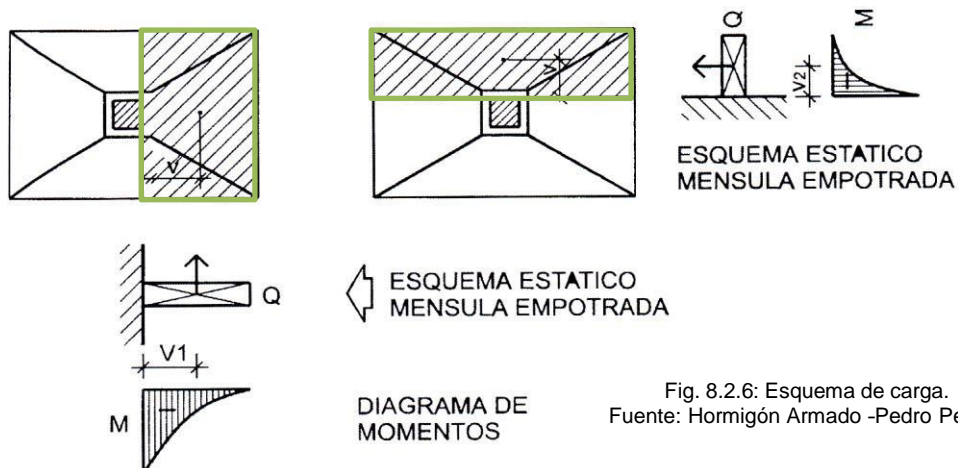


Fig. 8.2.6: Esquema de carga.

Fuente: Hormigón Armado -Pedro Perlés.

DIMENSIONAMIENTO DE LAS FUNDACIONES

Este proceso debe efectuarse previo análisis de:

- Cargas máximas actuantes (transferencia de cargas)
- Capacidad portante del terreno

• Base aislada centrada

La zapata centrada se adopta normalmente en el caso de columnas interiores, pudiendo estar sometida a los siguientes esfuerzos:

- 1) **N**
- 2) **N + M**
- 3) **N + M₁ + M₂**

En el caso de que la forma de la base pueda adoptarse cuadrada las tensiones producidas por N serán uniformes. Por condiciones de diseño o constructivas, también pueden hacerse de planta rectangular o poligonal.

Proceso de cálculo

1) Cálculo de la carga total actuante

$$N_b = N_c + N_g + N_t$$

N_b: esfuerzo en la base [t].

N_c: esfuerzo máximo transmitido por la columna. Viene del cálculo [t].

N_g: peso de la base [t].

N_t: peso de la tierra ubicada por encima de la base [t].

N_g + N_t = 6% al 10 % de **N_c**. (Por motivos de seguridad, se adopta el 10 % de **N_c**.)

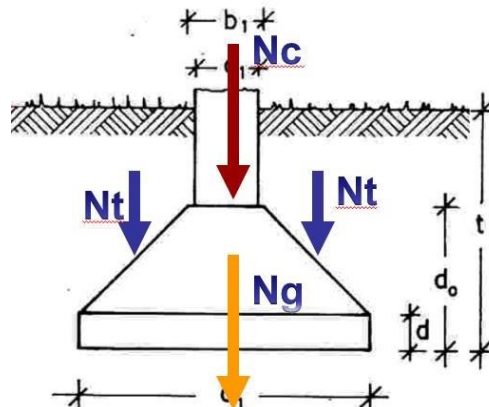


Fig. 8.2.7: Esquema de carga.
Fuente: Elaboración de cátedra.

2) Determinación del área de la base

$$\sigma_t = \frac{N_b}{A_b} \leq \sigma_{tadm} \therefore A_b \text{ (m}^2\text{)} = \frac{N_b}{\sigma_{tadm}}$$

σ_{tadm} : Tensión admisible del terreno (kg / cm²). Es dato que se obtiene del estudio de suelos; por lo cual la incógnita es el área de la base.

