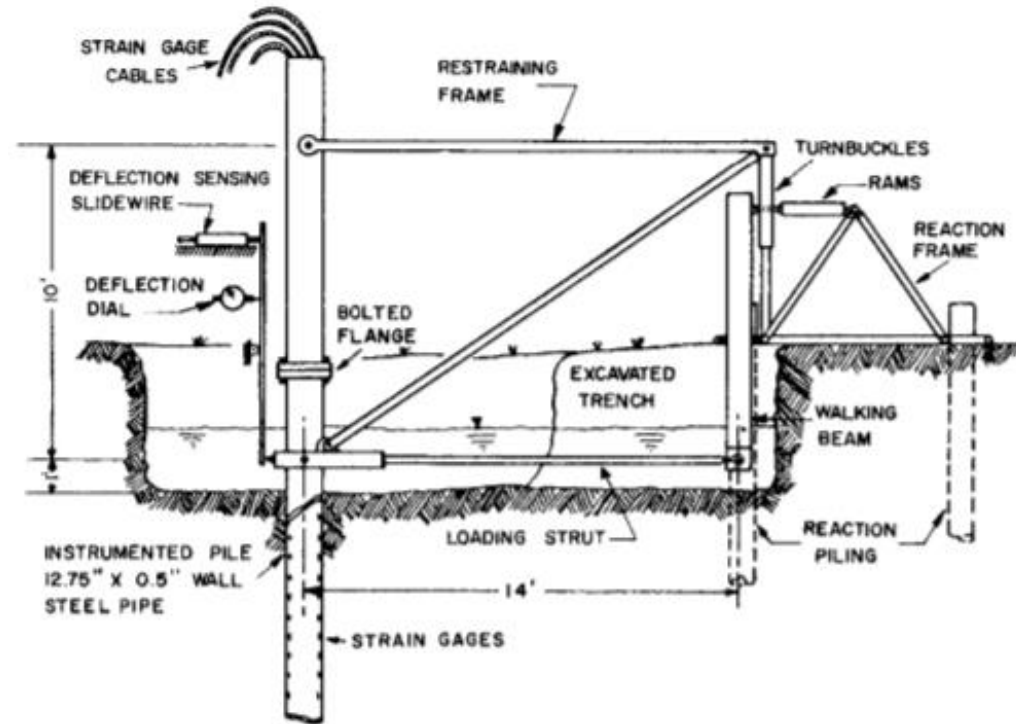


# Fundaciones profundas: Comportamiento lateral de pilotes



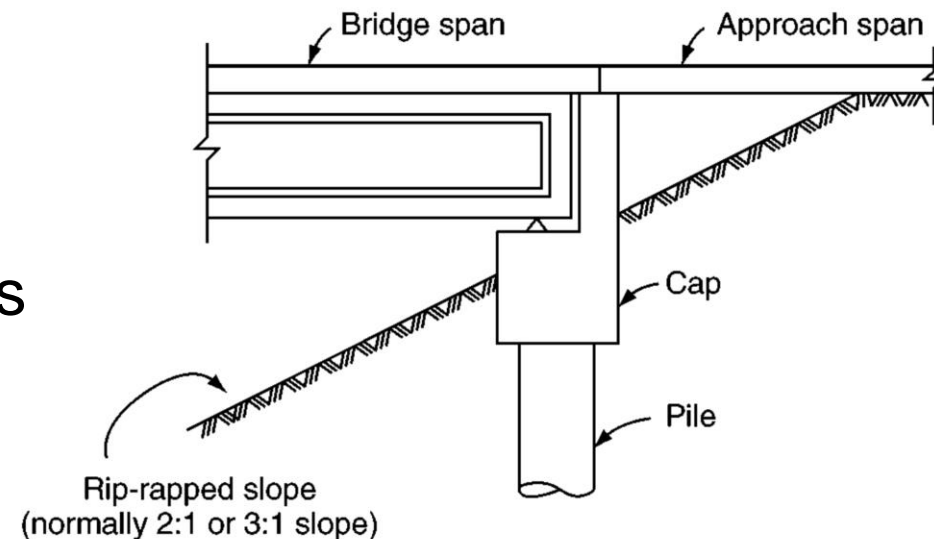
Interacción Terreno Estructura I  
Especialización en Ingeniería Geotécnica

# Comportamiento lateral de pilotes

Las fundaciones profundas transmiten cargas laterales en varias circunstancias:

- Cargas sísmicas (Puentes, edificios)
- Impacto de embarcaciones (Puentes, defensas)
- Pilotes para muros de contención (estribos de Puente, excavaciones)
- Torres de transmisión eléctrica
- Fundaciones para máquinas.

