



---

# Fundaciones

Introducción a la Construcción  
Curso 2013

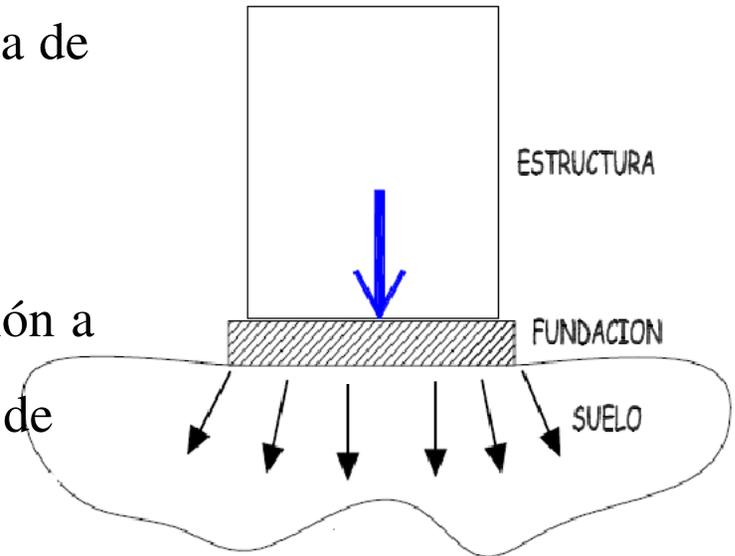
Docente: Patricia Vila  
pvila@fing.edu.uy

Torre Pisa:  
Construida en 1173.



# Conceptos generales

- ✚ Es la parte de la estructura que será la encargada de transmitir las cargas al suelo.
- ✚ Las cargas de las estructuras llegan a la fundación a través de pilares y/o muros, dependiendo del tipo de estructura que se trate.
- ✚ En la mayoría de los casos, los suelos tienen baja resistencia en relación a los materiales que constituyen la estructura.





# Conceptos generales

Clasificación general	Material granular							Material cohesivo — más del 35% del total de la muestra que pasa por el cedazo No. 200			
Clasificación por grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Análisis con cedazo % que pasa											
No. 40 _____	30 máx	50 máx	51 mín								
No. 200 _____	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 min	36 min	36 min	36 min

## Tensiones admisibles de suelos:

**A-7:** no recomendable

**A-6:** 1 Kg/cm<sup>2</sup>

**A-4, A-5:** 2 kg/cm<sup>2</sup> (limo de Fray Bentos mayor)

**A-3:** de 3 a 4 kg/cm<sup>2</sup>

**A-1, A2:** entre 4 y 8 kg/cm<sup>2</sup> (toscas)

**Rocas:** depende del grado de fragmentación (hasta 50 Kg/cm<sup>2</sup>)



# Clasificación

---

+ Según la forma de transmitir la carga al suelo:

Lineal, Puntual, Superficial

+ Relación entre descarga de estructura y tensión admisible suelo:

Directa, Indirecta, Mixta

+ Profundidad de apoyo:

Superficiales, Profundas

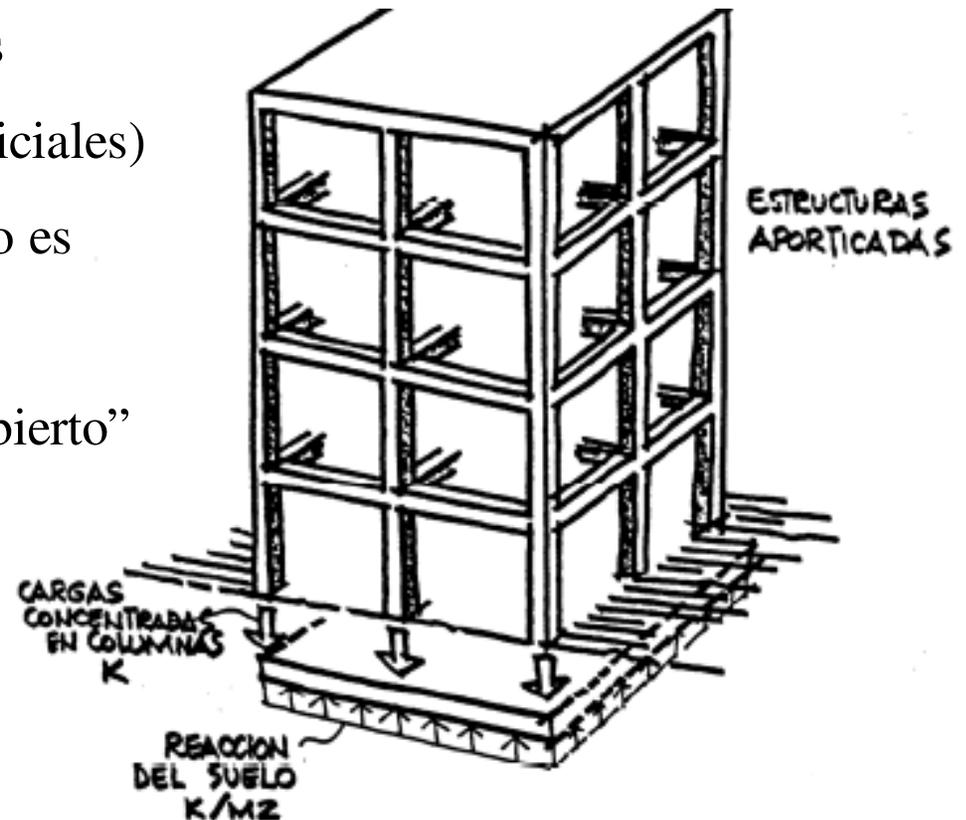
En el curso nos referiremos a:

**F. SUPERFICIALES (O DIRECTAS) y**

**F. PROFUNDAS (O INDIRECTAS) - PILOTES**

# Fundaciones Superficiales (o Directas)

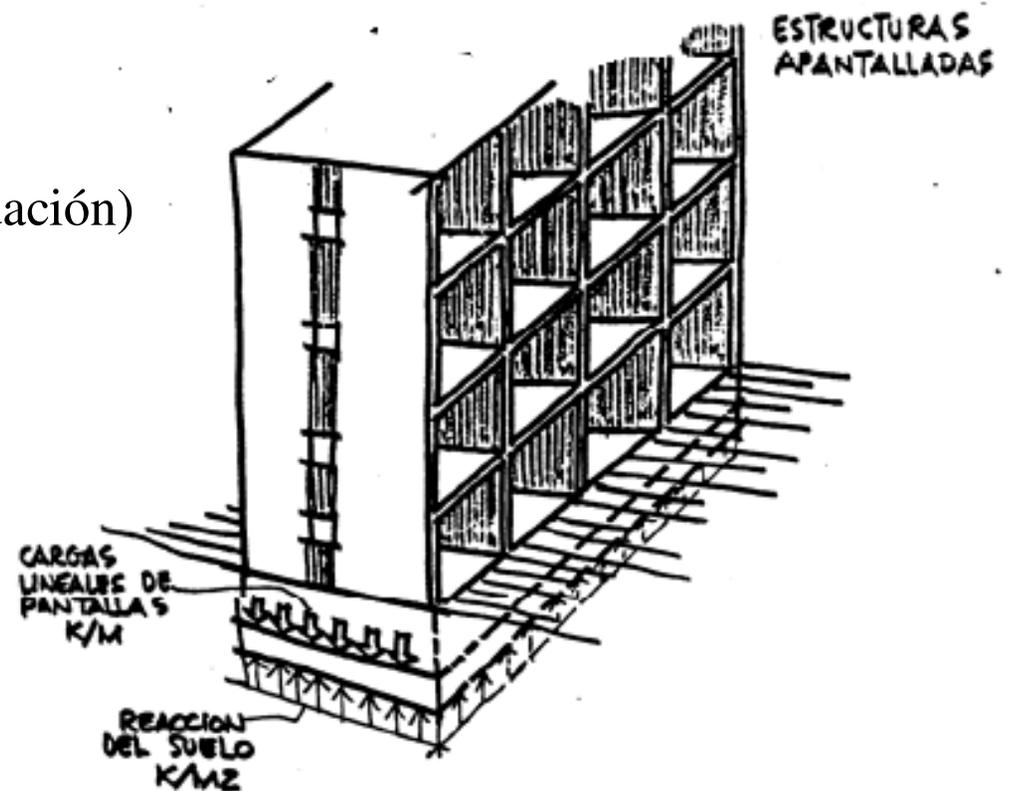
- Las cargas son transferidas al suelo mediante elementos apoyados en zonas cercanas a la superficie (por eso superficiales)
- El modo de transmitir la carga al suelo es por superficie.
- Se realiza una excavación a “cielo abierto” y se construye la fundación en ella.



# Fundaciones Superficiales (o Directas)

## +Tipos:

- ◻ Zapata aislada (Base)
- ◻ Zapatas combinadas
- ◻ Zapata corrida
- ◻ Viga de fundación
- ◻ Platea de fundación (Losa Fundación)





# Zapatas (Bases)

---

✚ Utilización: Cuando las descargas de la estructura son puntuales (a través de pilares) y cuando el suelo y la metodología constructiva lo permitan.

✚ Tipos:

- Base centrada
- Bases excéntricas (Bases medianeras)
- Bases combinadas

✚ Material: generalmente hormigón armado (u hormigón ciclópeo en base centrada o zapatas corrida)

✚ Datos necesarios para su dimensionado: cargas transferidas por la estructura, profundidad de fundación y tensión admisible del suelo.

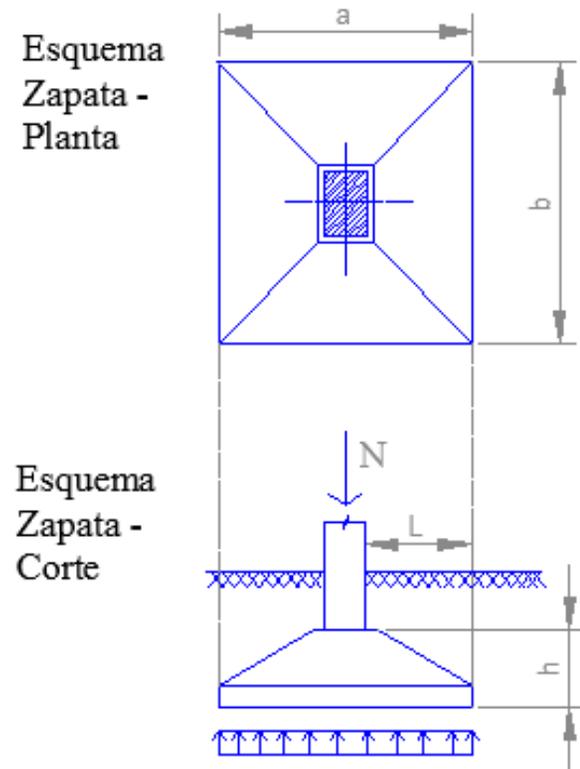
# Zapatas (Bases)

## Base centrada:

Cuando coinciden el eje de la descarga con el centro de gravedad de la base.

## Forma de Pirámide Truncada:

No es necesario hormigón en los bordes, se aumenta espesor en el centro (zona más comprometida de la zapata: Puzonado (por cómo “viajan” las cargas desde el pilar hasta la base de la zapata).