Para base cuadrada:

$$a_1 = a_2 = a$$

$$Ab = a^2 \therefore a = \sqrt{Ab}$$

Dimensiones mínimas de la base: **60 cm x 60 cm (360 cm²)**

Para base rectangular:

$$a_1 = k \cdot b_2$$

$$Ab = a_1 \cdot b_2 = k \cdot b_2 \cdot b_2$$

$$Ab = k \cdot b_2^2 \therefore b_2 = \sqrt{\frac{Ab}{k}}$$

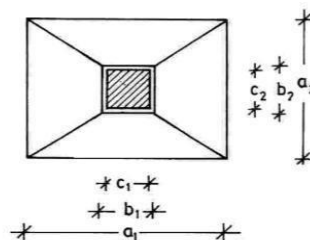
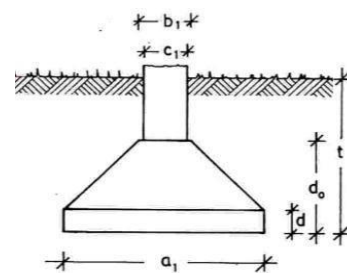


Fig. 8.2.8: Base aislada.
Fuente: Manual de Hormigón Armado - Pozzi Azzaro.

Se puede efectuar también el proceso inverso, es decir determinar previamente el tamaño de la base y verificar la tensión en el terreno.

$$\sigma_t = \frac{Nb}{Ab} \leq \sigma_{tadm}$$

Ya calculadas las dimensiones de la planta de la base se procede a determinar la altura de la base, la cual debe ser mayor o igual a 70 cm ($h = 65 \text{ cm} + 5 \text{ cm}$ recubrimiento – mínimo reglamentario), y que se despeja luego del kh. Para ello, deben analizarse los esfuerzos a los que está sometida la pieza:

- Flexión
- Corte
- Punzonamiento

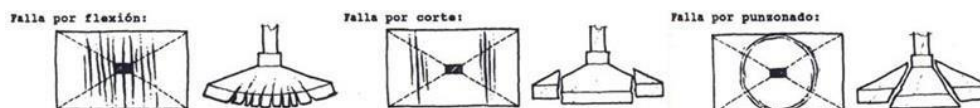


Fig. 8.2.8: Solicitaciones sobre la base.
Fuente: Manual de Hormigón Armado - Pozzi Azzaro.

3) Determinación de los esfuerzos en la zapata : Flexión (momentos).

Se parte del concepto de que la tensión σ que le transmite la base al terreno se transforma en carga desde el terreno hacia la base (reacción del terreno) . La base se comporta como un voladizo invertido, cargado con las tensiones del terreno y empotrado en las caras de la columna. Dividiendo la base en dos superficies (A y B) que pasan por los bordes de la columna y los bordes exteriores de la base, puede determinarse el M de cada una de esas superficies.

La columna, está cargando la parte central de la base, y al no caer uniformemente a la base, tiende a producir una flexión en la misma, y así se produce la resultante R (reacción

del terreno) a cada lado, en el baricentro de las superficies A y B, que producen un momento debido a la excentricidad (e) de R con respecto al borde de la columna. El M es máximo cuando está infinitamente cerca de la proyección de la columna.

Cabe destacar, que para el cálculo de las solicitaciones, se considera la carga transmitida por la columna; vale decir que no se tiene en cuenta el peso propio de la base, ni el peso de la tierra.

$$M(\text{tm}) = R \cdot e$$

$$R = \sigma_t \cdot Ab = \sigma_t \cdot a_2 \cdot \left(\frac{a_1 - c_1}{2} \right)$$

$$e = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{a_1 - c_1}{2} \right) = \frac{1}{4} (a_1 - c_1)$$

$$M = R \cdot e = \sigma_t \cdot a_2 \cdot \left(\frac{a_1 - c_1}{2} \right) \cdot \left(\frac{a_1 - c_1}{4} \right)$$

$$M = \sigma_t \cdot a_2 \cdot \frac{(a_1 - c_1)^2}{8}$$

$$\sigma_t = \frac{Nb}{a_1 \cdot a_2}$$

$$M(\text{tm}) = \frac{Nc}{a_1 \cdot a_2} \cdot a_2 \cdot \frac{(a_1 - c_1)^2}{8}$$