En general se trata de problemas de deformación, aunque es también importante determinar sollicitaciones y resistencias últimas



# Contenido

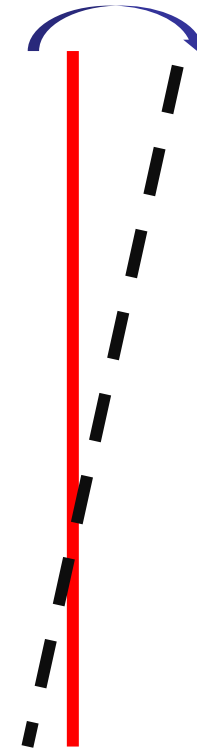
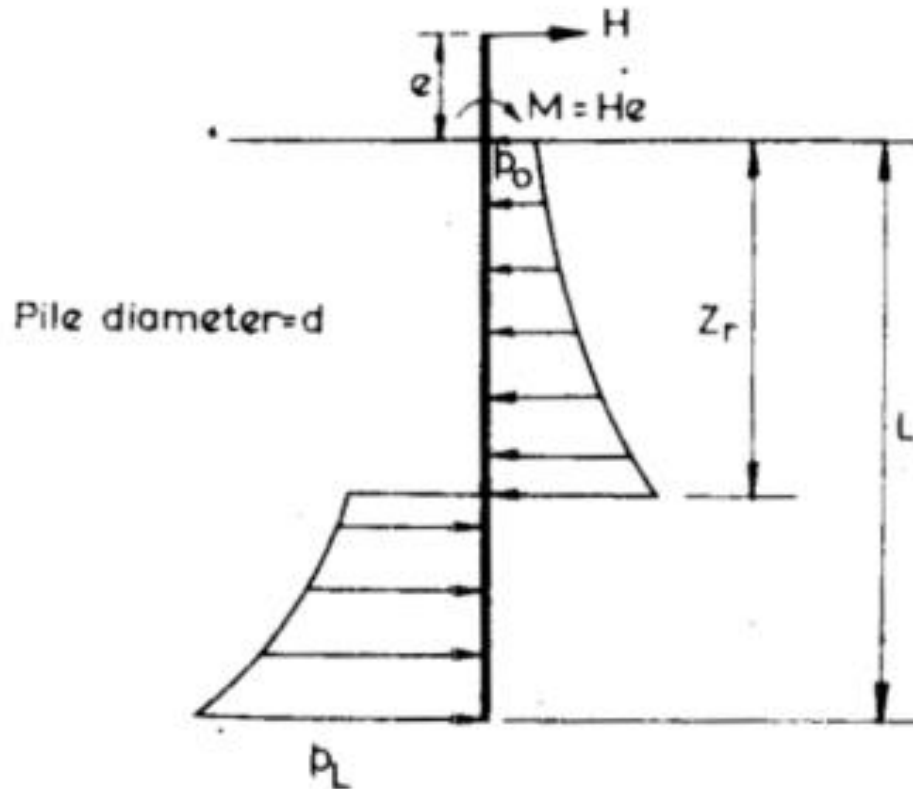
- Determinación de la resistencia lateral última
- Estimación de deformaciones laterales
- Comportamiento en grupo
- Comportamiento torsional

# Contenido

- Determinación de la resistencia lateral última
- Estimación de deformaciones laterales
- Comportamiento en grupo
- Comportamiento torsional

# Análisis estático convencional

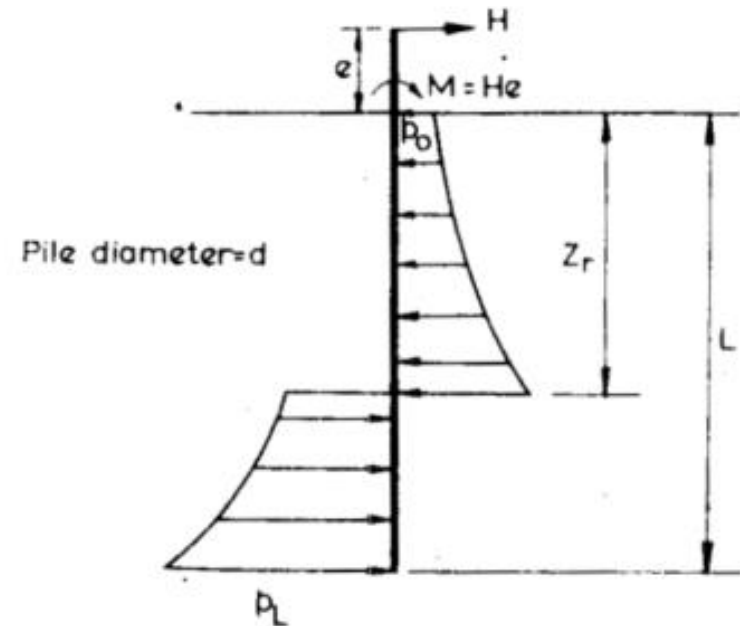
El método más simple para evaluar la resistencia lateral de un pilote “flotante” es considerar la estabilidad de un pilote con su cabeza libre.