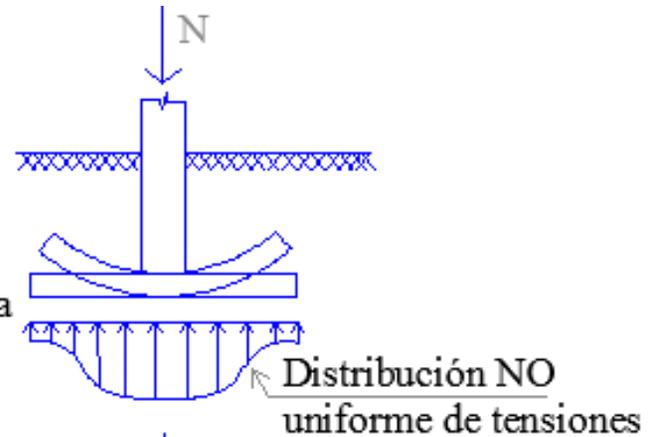


# Zapatas (Bases)

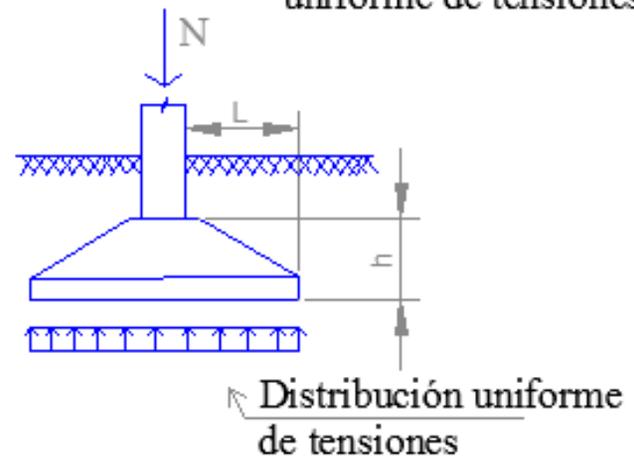
Las zapatas pueden ser:  
rígidas o flexibles

Para lograr una distribución  
uniforme en el suelo, la zapata  
debe ser rígida.

Zapata Flexible:  
Levantamiento de  
los bordes por falta  
de rigidez

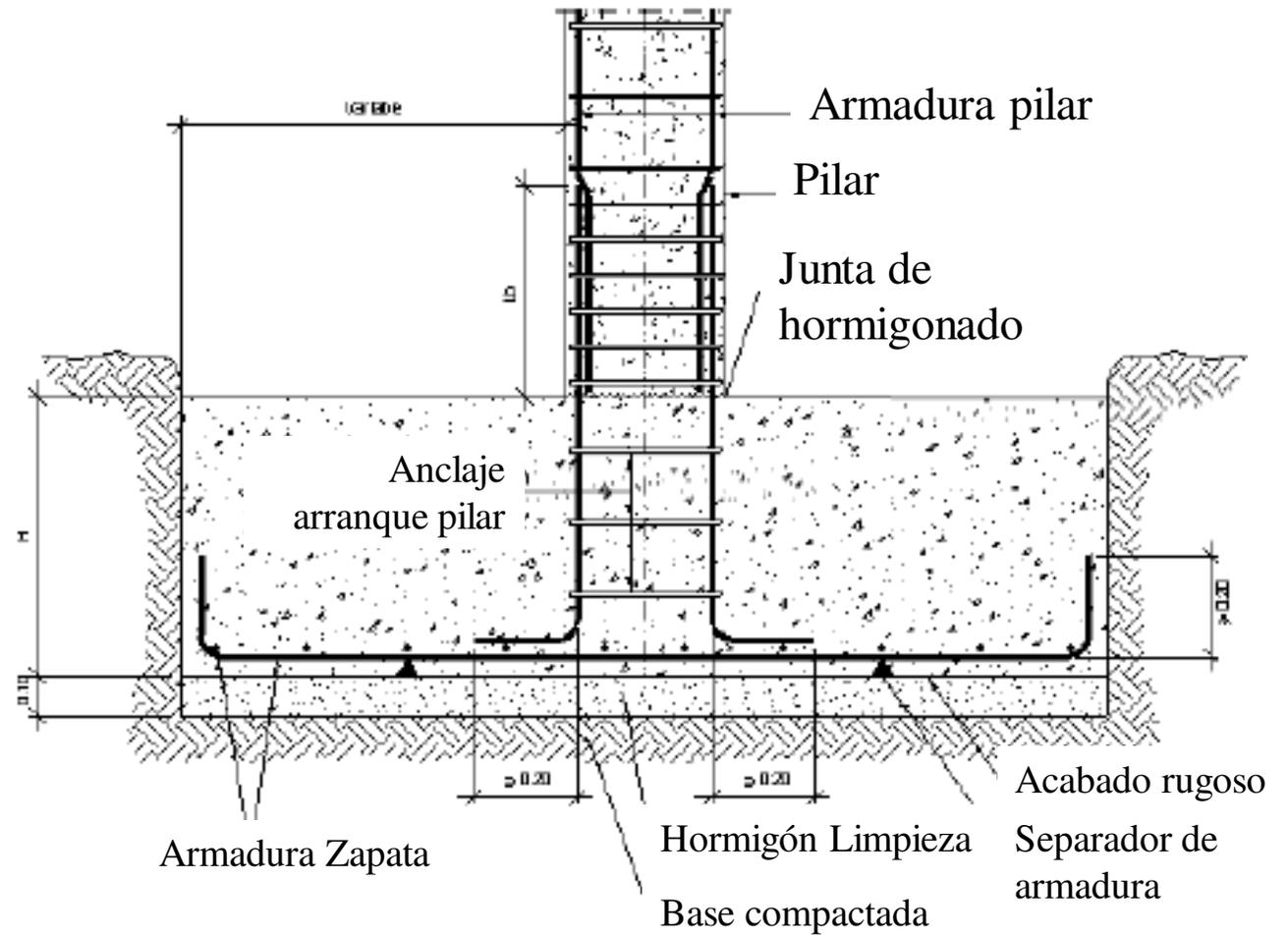


Zapata rígida:  
 $h \geq L/2$



# Zapatas (Bases)

## Detalle zapata





# Zapatas (Bases)

---

## Base excéntrica:

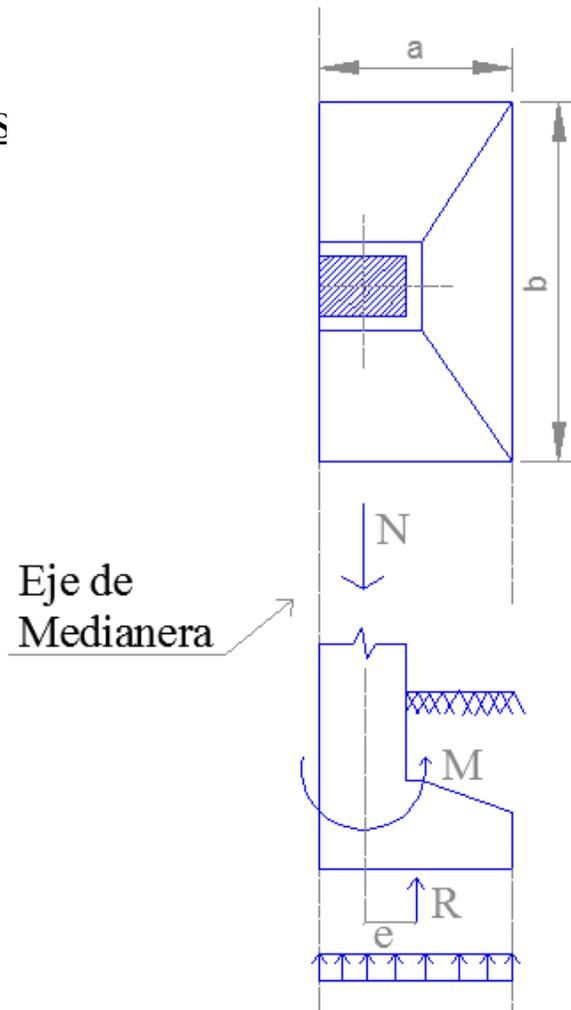
Cuando **no** coincide el eje de la descarga con el centro de gravedad de la base.

Casos:

- ✚ excentricidades del tipo espacial (Medianeras)
- ✚ excentricidad de la descarga

# Zapatas (Bases) – Medianeras

## Medianeras



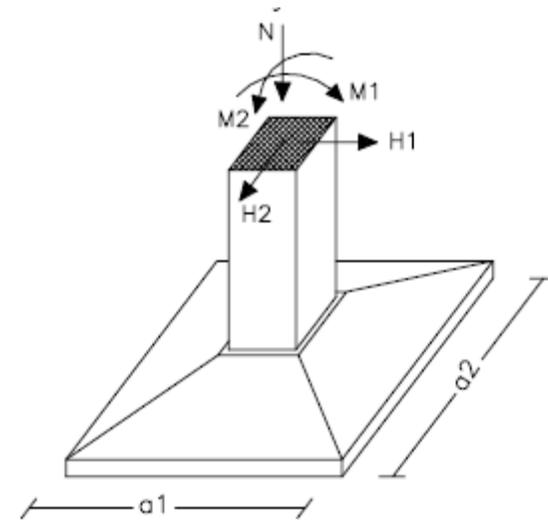
✚ La base introduce un momento flector al pilar de la estructura que debe tenerse en cuenta en su cálculo.

✚ El pilar debe tener suficiente rigidez para que la base no gire y su plano inferior se mantenga siempre horizontal, para que las tensiones transmitidas al suelo sean uniformes.

✚ Se debe tratar de que  $M$  sea mínimo, por lo tanto el lado mayor de la base rectangular paralelo a la medianera.

# Zapatas (Bases) – Excentricidad de la carga

Excentricidad de la descarga: genera momentos de flexión en el encuentro con la fundación.