$$M(\text{tm}) = \frac{Nc}{a_1} \cdot \frac{(a_1 - c_1)^2}{8}$$

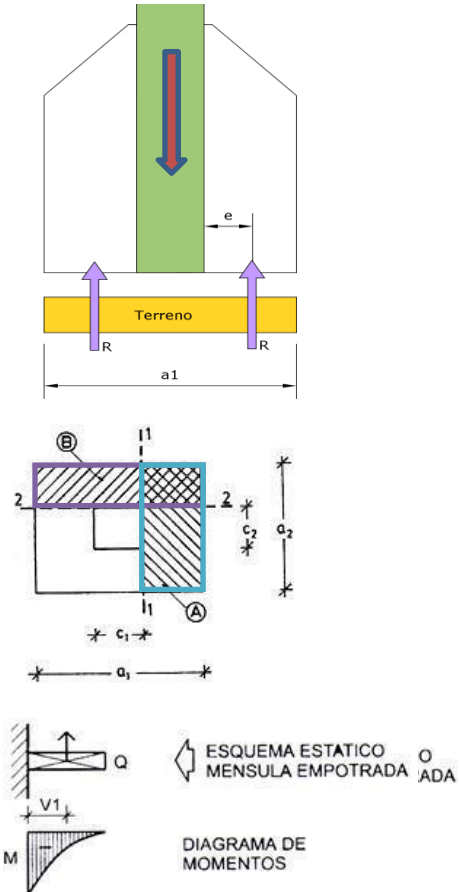


Fig. 8.2.9: Esquemas de momento.
Fuente: Elaboración de cátedra.

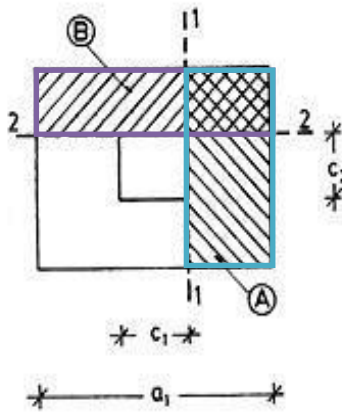
Los momentos en cada dirección son M1 y M2, siendo el mayor momento el que se encuentra según las menores dimensiones de la base.

$$M_1(\text{tm}) = \frac{Nc}{a_1} \cdot \frac{(a_1 - c_1)^2}{8}$$

$$M_2(\text{tm}) = \frac{Nc}{a_2} \cdot \frac{(a_2 - c_2)^2}{8}$$

4) Determinación de la armadura.

Una vez determinados los momentos, se dimensiona la armadura para las dos direcciones.



Si $c_1 = c_2$ y $a_1 = a_2$
→ $M_1 = M_2$

Si $c_1 \neq c_2$ y $a_1 \neq a_2$
→ $M_1 \neq M_2$

Se dimensiona la armadura para una dirección y ésta será la misma a colocar en la otra dirección.

Debe dimensionarse la armadura para las dos direcciones. Primero se dimensiona la armadura que absorbe el mayor momento (va por debajo) y luego la que absorbe el menor (va por arriba).

Por ejemplo: Si $M_1 > M_2$, debe ser $h_1 > h_2$

Se adopta β_s y β_r de tablas 1,2 ó 3 según el tipo de acero y hormigón. En nuestro caso hormigón tipo H17 y acero 42/50.

Se obtiene kh :

$$k_{h1} = \frac{h_1}{\sqrt{\frac{M_1}{b_2}}} \geq kh^* \Rightarrow h_1 = kh^* \cdot \sqrt{\frac{M_1}{b_2}}$$

Se obtiene k_s y se calcula la armadura:

$$A_s^1 = k_s \frac{M_1}{h_1}$$

Se procede de igual manera en la otra dirección:

$$k_{h2} = \frac{h_2}{\sqrt{\frac{M_2}{b_1}}} \geq kh^* \Rightarrow h_2 = kh^* \cdot \sqrt{\frac{M_2}{b_1}}$$

$$A_s^2 = k_s \frac{M_2}{h_2}$$

β_{cu}	β_{cu}	β_{cu}	β_{cu}	β_{cu}	β_{cu}	β_{cu}	β_{cu}	k_c	$\sqrt{f_{ct}/f_{ck}}$	k_c	k_c	ϵ_{yk}	ϵ_{yk}
110	130	170	210	300	380	470						(%)	(%)
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.09	0.97
0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.09	0.90
0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.09	0.85
0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.09	0.80
0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.09	0.75
0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.09	0.70
0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.09	0.65
0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.09	0.60
0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.09	0.55
0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.09	0.50
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.09	0.45
0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.09	0.40
0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.09	0.35
0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.09	0.30
0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.09	0.25
0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.09	0.20
0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.09	0.15
0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.09	0.10
0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.05