# Análisis estático convencional

El pilote se carga con una fuerza horizontal  $H$  y un momento  $M$ .

La presión última del suelo a cualquier profundidad  $z$  es  $p_u$ .



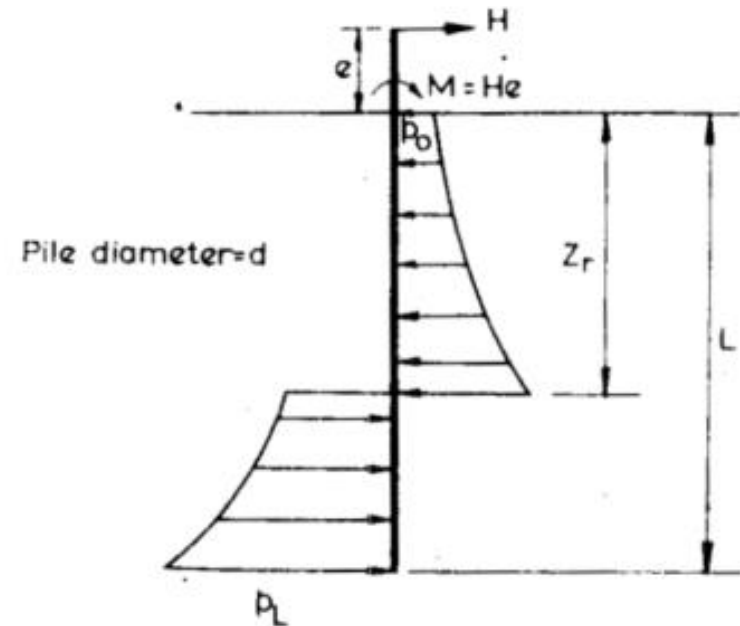
Asumiendo al **pilote rígido**, se puede encontrar la combinación límite de  $H$  y  $M$ , que causa la falla (movilización de la resistencia última del suelo).

Buscamos la carga  $H_u$  y la profundidad de rotación  $z_r$ .

# Análisis estático convencional

La carga  $H_u$  resulta de integrar las presiones últimas del suelo a lo largo del pilote. El momento  $M_u$  simplemente considera la excentricidad  $e$ .

Considero un ancho de pilote  $d$ .



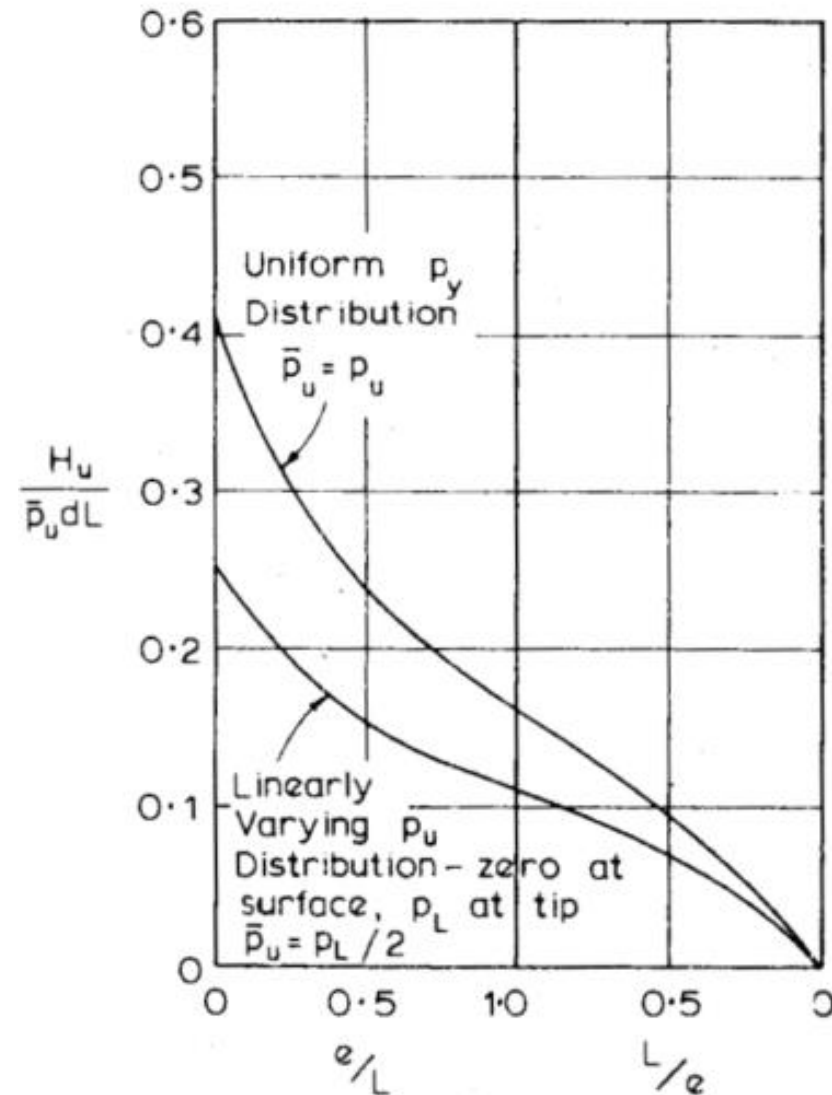
$$H_u = \int_0^{z_r} p_u d \, dz - \int_{z_r}^L p_u d \, dz$$