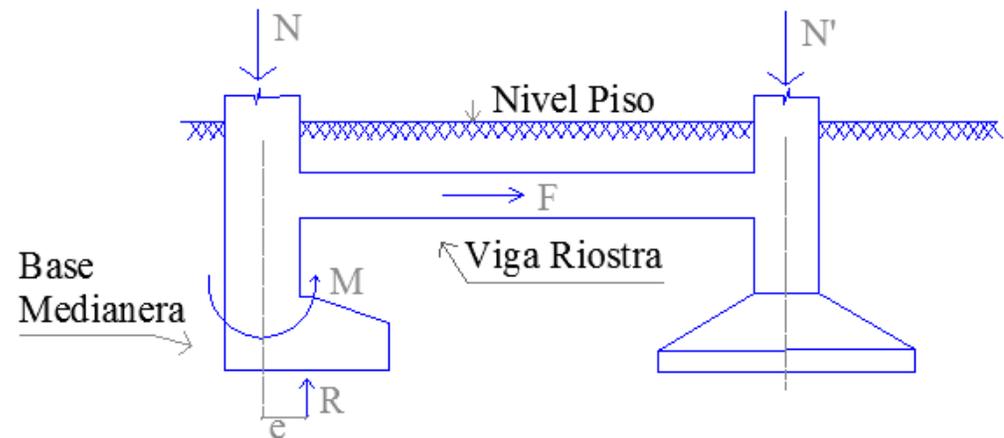


# Zapatas (Bases) – Cargas excéntricas

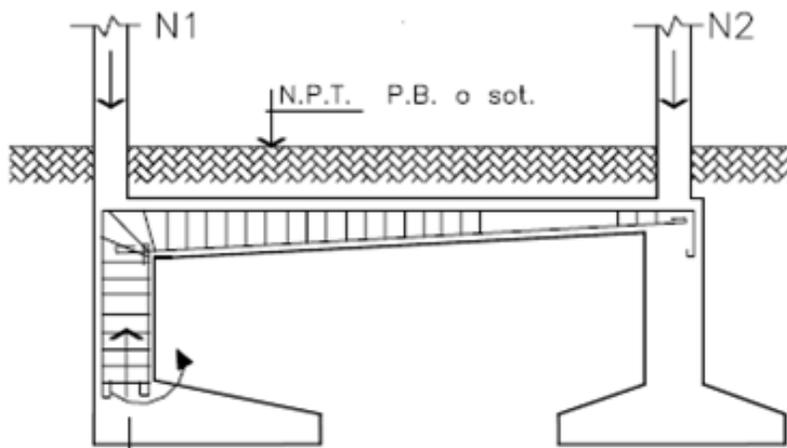
Viga riostra: sistema para equilibrar  $M^e$

Tipos:

- Base con tensor
- Base apórticada

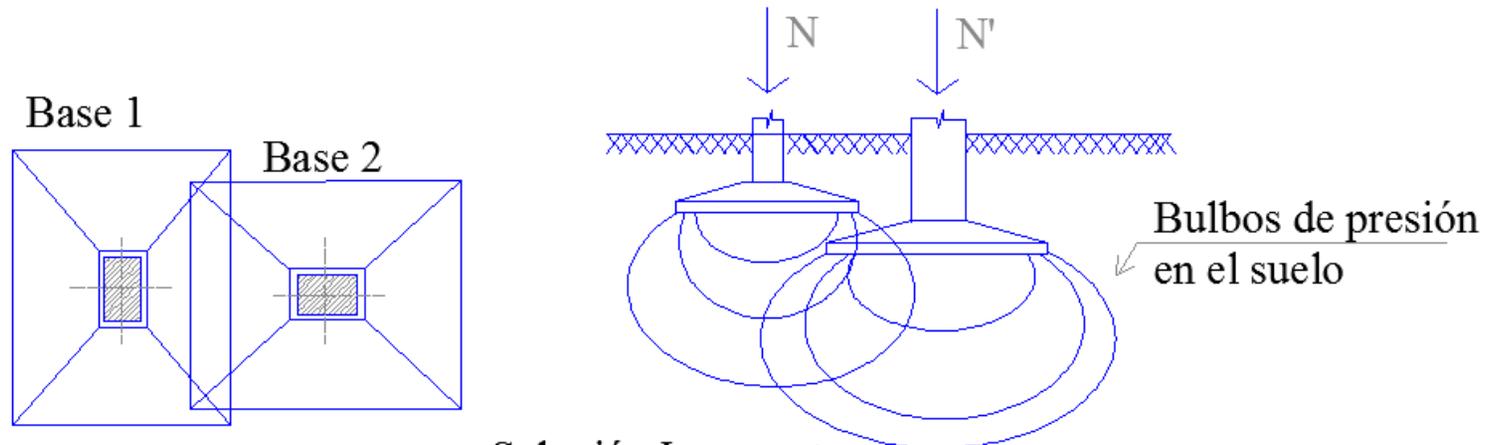


Base con tensor:

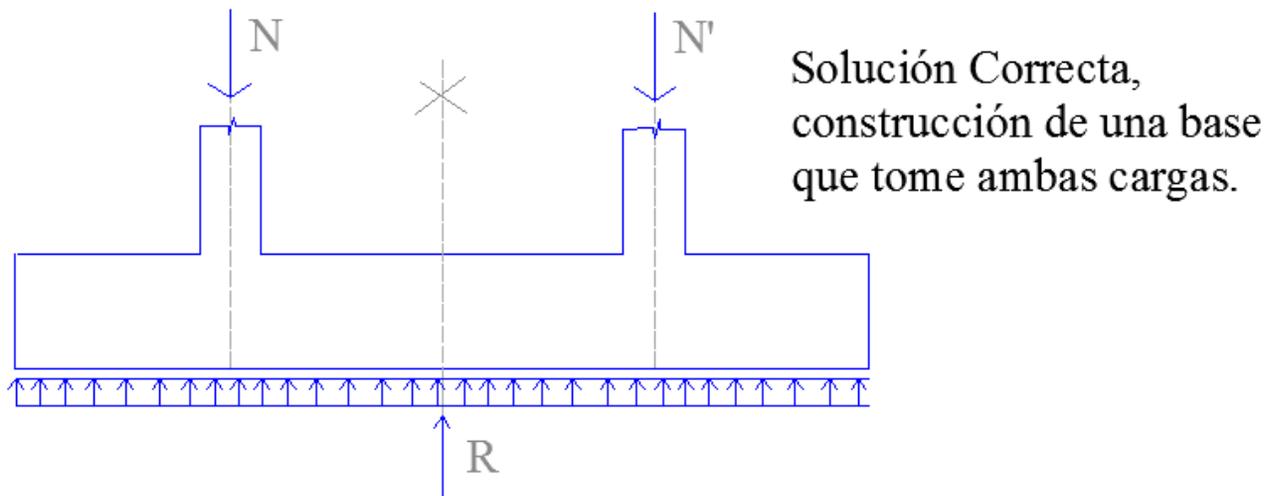


Base apórticada

# Zapatas (Bases) – Combinadas

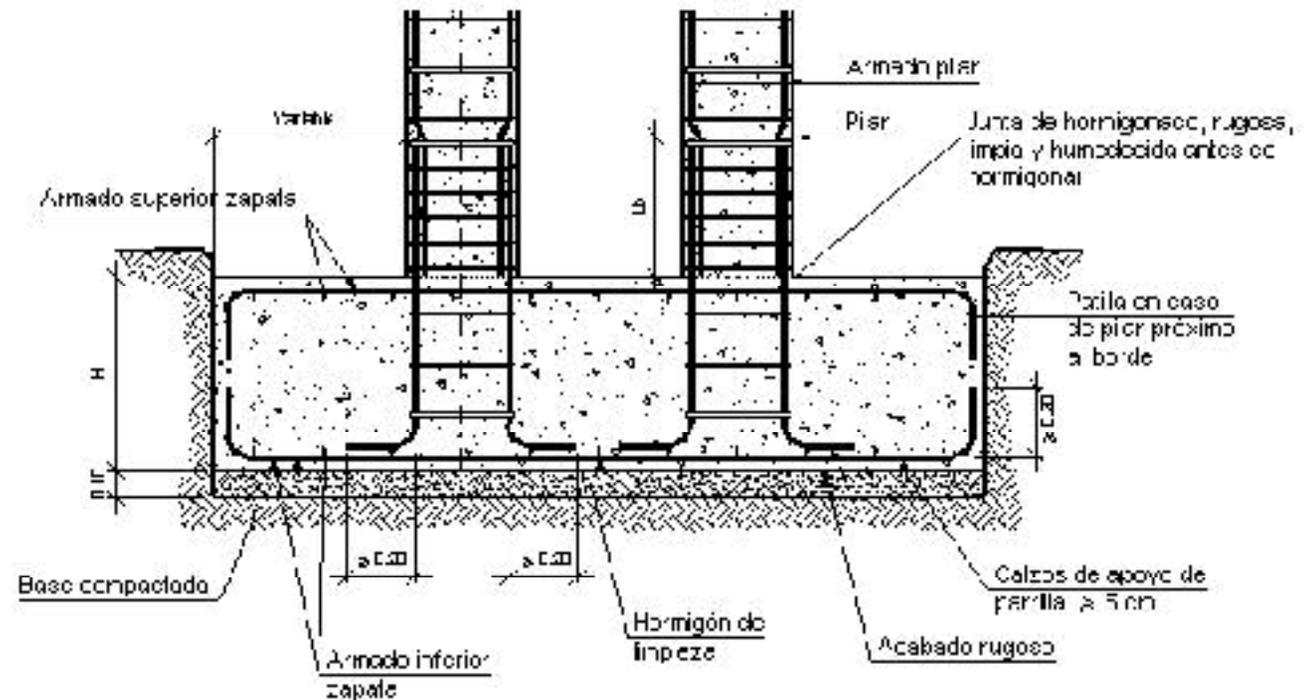


Solución Incorrecta,  
existe superposición de  
bulbos de presión



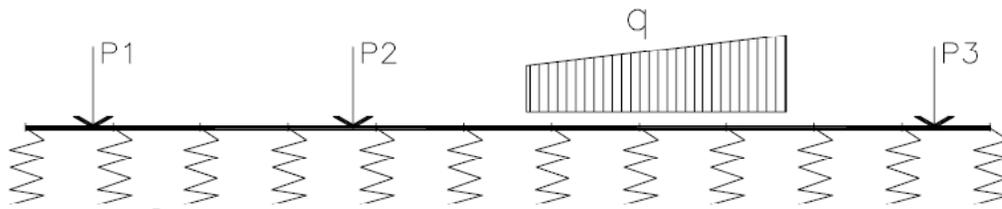
# Zapatas (Bases) – Combinadas

## Detalle zapata combinada

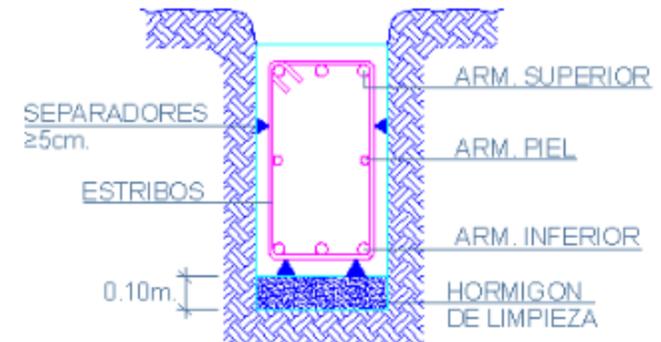


# Zapatas Corridas

- ✚ En casos de descargas puntuales alineadas o muros con descarga lineal distribuida.
- ✚ En suelos blandos y de bajas características resistentes.
- ✚ Se comportan como vigas en medio elástico:



Detalle de sección

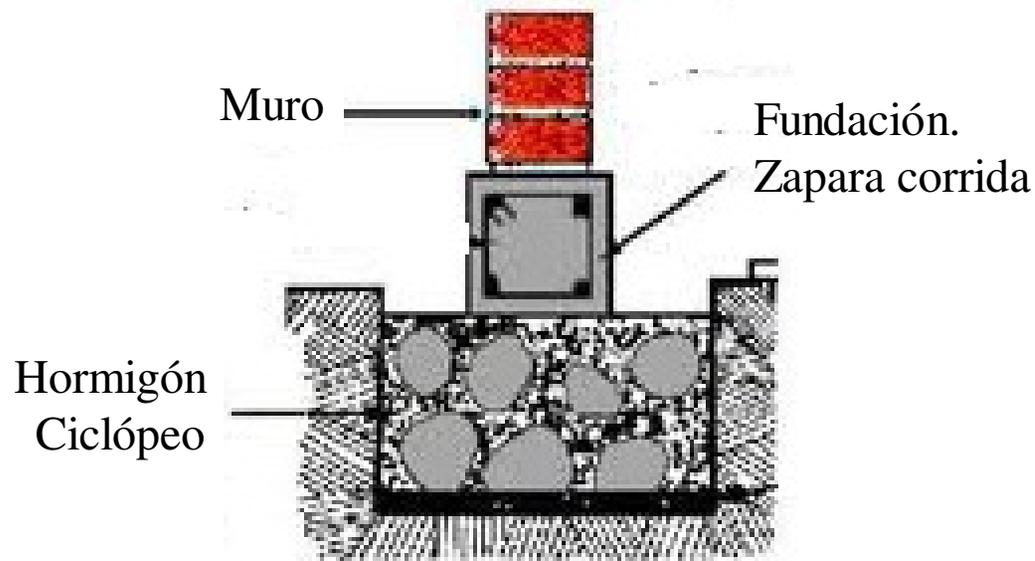


# Zapatas Corridas



# Zapatas Corridas – H. Ciclópeo

- ✚ Hormigón ciclópeo: las bases o zapatas corridas podrían ser de este material. Grandes piedras dentro de una masa de hormigón (un 70 – 80 % del volumen son piedras).
- ✚ También se pueden colocar estos macizos de hormigón debajo de la fundación (para generar una mayor distribución de la carga al suelo)





# Vigas de fundación

---

- ✚ En casos de descargas puntuales alineadas o muros con descarga lineal distribuida.
- ✚ En suelos expansivos (arcillas), cuando se humedecen pueden generar tensiones hacia arriba (supresiones).