β_{cu}	110	130	170	210	300	380	470	k_c	k_c	k_{c1}
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

d_r/h	ρ					ρ_1
	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	
0.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.08	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.10	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01
0.12	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03
0.14	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04
0.16	1.00	1.00	1.01	1.02	1.04	1.06
0.18	1.00	1.00	1.02	1.03	1.05	1.08
0.20	1.00	1.00	1.02	1.04	1.06	1.07
0.22	1.00	1.00	1.03	1.04	1.06	1.09

Fig. 8.2.10: Tabla de kh .
Fuente: Manual de Hormigón Armado - Pozzi Azzaro

Armadura mínima 1 Ø 8 con una separación máxima de 15 cm.

En el caso de las bases, el recubrimiento mínimo (de 5 a 7 cm), es mayor que en las losas y vigas, para evitar que la humedad del terreno entre en contacto con las armaduras, corroyéndolas.

Si $M_1 > M_2$, debe ser $h_1 > h_2$; o sea:

$$d_o = h_1 + r$$

$$h_2 = h_1 - \phi_1$$

ϕ_1 : diámetro de la armadura en la dirección 1

Con los valores de A_{s1} y A_{s2} , se obtiene el diámetro y la separación de la armadura de la Tabla N° 55 de Pozzi Azzaro.

T.55 Sección de armadura cm²/metro de ancho

Espesor (cm)	DIAMETRO (mm)								Barras por metro
	6	8	10	12	14	16	20	25	
6,0	4,71	8,38	12,09	18,85	25,66	33,52	52,36	81,83	16,7
6,5	4,35	7,73	12,08	17,40	23,68	30,95	48,33	75,54	15,4
7,0	4,04	7,18	11,22	16,16	21,99	28,73	44,87	70,14	14,3
7,5	3,77	6,70	10,47	15,08	20,52	26,81	41,89	65,47	13,4
8,0	3,53	6,28	9,82	14,14	19,24	25,14	39,26	61,38	12,5
8,5	3,33	5,91	9,24	13,31	18,11	23,66	36,95	57,76	11,8
9,0	3,14	5,59	8,73	12,57	17,10	22,34	34,90	54,56	11,1
9,5	2,98	5,29	8,27	11,90	16,20	21,17	33,06	51,62	10,5
10,0	2,83	5,00	7,85	11,31	15,39	20,11	31,41	49,10	10,0
10,5	2,69	4,79	7,48	10,77	14,66	19,15	29,91	46,76	9,5
11,0	2,57	4,57	7,14	10,28	13,99	18,28	28,55	44,64	9,1
11,5	2,46	4,37	6,83	9,84	13,39	17,49	27,31	42,70	8,7
12,0	2,36	4,19	6,54	9,42	12,83	16,76	26,17	40,92	8,3
12,5	2,26	4,02	6,28	9,05	12,32	16,09	25,13	39,28	8,0
13,0	2,17	3,87	6,04	8,70	11,84	15,47	24,16	37,77	7,7
13,5	2,09	3,72	5,82	8,38	11,40	14,90	23,27	36,37	7,4
14,0	2,02	3,58	5,61	8,08	11,00	14,36	22,44	35,07	7,1
14,5	1,95	3,47	5,42	7,80	10,62	13,87	21,66	33,86	6,9
15,0	1,89	3,35	5,24	7,54	10,26	13,41	20,94	32,73	6,7
15,5	1,82	3,24	5,07	7,30	9,93	12,97	20,27	31,68	6,5
16,0	1,77	3,14	4,91	7,07	9,62	12,57	19,64	30,69	6,3
16,5	1,71	3,05	4,76	6,85	9,33	12,19	19,04	29,76	6,1
17,0	1,66	2,96	4,62	6,65	9,05	11,83	18,48	28,88	5,9
17,5	1,62	2,87	4,49	6,46	8,79	11,49	17,95	28,06	5,7
18,0	1,57	2,79	4,36	6,28	8,55	11,17	17,46	27,28	5,6
18,5	1,53	2,72	4,25	6,11	8,32	10,87	16,94	26,54	5,4
19,0	1,49	2,65	4,13	5,95	8,10	10,68	16,54	25,84	5,3
19,5	1,45	2,58	4,03	5,80	7,89	10,31	16,11	25,18	5,1
20,0	1,41	2,51	3,93	5,65	7,69	10,05	15,71	24,55	5,0