$$M_u = H_u e = - \int_0^{z_r} p_u d z \, dz + \int_{z_r}^L p_u d z \, dz$$

# Análisis estático convencional

Adoptando una **distribución uniforme** o **variación lineal** de la resistencia del suelo con la profundidad, podemos graficar la relación entre  $H_u$  y  $e$ .

Poulos recomienda determinar  $p_u$  de acuerdo a Brinch-Hansen cuando ésta varía con la profundidad (procedimiento iterativo)





# Análisis estático convencional

## Pilotes flexibles

El modo de falla anterior asume que el pilote es lo suficientemente rígido como para que la rotura ocurra por el suelo. Para pilotes suficientemente largos puede ocurrir que la falla se de en el pilote antes que el suelo.

En este caso se debe calcular el momento máximo y su profundidad, asumiendo que se moviliza todo el suelo por encima de este punto.

# Análisis estático convencional

Como el momento máximo no puede exceder el momento de plastificación del pilote, la resistencia lateral debe ser la menor de:

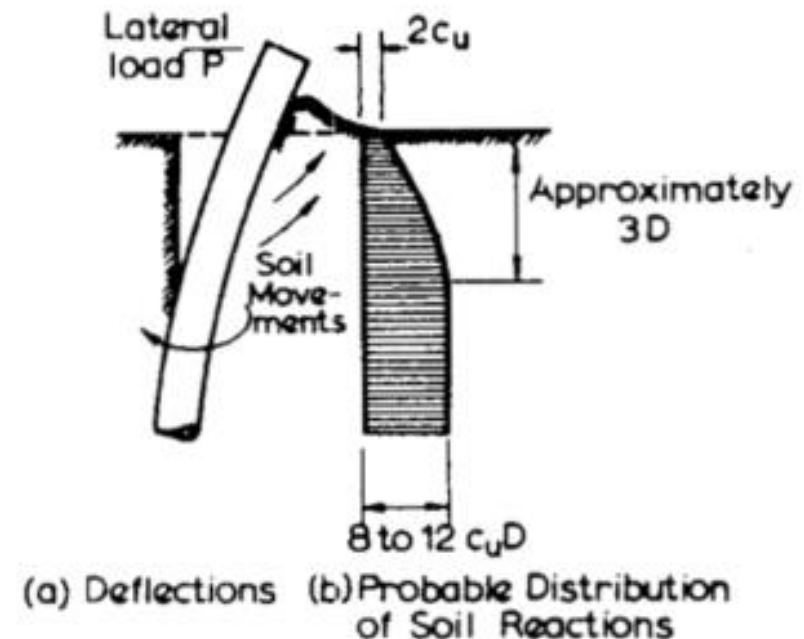
1. La carga horizontal requerida para causar la falla del suelo en toda la longitud del pilote (pilote rígido).
2. La carga horizontal requerida para producir el momento de plastificación del pilote