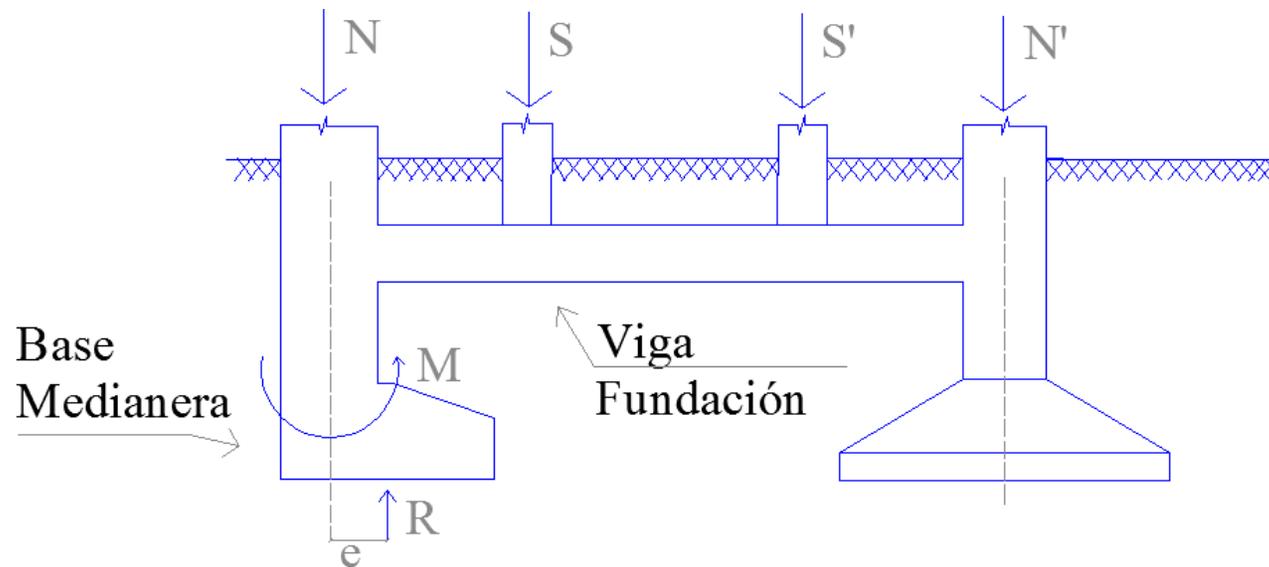
Relación entre las características plásticas del suelo y el grado de hinchamiento:

<b>Grado Potencial de Expansión</b>	<b>Índice Plástico</b>
Bajo	0 - 15
Medio	10 - 35
Alto	20 - 55
Muy Alto	> 35

(Pueden existir suelos con alta plasticidad pero no expansivos)

# Vigas de fundación

- ✚ En esos casos, los muros y/o pilares descargan sobre una viga (viga de fundación) y a su vez, ésta se apoya puntualmente sobre zapatas.
- ✚ Las Vigas Riostras pueden actuar como Vigas de fundación!



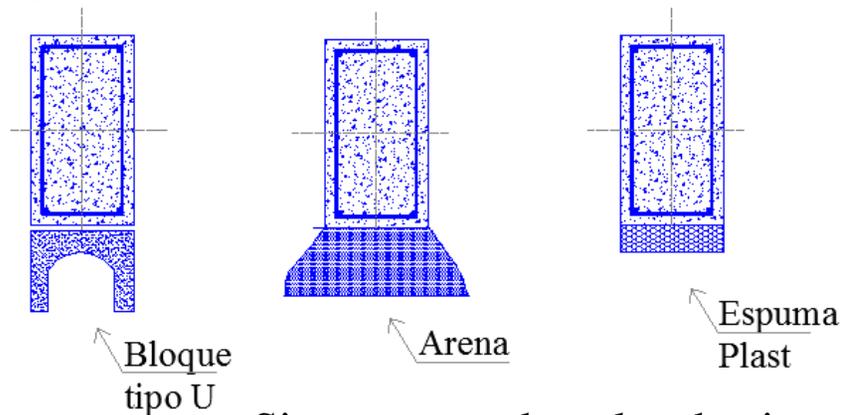
# Viga de fundación

## DESCALCE DE VIGA DE FUNDACIÓN

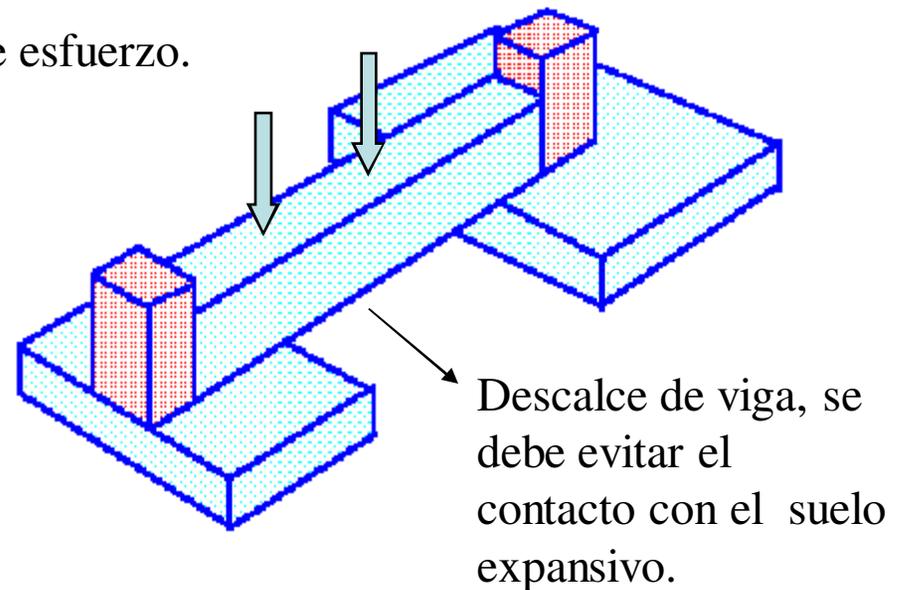
La viga de fundación sólo apoya en las zapatas, por lo tanto entre el suelo y el fondo de la viga se debe colocar un material deformable que evite, a consecuencia de una posible expansión del suelo que la viga se deforme hacia arriba.

Armado de la viga para resistir esta clase de esfuerzo.

Viga Fundación -  
Opciones de descalce

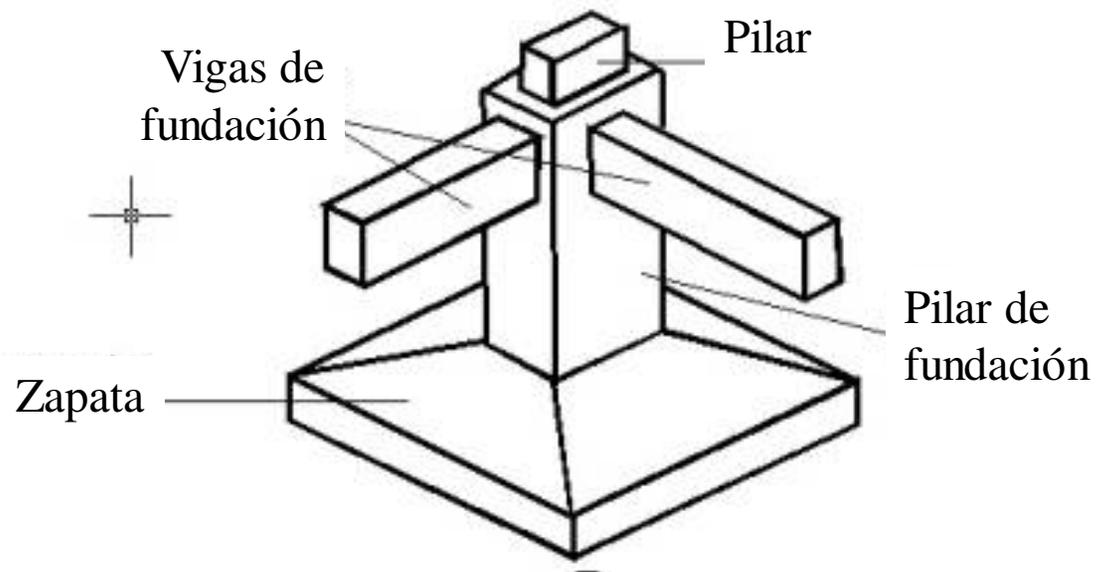


Sistema para descalce de vigas. También se puede colocar poliestireno expandido (espuma plast)



# Solución Mixta

Viga de Fundación – Pilar de Fundación - Zapata





# Zapatas – Procedimientos Constructivos

---

## Etapas:

1. Replanteo
2. Drenaje (en presencia de agua)
3. Excavación y Entibados
4. Hormigón de Limpieza
5. Armadura
6. Encofrados
7. Hormigonado
8. Relleno y Compactación del suelo



# Zapatas – Procedimientos Constructivos

---

✚ Replanteo: colocación de estacas o marcos de madera en los borde de la excavación



# Zapatas – Procedimientos Constructivos

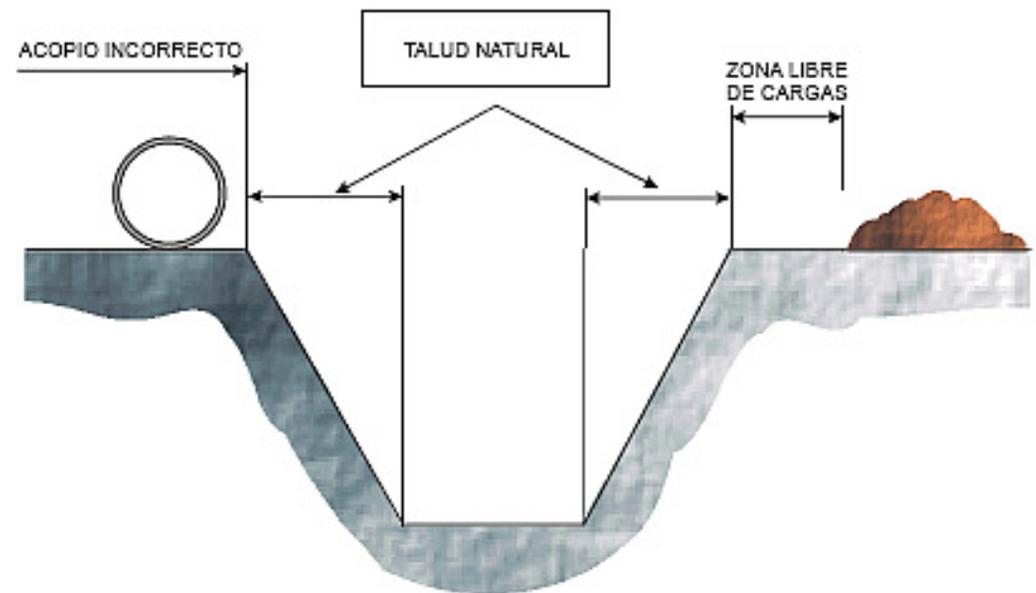
---

- ✚ Drenaje: en los casos de presencia de agua, debe colocarse algún sistema de retiro de la misma para trabajar en seco.
- ✚ Causa presencia de agua: ocasional (lluvias) o permanente (Napa Freática)
- ✚ Tema tratado en el capítulo “El agua de lluvia y la Napa Freática. Sus Efectos” en: “Excavaciones para subsuelos, zanjas y contenciones” del Profesor Álvaro Leez.