Fig. 8.2.11: Tabla 55: Secciones de armadura.
Fuente: Manual de Hormigón Armado - Pozzi Azzaro

5) Verificación al corte y punzonamiento

El punzonamiento se produce por la tendencia a la perforación de la base de un volumen de forma tronco cónica que se desliza según un ángulo de 45° respecto al resto de la base.

Se verifica dividiendo la carga actuante en toda la zona rayada sobre el área lateral de un cilindro, equivalente en sus acciones finales, a la superficie lateral de forma tronco cónica.

Su análisis, excede los objetivos del presente curso, por lo que no será desarrollado.

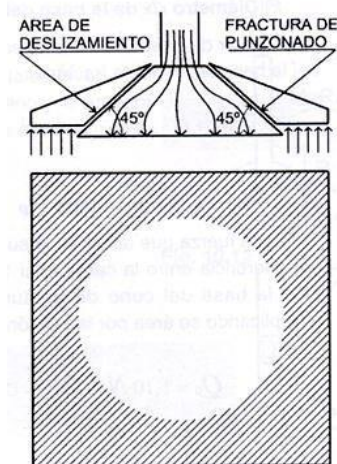


Fig. 8.2.12: Rotura por corte y punzonamiento.
Fuente: Hormigón Armado - Arq. P. Perlés.

PRESCRIPCIONES REGLAMENTARIAS

Altura del talón de base (d) $d \geq 15\text{cm}$
 Altura total de base (do) mínimo = 70 cm
 Dimensiones (b_1 y b_2) Deben ser tales que sea posible apoyar el encofrado de la columna, en general:

$b_1 = c_1 + 2,5\text{ cm}$
 $b_2 = c_2 + 2,5\text{ cm}$

Dimensiones (a_1 y a_2) mínimo = 60 cm
 Armadura mínima 1 $\phi 8$ cada 15 cm

DETALLES CONSTRUCTIVOS

Base aislada

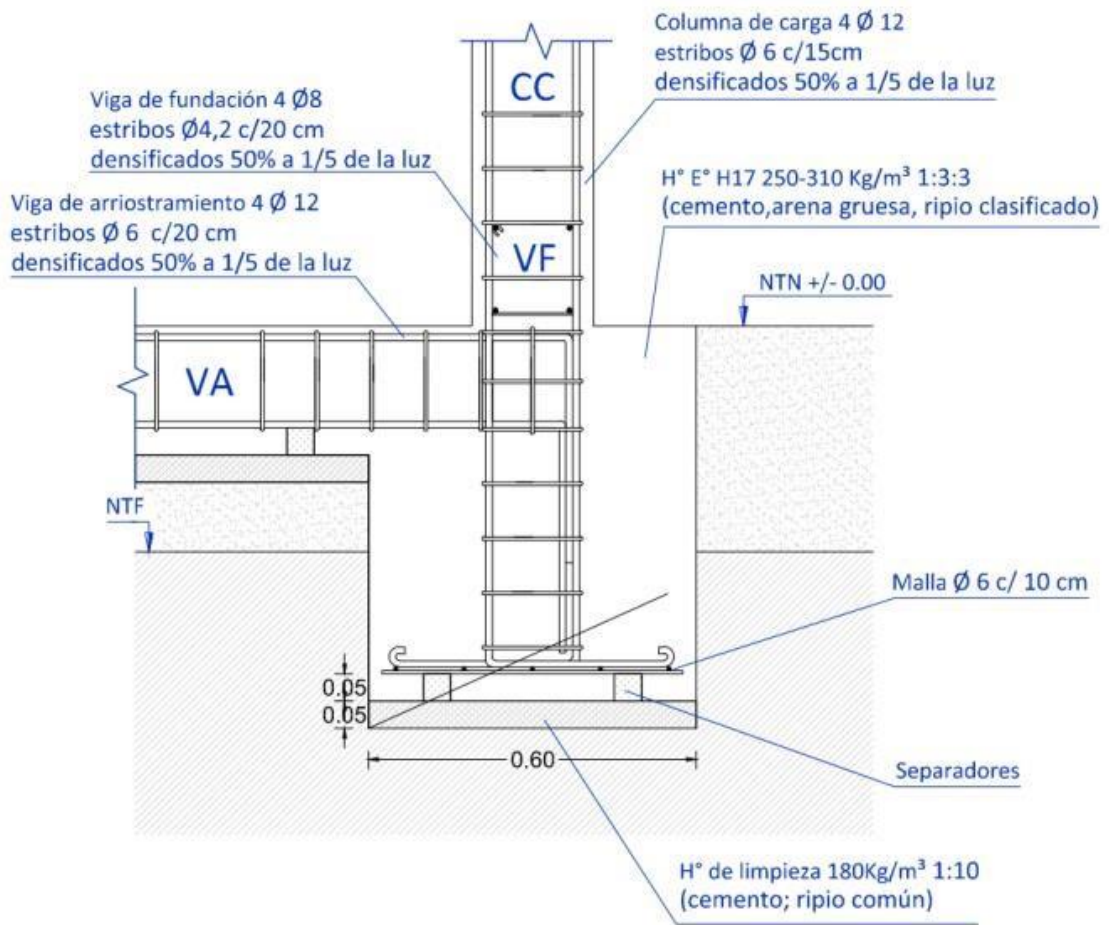


Fig. 8.3: Base aislada.
Fuente: Elaboración de cátedra.

PLANILLA

BASES H° A																			
H17 $\sigma'_{bk} = 170\text{Kg/m}^2$ ADN 420 $\sigma_{ek} = 4,2 \text{ t/cm}^2$																			
Designación	Solicitaciones				Dimensiones								Armaduras						Observaciones
	Mmáx	Āt	Mx	My	bx	by	Φ	ax	ay	do	ho	x-x			y-y				
												cm ²	Φ	sep	cm ²	Φ	sep		
B1																			
B2																			
B3																			

SÍNTESIS DEL PROCESO DE CÁLCULO

1. Cálculo de la carga total actuante → $N_b = N_c + N_g + N_t$
2. Determinación del área de la base → $\sigma_t = \frac{N_b}{A_b} \leq \sigma_{tadm} \therefore A_b \text{ (m}^2\text{)} = \frac{N_b}{\sigma_{tadm}}$
3. Determinación de los momentos → $M(\text{tm}) = \frac{N_b (a_1 - c_1)^2}{a_1 \cdot 8}$
4. Determinación de la armadura → $k_h = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}} \geq kh^* \Rightarrow h = kh^* \cdot \sqrt{\frac{M}{b}}$
5. Determinación de la armadura → $A_s = k_s \frac{M}{h}$

EJEMPLOS

Enunciado: Dimensionar la base centrada, considerando que trabaja a compresión pura.

Datos:

Hormigón H17 – 170kg/cm²
 Acero ADN 420 – 4200kg/cm²
 Carga → N_c = 20,5t
 σ_{admTerreno} = 1,8kg/cm²
 c_x = 30cm
 c_y = 20cm