# Análisis estático convencional

## Resistencia última de suelos cohesivos

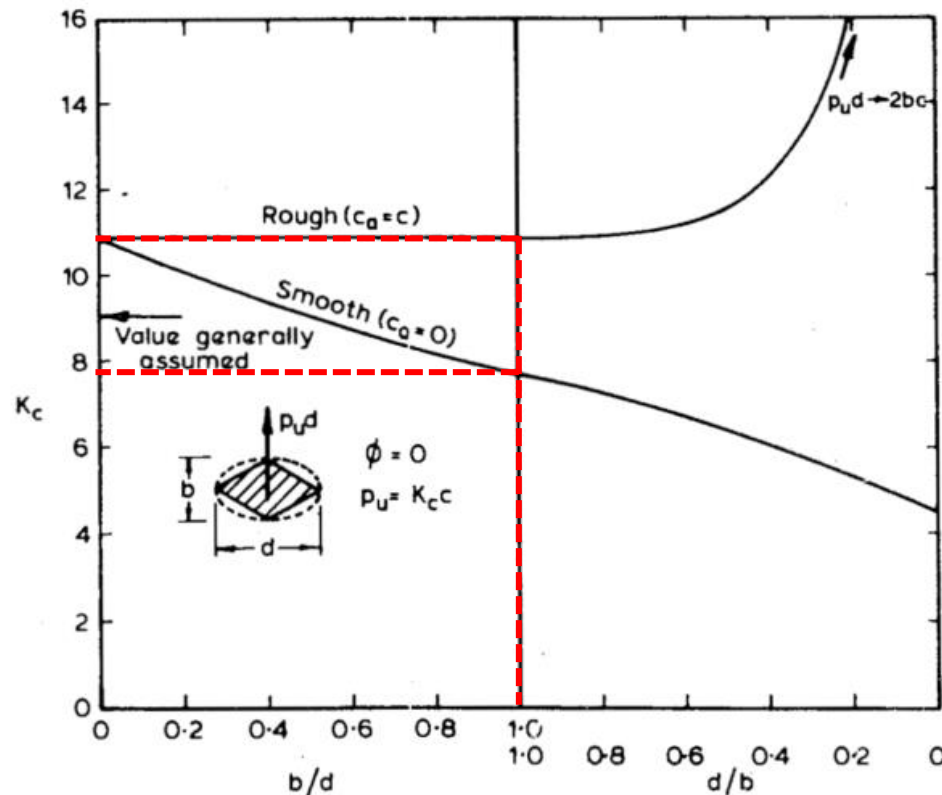
La resistencia  $p_u$  aumenta con la profundidad hasta aproximadamente  $z = 3d$ , luego se mantiene constante.

El valor de  $p_u$  implica el flujo plástico del suelo circundante al pilote y se puede determinar mediante teoría de la plasticidad.



# Análisis estático convencional

Se define un factor de resistencia lateral  $K_c$  ( $p_u = K_c c$ ), dependiente de la relación adhesión—cohesión ( $c_a/c$ ) y la geometría de la sección del pilote ( $d/b$ ).



Para pilotes circulares  $\frac{d}{b} = 1$

se puede asumir  $p_u = 9c$

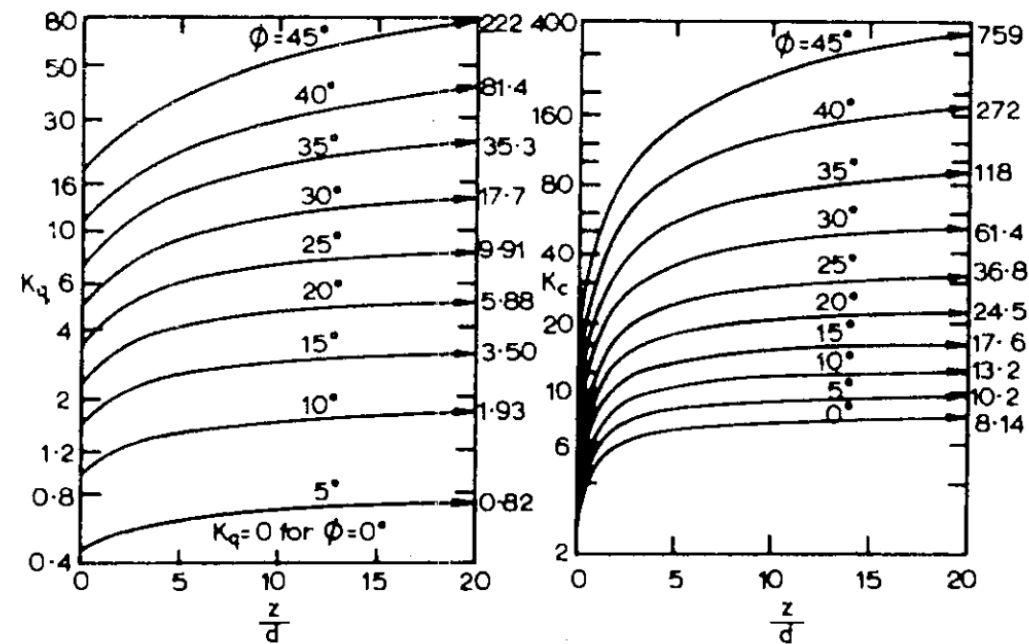
# Análisis estático convencional

## Resistencia última de suelos cohesivos - friccionantes

Basándose Brinch-Hansen la resistencia última a cualquier profundidad  $z$ , se puede calcular como

$$p_u = q K_q + c K_c$$

Donde  $q$  es la presión de confinamiento,  $c$  es la cohesión,  $K_q$  y  $K_c$  son funciones del ángulo de fricción y al relación tapada-diámetro.