# Zapatas – Procedimientos Constructivos

✚ Excavación: se realiza con equipos (retroexcavadora, martillo, etc) o manualmente, retirando el material excavado o reservando para posterior relleno. De acuerdo al tipo de terreno y a la profundidad de excavación se disponen los taludes necesarios para garantizar su estabilidad.

- ✓ Realización de talud adecuado al tipo de suelo.
- ✓ Correcta señalización del pozo, vallado!
- ✓ En el caso de presencia de agua, el pozo debe mantenerse seco, utilización de bombas!



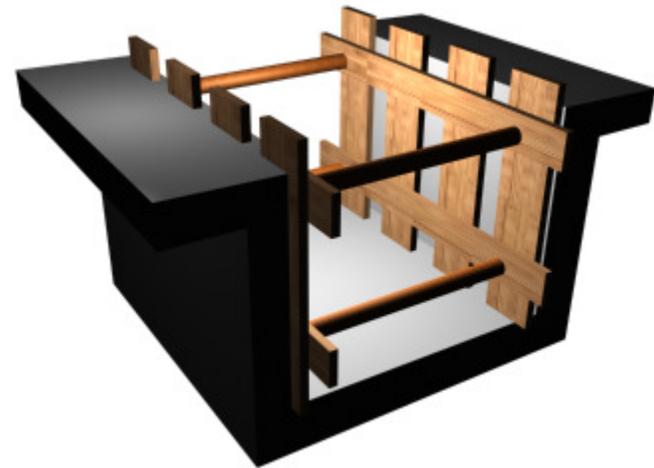
# Zapatas – Procedimientos Constructivos

✚ Entibación: sistema de protección frente al desmoronamiento del suelo.

✚ Seguridad para el personal que trabajará en el pozo.

✚ La anchura debe ser mínima para el tamaño de la zapata.

✚ En suelos desmoronables y en presencia de agua puede aumentar mucho el costo de este tipo de fundación.



# Zapatas – Procedimientos Constructivos

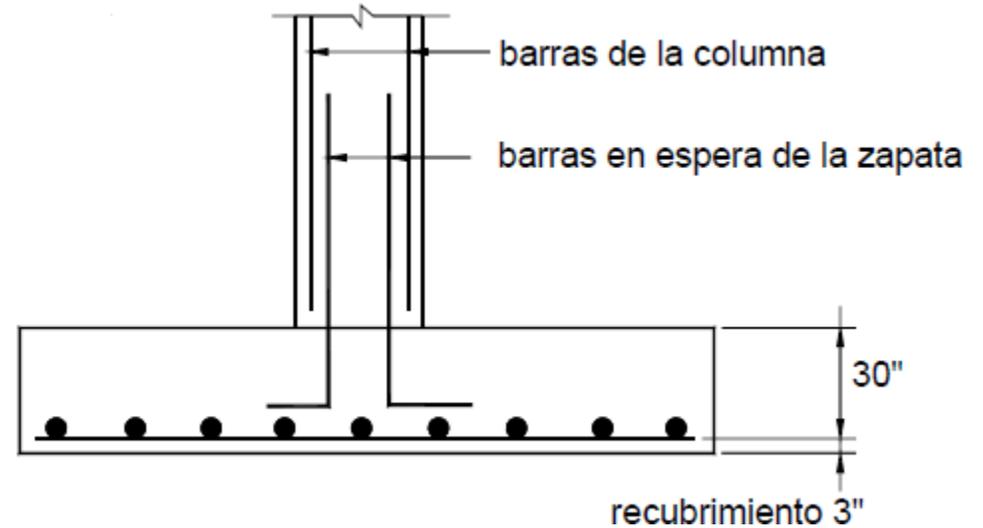
- ✚ Hormigón de Limpieza: mejoramiento de la superficie de trabajo. Evita que se forme barro, que se pueda trabajar de forma limpia.



# Zapatas – Procedimientos Constructivos

## ✚ Armadura:

- ✓ Empalmes con el resto de la estructura
- ✓ Utilización de separadores, principalmente en fondo.



# Zapatas – Procedimientos Constructivos

✚ Encofrado:



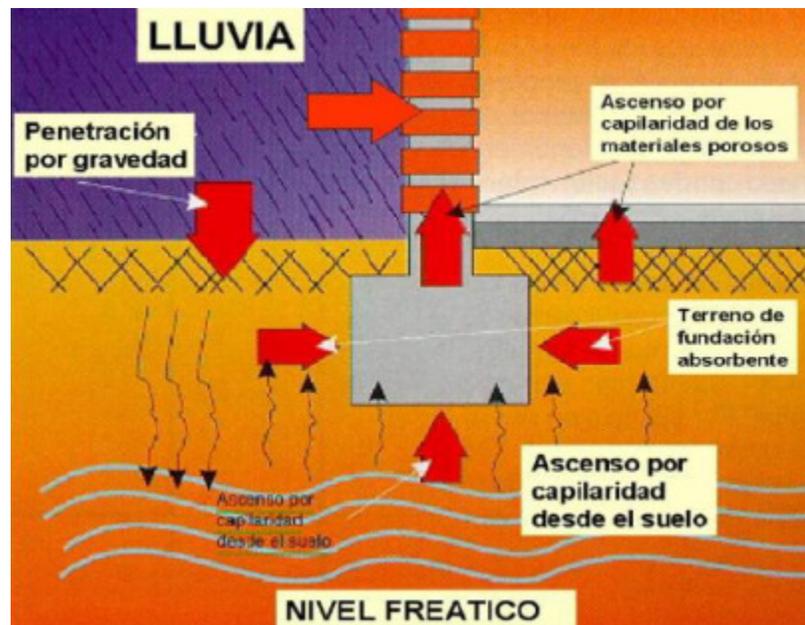
# Zapatas – Procedimientos Constructivos

✚ Hormigonado:

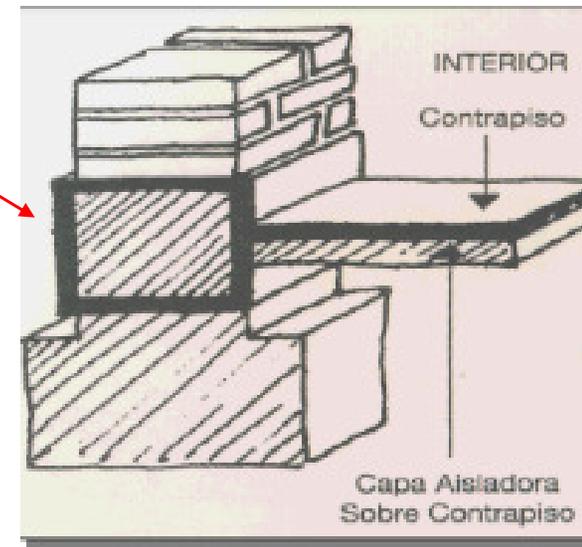


# Zapatas – Procedimientos Constructivos

- ✚ Impermeabilización y protección contra la humedad: en los casos de presencia de agua, se debe evitar que el agua ascienda por la fundación.



Capa aisladora



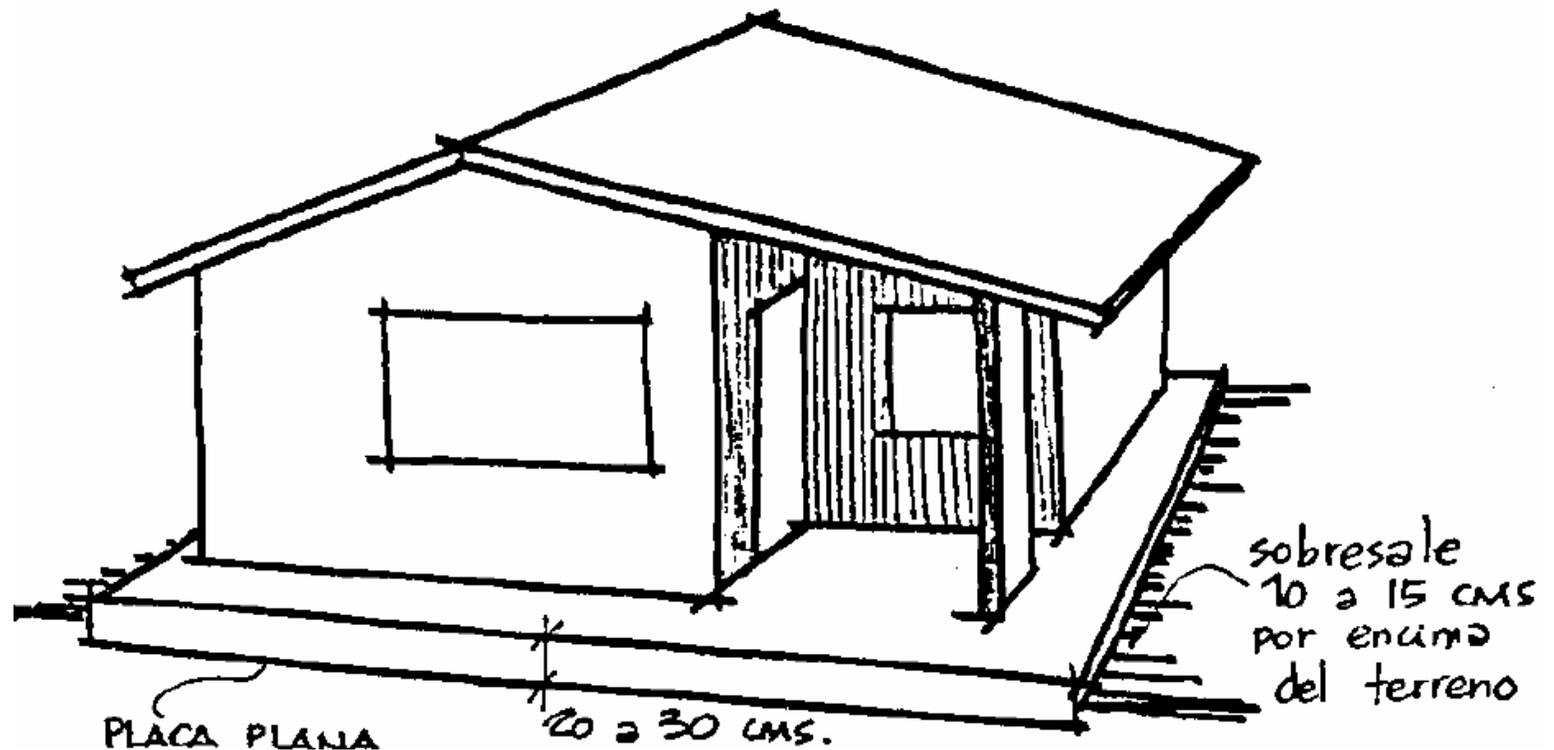
# Zapatas – Procedimientos Constructivos