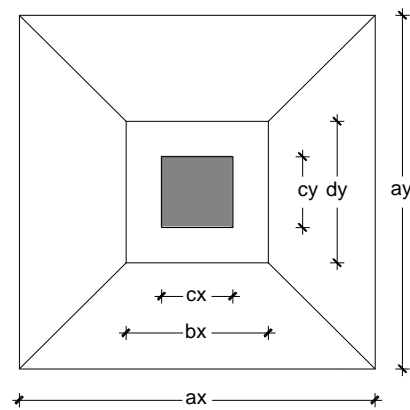
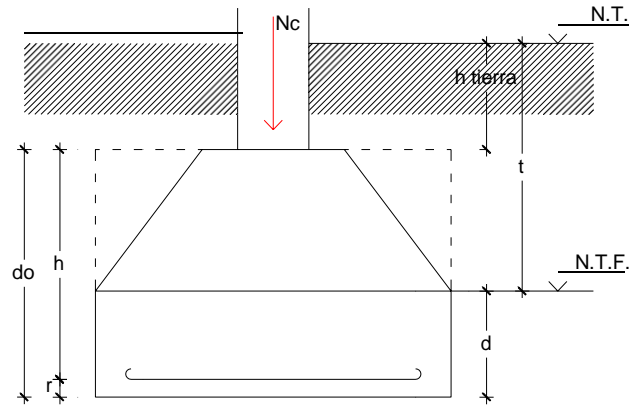
Dimensiones mínimas:

ax = ay = 60cm
 do = 70cm
 As = ø8 cada 15cm

r = 5 a 7cm
 espesor de H^o de limpieza

hx = do – r = 70cm – 5cm = 65cm

hy = hx – ø = 65cm – 1cm = 64cm



1- Verificación de la σ del terreno

$$\sigma_T = \frac{N_B}{A} \leq \sigma_{admT}$$

$$A = \frac{N_B}{\sigma_{admT}} = \frac{22550 \text{ kg}}{1,8 \text{ kg/cm}^2} = 12528 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} a_1 &= a_2 \\ A &= a^2 \Rightarrow a = \sqrt{A} \\ a &= 112 \text{ cm} = 115 \text{ cm} \end{aligned}$$

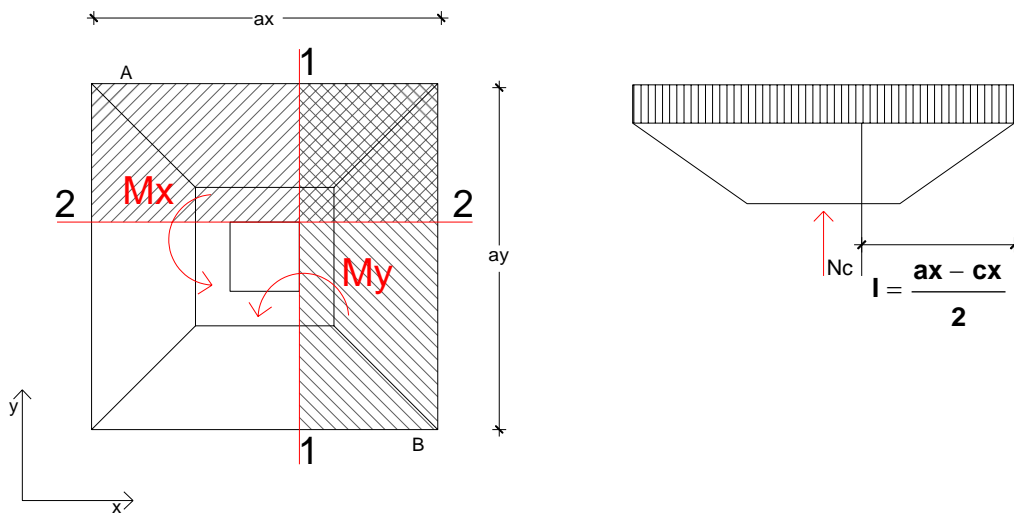
$$N_B = N_C + PP_B + PP_T$$

$$N_B = N_C \cdot 1,1 = 20,5t \cdot 1,1 = 22,55t$$

$$\sigma_T = \frac{22550 \text{ kg}}{(115 \text{ cm})^2} = 1,7 \text{ kg/cm}^2 < 1,8 \text{ kg/cm}^2 = \sigma_{admT}$$