Brinch-Hansen (1961)

# Teoría de Broms

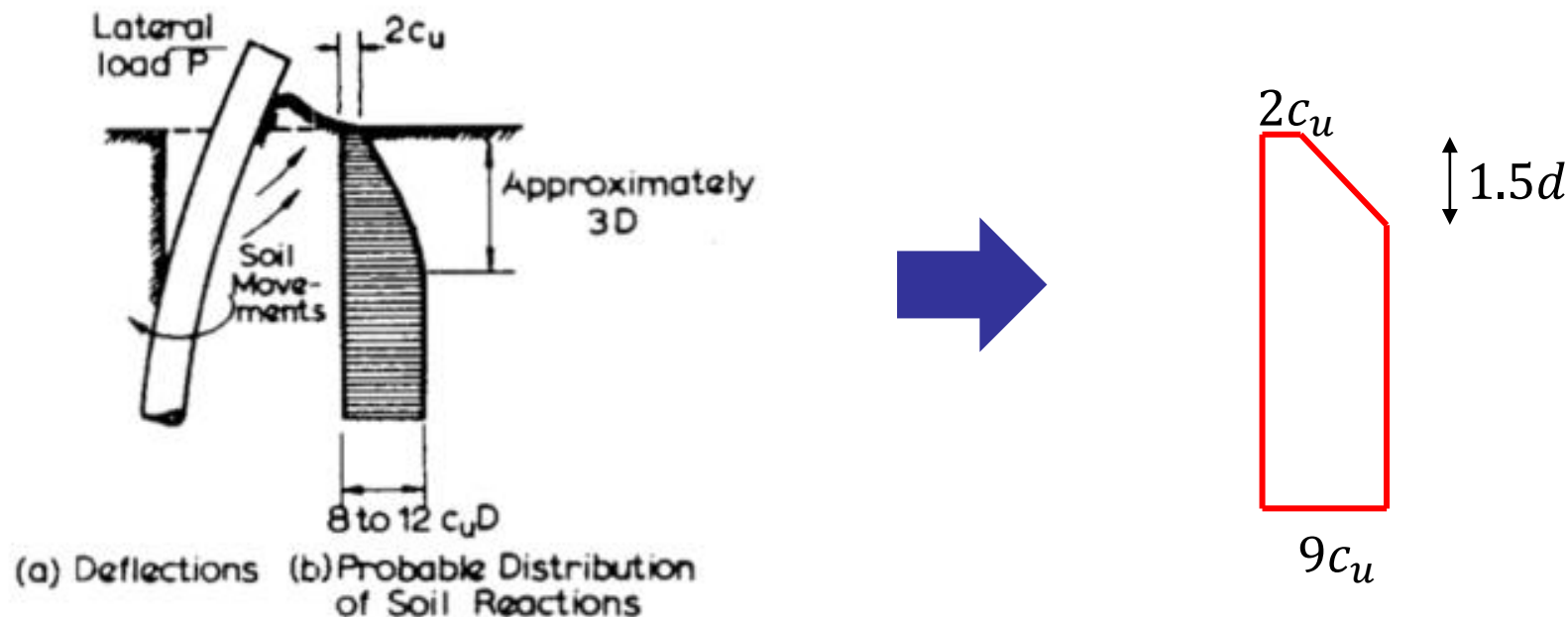
Se trata esencialmente de un análisis convencional con simplificaciones respecto a la distribución de la resistencia última del suelo y el efecto del cabezal sobre la capacidad de giro de la cabeza del pilote.

- Pilotes en suelos **cohesivos** / friccionantes
- Cabeza **libre** / giro restringido