Relleno



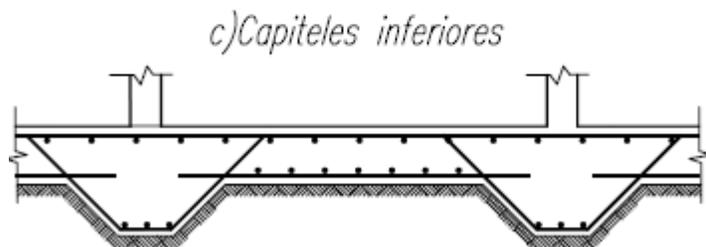
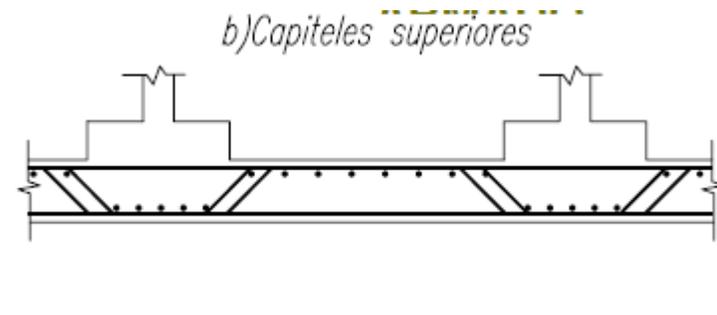
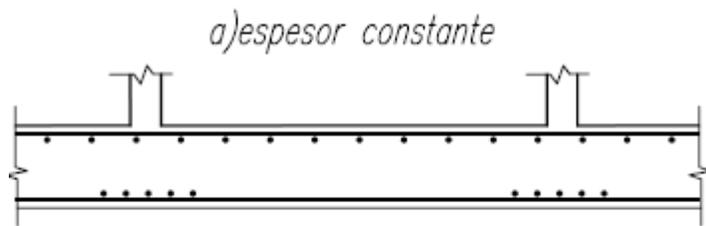
# Platea de Fundación

- ✚ Cuando se tenga poca capacidad portante del suelo, en suelos muy heterogéneos, en los que puedan existir asentamientos diferenciados, o en los casos de supresiones (napa freática alta).
- ✚ En los casos que la construcción de zapatas aisladas ocupen el 50 % del área.



# Plata de Fundación

## Formas



- Armado de la platea para resistir esfuerzos de expansión del suelo
- Refuerzo de la platea en zonas de descarga de muros

# Plata Fundación – Procedimientos Constructivos



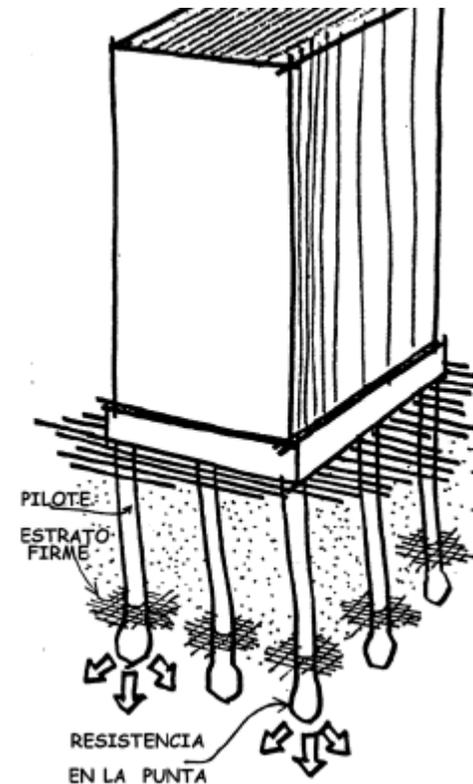
# Fundaciones Profundas (o Indirectas) – Pilotes

✚ Cuando resulta inviable la realización de una fundación directa (a poca profundidad).

✚ Motivos:

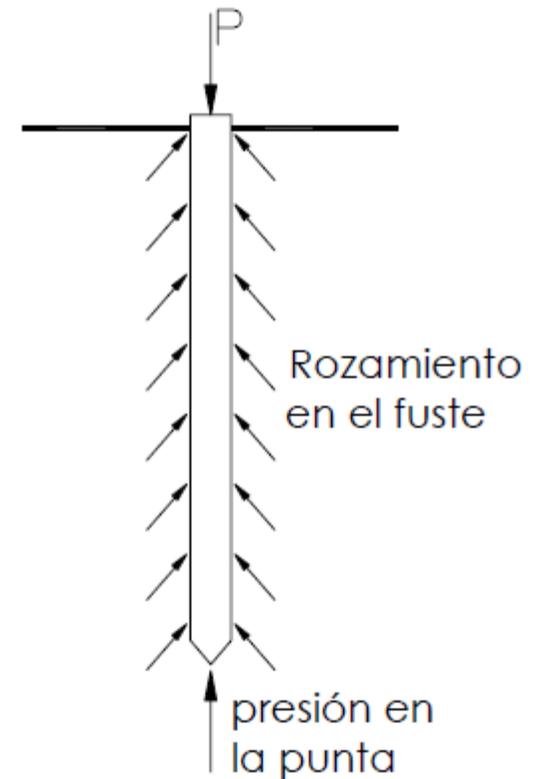
- Poca capacidad resistente del suelo
- Suelos muy desmoronables
- Suelos compresibles (deformables)
- Suelos muy expansivos (deformables)
- Estructuras sobre agua

✚ En estos casos se realiza una fundación a mayor profundidad, a la cual no se llega directamente.



# Pilotes

- ✚ Pilote: elemento de gran longitud, que transmiten las descargas al suelo.
- ✚ La descarga se transmite de dos formas: por punta y por rozamiento.





# Pilotes - Clasificación

---

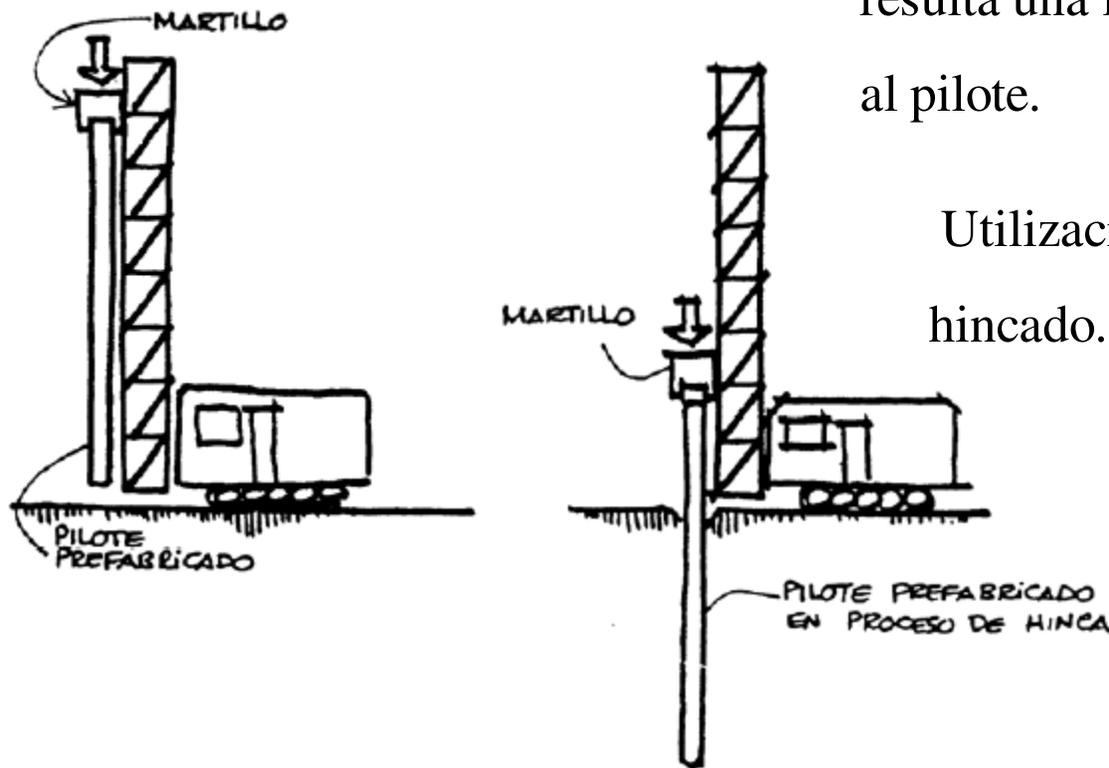
- + Según forma de transmitir la carga: Pilote punta, Pilote de rozamiento, Pilotes flotante: cuando el pilote sólo trabaja por fricción.
- + Según el tipo de sollicitación: Pilotes de tracción, Pilotes de compresión
- + Según material de fabricación: Madera, Acero, Hormigón simple, Hormigón armado, pretensado.
- + Según forma de fabricación: (veremos en el curso): Pilotes Hincados, Pilotes Perforados con Mecha Hueca, Pilotes Perforados Entubados, Pilotes Tipo Franki.

# Pilotes Hincados

Pilotes prefabricados de madera, hierro u hormigón que se hincan hasta su posición definitiva por percusión o vibración.

El espacio que ocupa el pilote se consigue desplazando el suelo, lo que resulta una mejora del suelo contiguo al pilote.

Utilización de Martinete para el hincado.





# Pilotes fabricados en situ

---

Previo se deberá dejar el espacio libre que ocupará el pilote, luego se fabrica éste.