2- Solicitaciones

$$M = \frac{q \cdot l^2}{2} = \frac{N}{a} \cdot \frac{\left(\frac{ax - cx}{2}\right)^2}{2}$$



eje 1-1

$$M_x = \frac{N_c}{ax} \cdot \frac{(ax - cx)^2}{8}$$

$$M_x = \frac{20,5 \text{ t}}{1,15 \text{ m}} \cdot \frac{(1,15 \text{ m} - 0,30 \text{ m})^2}{8}$$

$$M_x = 1,61 \text{ tm}$$

eje 2-2

$$M_y = \frac{N_c}{ay} \cdot \frac{(ay - cy)^2}{8}$$

$$M_y = \frac{20,5 \text{ t}}{1,15 \text{ m}} \cdot \frac{(1,15 \text{ m} - 0,20 \text{ m})^2}{8}$$

$$M_y = 2,01 \text{ tm}$$

3- Verifico la altura (h)

$$k h_x = \frac{h_x [\text{cm}]}{\sqrt{\frac{M_x [\text{tm}]}{b_y [\text{m}]}}} = \frac{65 \text{ cm}}{\sqrt{\frac{1,61 \text{ tm}}{0,25 \text{ m}}}} = 25,59 \geq k h^* = 6,08$$

$$b_y = c_y + 5 \text{ cm} = 20 \text{ cm} + 5 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$$

$$k h_y = \frac{h_y [\text{cm}]}{\sqrt{\frac{M_y [\text{tm}]}{b_x [\text{m}]}}} = \frac{64 \text{ cm}}{\sqrt{\frac{2,01 \text{ tm}}{0,35 \text{ m}}}} = 26,71 \geq k h^* = 6,08$$

$$b_x = c_x + 5 \text{ cm} = 30 \text{ cm} + 5 \text{ cm} = 35 \text{ cm}$$

De TABLA 2:

$$k_h = 25$$

$$k_s = 0,43$$

$$\begin{aligned}k_x &= 0,09 \\k_z &= 0,97 \\-b &= 0,5\% \\s &= 5,00\%\end{aligned}$$

4- Armadura

$$A_{sx} [\text{cm}^2] = K_s \cdot \frac{M_x [\text{tm}]}{h_x [\text{m}]} = 0,43 \cdot \frac{1,61 \text{ tm}}{0,65 \text{ m}} = 1,06 \text{ cm}^2 \quad \text{Adopto } \varnothing 8 \text{ c}/15 \text{ cm} = 3,35 \text{ cm}^2$$

$$A_{sy} [\text{cm}^2] = K_s \cdot \frac{M_y [\text{tm}]}{h_y [\text{m}]} = 0,43 \cdot \frac{2,01 \text{ tm}}{0,64 \text{ m}} = 1,35 \text{ cm}^2 \quad \text{Adopto } \varnothing 8 \text{ c}/15 \text{ cm} = 3,35 \text{ cm}^2$$

IMÁGENES

Base hormigonada



Fig. 8.4.: Base hormigonada.

Fuente: <http://estructurasdehormigonarmado.blogspot.com.ar/>

CUESTIONARIO GUIA

1. ¿Qué son y qué función cumplen las fundaciones de los edificios?
2. Enumerar los distintos tipos de fundaciones para edificios y en qué casos se adoptan. Dar ejemplos de cada una.
3. ¿A qué se denomina platea de fundación?
4. ¿Cómo trabaja un pozo romano contra el suelo?
5. ¿Qué relación hay entre la tensión del terreno y la superficie de la base?
6. ¿A qué se debe el incremento de la carga N (del 5% al 10%) cuando se dimensiona la superficie de apoyo de una base?
7. ¿A qué esfuerzos puede estar solicitada una base?
8. ¿Cómo se determina la carga total que actúa sobre la base?
9. ¿Cómo se predimensiona la altura d_o de la base?
10. ¿Cómo se predimensiona la altura d del talón de la base?

11. ¿Por qué a la plataforma de la base se la ensancha 1= para cada lado respecto a las dimensiones de la columna que soporta?
12. ¿Cuál es el recubrimiento mínimo para las armaduras de la base y por qué es mayor que en losas, vigas o columnas?
13. ¿Cómo es la deformación de una base?
14. Grafica los esquemas de falla de las bases por flexión, corte y punzonamiento.
15. ¿Cómo se calculan los momentos que provocan la flexión de la base?
16. ¿Cuáles son las dimensiones mínimas de una base?
17. ¿Dónde y cómo se dispone la armadura en la base y por qué?
18. ¿Cuál es la armadura mínima y separación máxima de la armadura de una base?
19. ¿De qué forma se produce la perforación por punzonamiento sobre la base?