# Teoría de Broms

## Pilotes cohesivos con giro libre

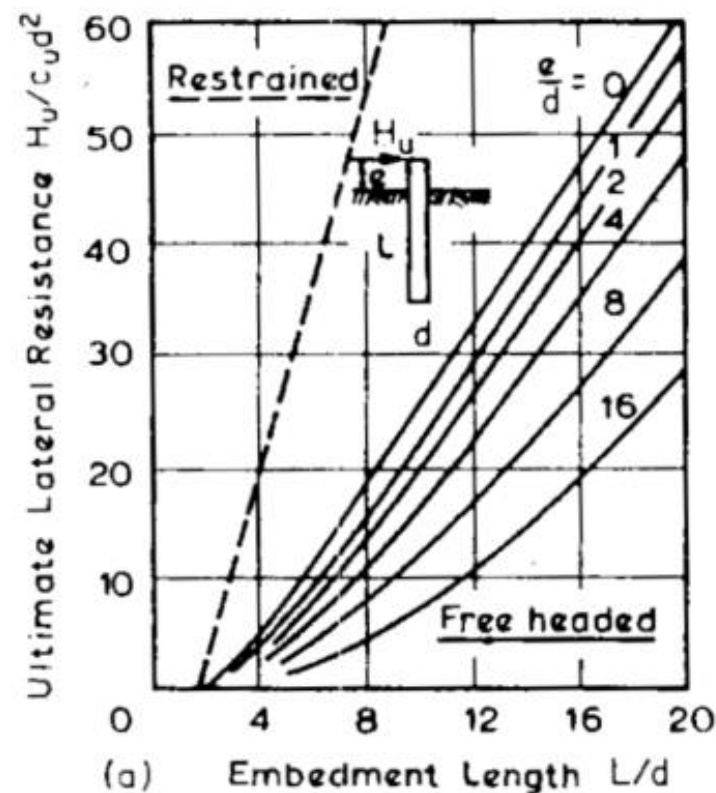
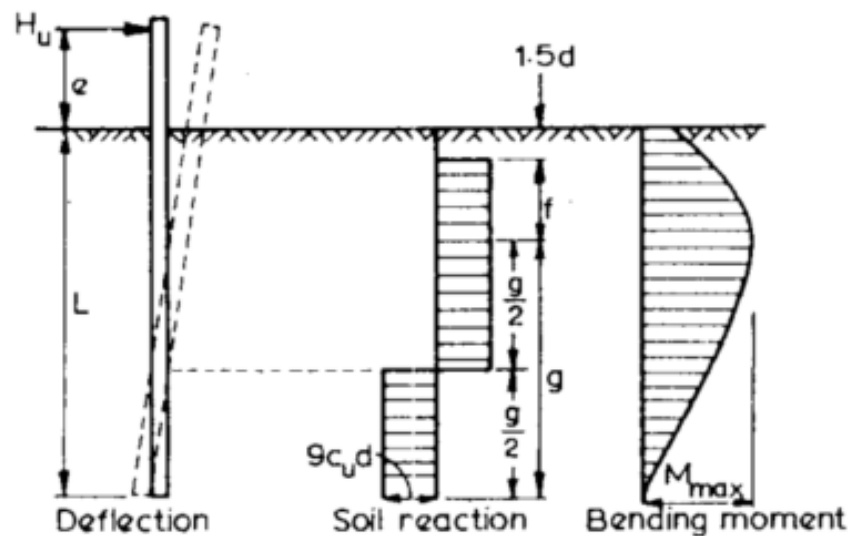
### Distribución simplificada de la resistencia última



Se asume que el movimiento del pilote es suficiente para generar la reacción en las zonas críticas (depende del mecanismo de falla)

# Teoría de Broms

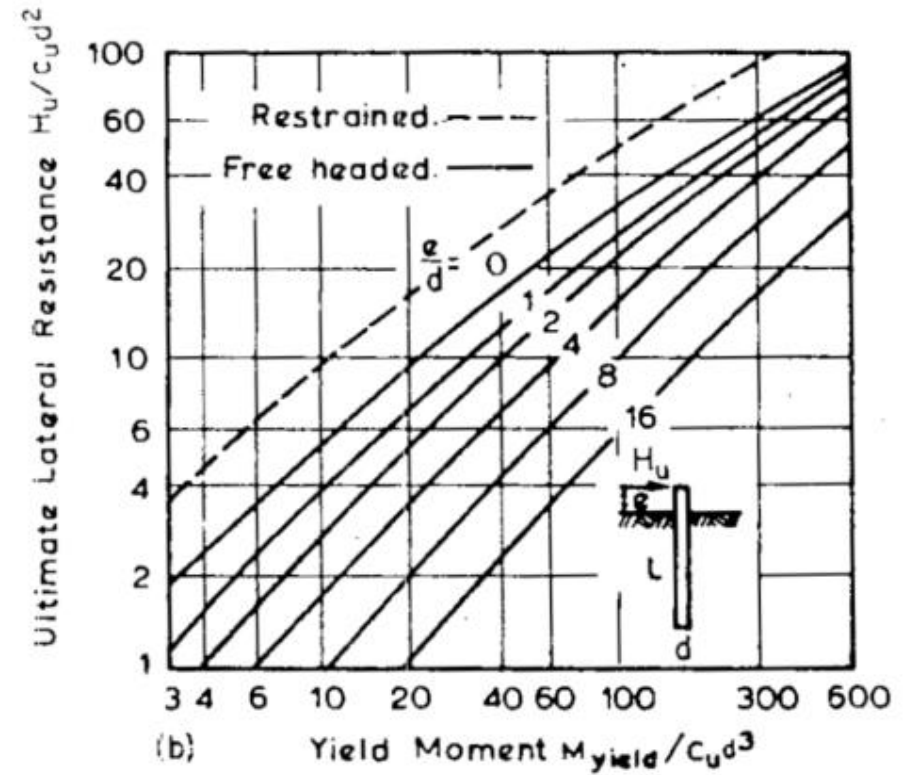
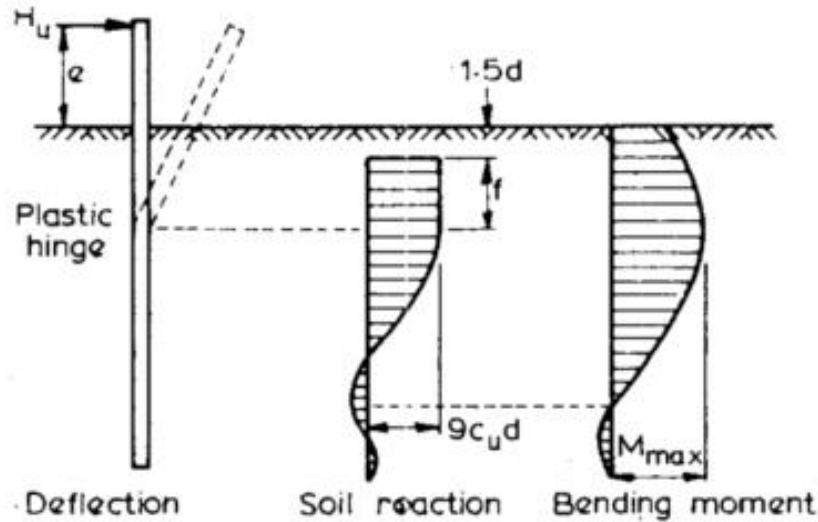
## Mecanismos de falla para pilotes cortos