Tipos que se **verán en el curso:**

- Pilotes perforados con mecha hueca
  - Pilotes perforados entubados (encamisados)
- } Con extracción de suelo

. Pilotes hinca de tubo (Tipo Franki) → Sin extracción de suelo

.Otros:

.Pilotes camisa perdida

.Pilotes con bentonita o polímeros

.Micropilotes



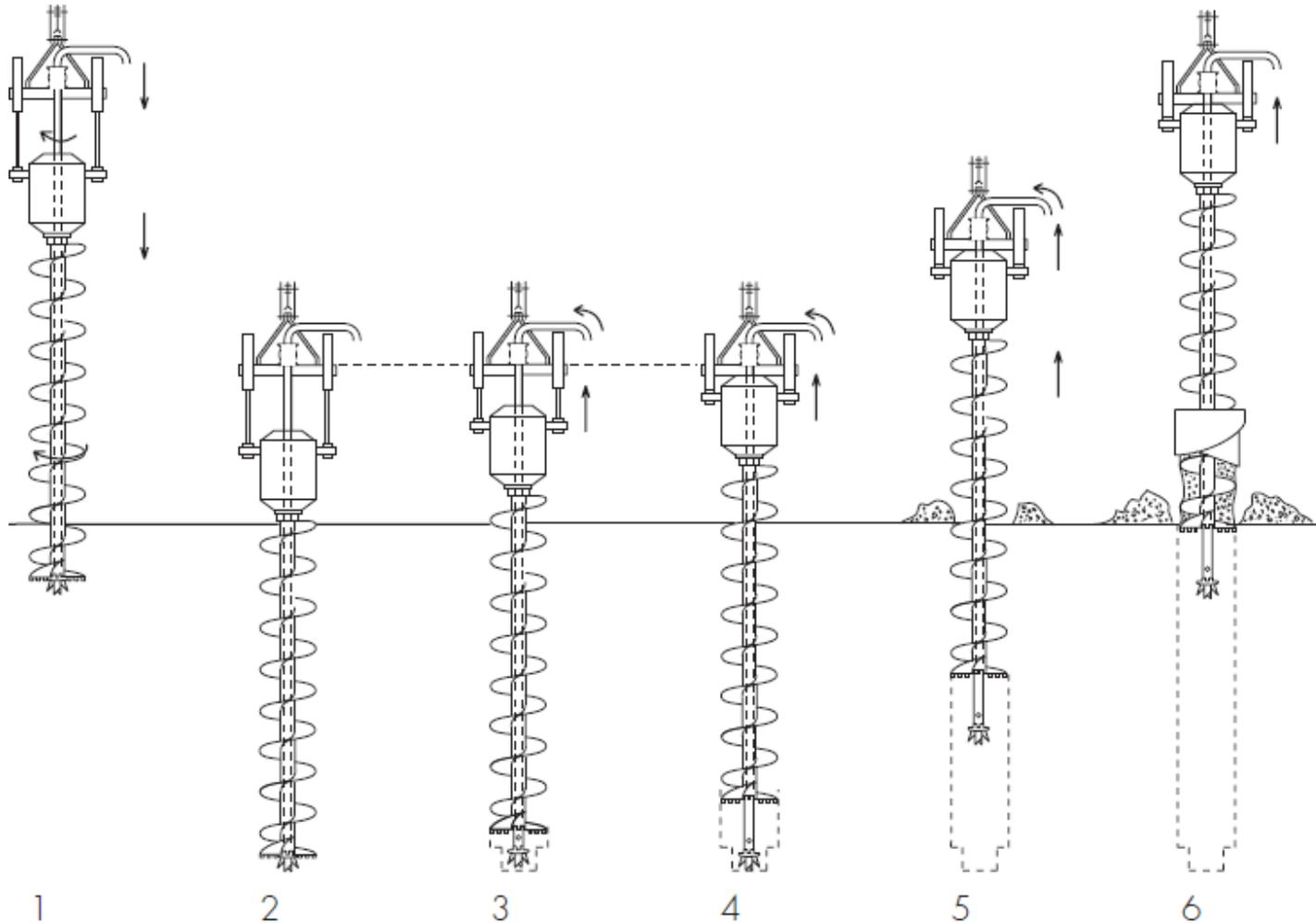
# Pilotes perforados con mecha hueca

---

- + Mecha hueca que mediante empuje y rotación va penetrando en el suelo y realizando la excavación. El suelo es extraído, sale adherido a la hélice.
- + La mecha es hueca en su interior. Cuando se llega a la cota de fundación, la mecha se levanta unos cm, se abre tapa inferior, por la cual sale hormigón y a medida que se va levantando se va hormigonado el fuste del pilote.
- + En todo momento se va controlando la presión y el volumen de hormigón que se va vertiendo.

# Pilotes perforados con mecha hueca

## Etapas:



# Pilotes perforados con mecha hueca

- ✚ La armadura se coloca después de hormigonado el pilote.
- ✚ Se utiliza un hormigón muy fluido (asentamiento 20 cm con aditivo)
- ✚ Se utiliza para pequeñas profundidades (7 – 10 mts), sin presencia de agua y suelos no desmoronables.
- ✚ Las propias aletas de la mecha rellenas de tierra contienen las paredes de la excavación!!
- ✚ Diámetros de pilote que van de 0,4 a 1 mts.



La armadura dentro del hormigón sólo se logra colocar hasta 6 – 7 mts de profundidad.



# Pilotes perforados entubados

---

- + En casos de desmoronamiento de suelos y en presencia de agua
- + Se realiza la perforación del suelo dentro de tubos metálicos hasta alcanzar la cota de fundación.

---

**Aclaraciones:** nos referimos a **camisa metálica** como sinónimo de tubo metálico. Tubo metálico es la pieza para contener el suelo durante la fabricación del pilote.

**Cota de fundación:** en los casos de pilotes nos referimos a la cota de la punta inferior del pilote. También denominada **cota de rechazo** en algunos tipos de pilotes (o firme).

# Pilotes perforados entubados

- + La perforación se realiza con extracción de material. El material va quedando acumulado en receptáculo en la punta de la mecha (Cabeza de rotación).
- + Luego de retirado el sistema de excavación se coloca la armadura.
- + Hormigonado del fuste del pilote y retiro de tubos.



# Pilotes perforados entubados

- Utilización de una mecha para realizar la excavación

- Precaución:

**estrangulamiento del pilote!..**

Se debe mantener el borde inferior del tubo por debajo del nivel superior de hormigón.





# Pilotes Hincados de Tubo (Tipo Franki)

---

- ✦ Se hincan tubos metálicos “taponeados” en la punta, luego a medida que se va hormigonando se va levantando el tubo (previa colocación de la armadura).
- ✦ Método sin extracción de suelo. Se logra un mejoramiento del suelo en los alrededores del pilote, aumentando su densidad.
- ✦ Se utiliza en los casos que sea permitido hincar, en suelos desmoronables o en presencia de agua.



# Pilotes Hincados de Tubo (Tipo Franki)

---

## ➤ Cómo se realiza el hincado del tubo y se logra la perforación sin extracción de suelo?:

Pisón (Martinete) de 1 a 2 Ton que impacta (en caída libre) sobre el ‘ tapón’ formado en la punta de la camisa.

## ➤ Formación del tapón:

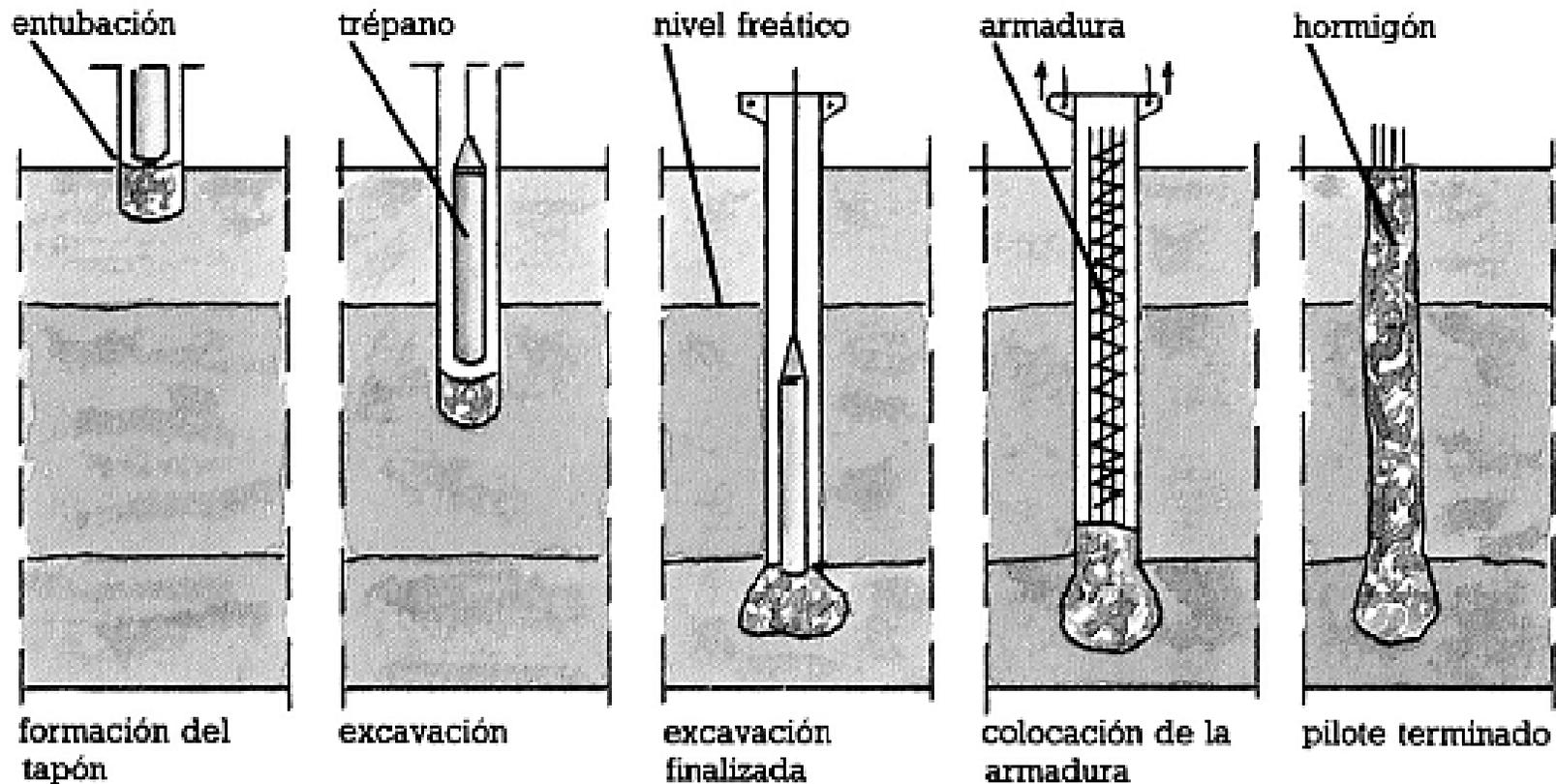
Se introduce dentro del tubo unos 80 cm (o una altura de dos diámetros) de material granular (piedra partida o hormigón pobre) que al “apretarse” contra las paredes del tubo y por fricción contra éste, lo arrastra hacia abajo.

## ➤ Hasta qué profundidad se hincan los tubos?:

Hasta llegar a la cota de rechazo: tubo baja menos de  $x$  cm (10 cm) en  $x$  golpes (en 10 golpes).

# Pilotes Hincia de Tubo (Tipo Franki)

## ✚ Etapas:





# Pilotes Hinca de Tubo (Tipo Franki)

---

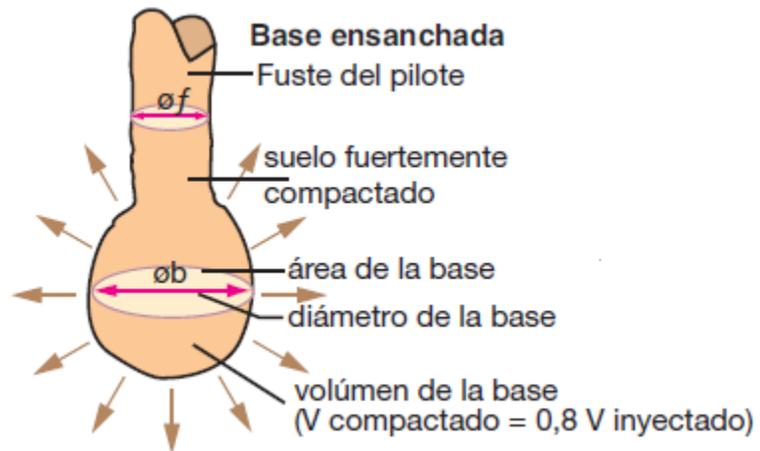
## **✚ Cómo se desarma el tapón?**

Dejando el tubo solidario a la torre del equipo, se levanta ligeramente y se continua golpeando el tapón, que penetra en el suelo, se agrega material y se forma lo que se denomina bulbo.

✚ Mejoramiento de la zona que se encuentra en la punta del pilote (por dos motivos: ensanchamiento de la punta, denominado “bulbo” y densificación del suelo). Con esto se logra una mayor capacidad de carga para este tipo de pilote (en comparación con otro sistema y a la misma profundidad).

# Pilotes Hincia de tubo (Tipo Franki)

## Bulbo:



# Pilotes Hinca de tubo (Tipo Franki)

## Armadura:

Parte inferior de la armadura, terminación tipo canasto.



Estribos de forma helicoidal (formando un zunchado) soldados a los hierros longitudinales que se colocan por el interior del zunchado.

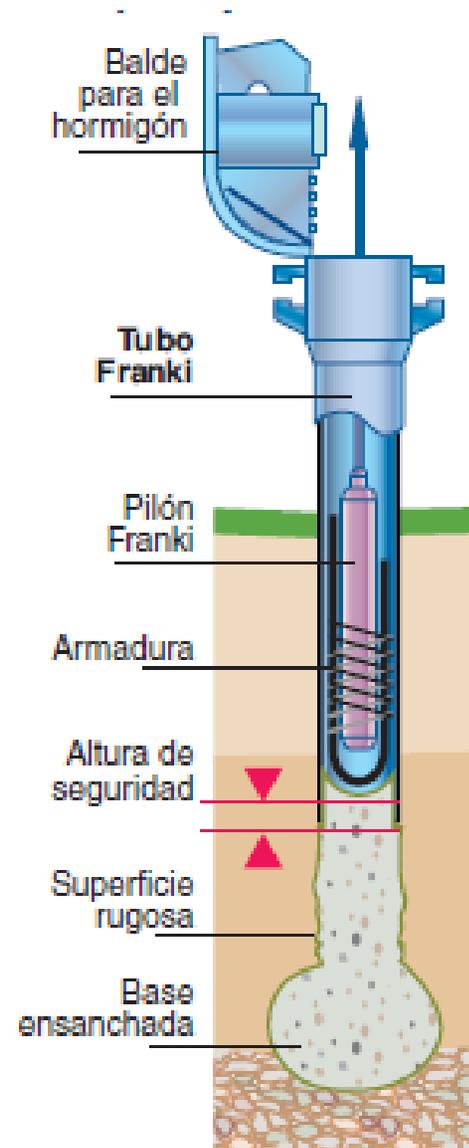


# Pilotes Hincados de Tubo (Tipo Franki)

## **Hormigonado:**

se lanza el hormigón seco en pequeñas cantidades, se va compactando con el pisón (pilón) y a su vez se va subiendo el tubo metálico.

La cota inferior del tubo debe estar siempre por debajo del nivel superior de hormigón, evitando un posible estrangulamiento del pilote.

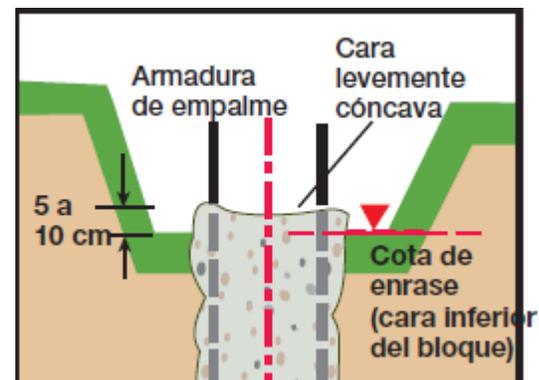
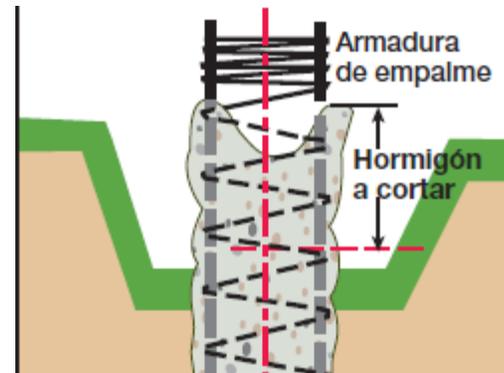


# Pilotes – Detalles constructivos

## + Descabezado de pilotes:

picado de la parte superior del pilote.

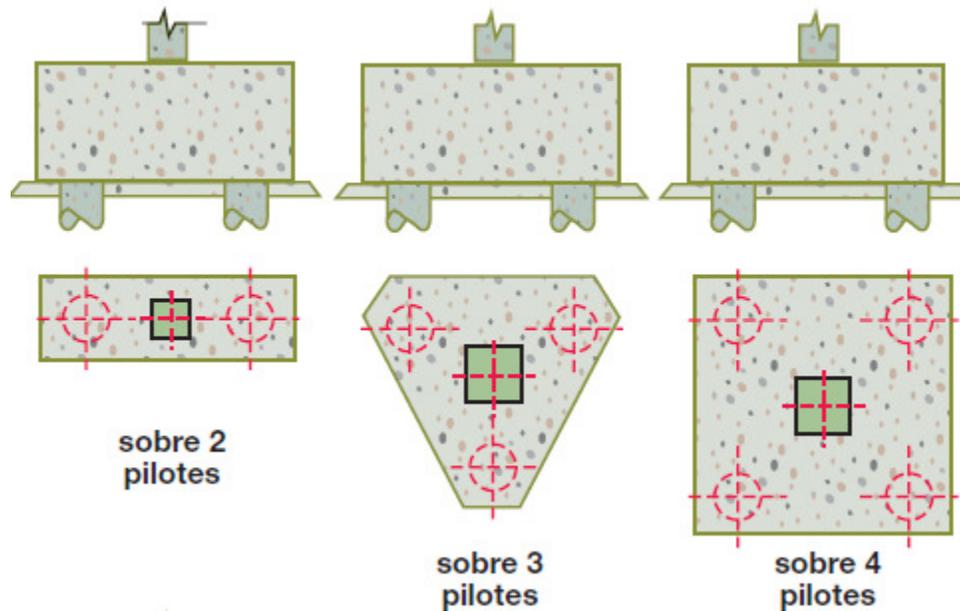
El pilote debe penetrar en el cabezal



# Cabezales Pilotes

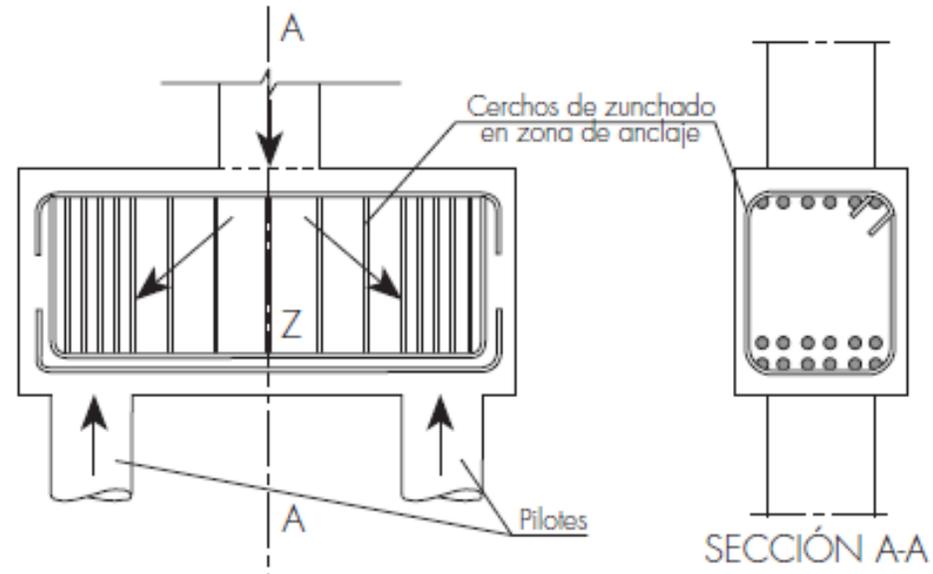
Para que los pilotes puedan recibir la descarga de la estructura se debe interponer entre ellos un elemento que distribuya la carga hacia cada pilote, este elemento se denomina cabezal.

El punzonado es la sollicitación mas crítica, de aquí que, generalmente resultan macizos de gran tamaño.



# Cabezales Pilotes

Detalle, cabezal para dos pilotes:



# Cabezales Pilotes

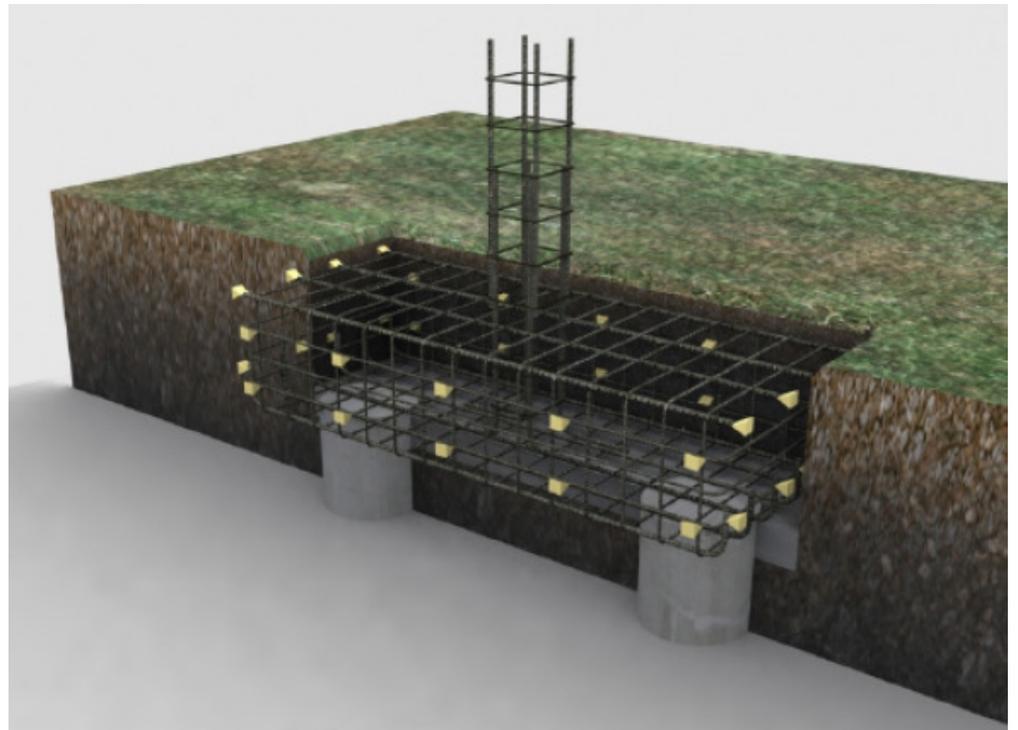
**Excavación para el cabezal:**



# Cabezales Pilotes

La armadura del pilar debe arrancar dentro del cabezal.

Cabezal para dos pilotes





# Pilotes

---

## Otros tipos de pilotes:

- micropilotes.
- de hélice continua.
- pilotes con hormigón inmerso.
- utilización de lodos tixotrópicos (bentonita) o polímeros
- entubados no recuperables.