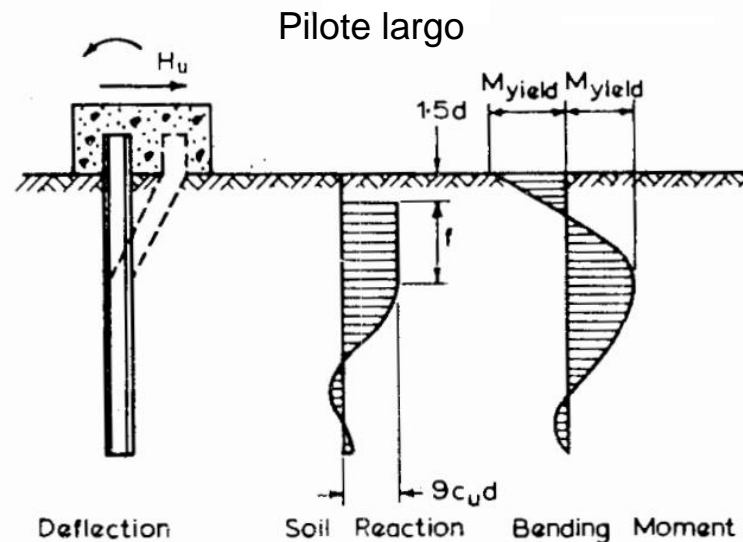
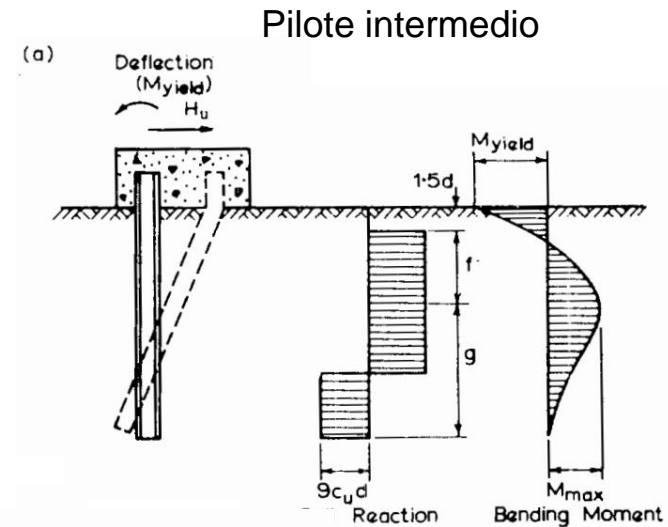
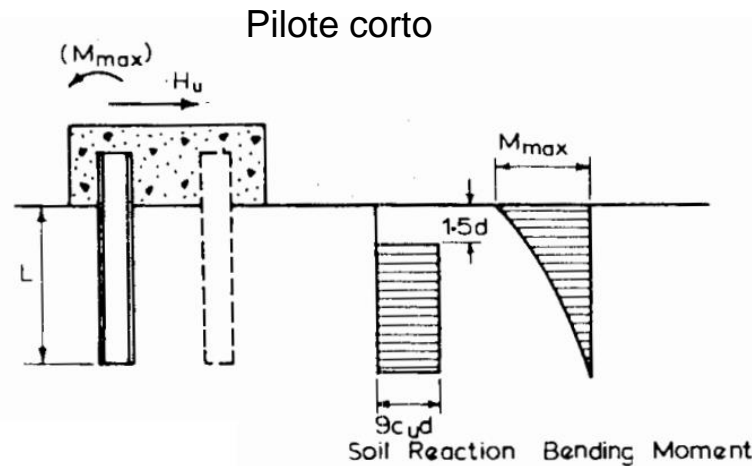
# Teoría de Broms

## Mecanismos de falla para pilotes largos



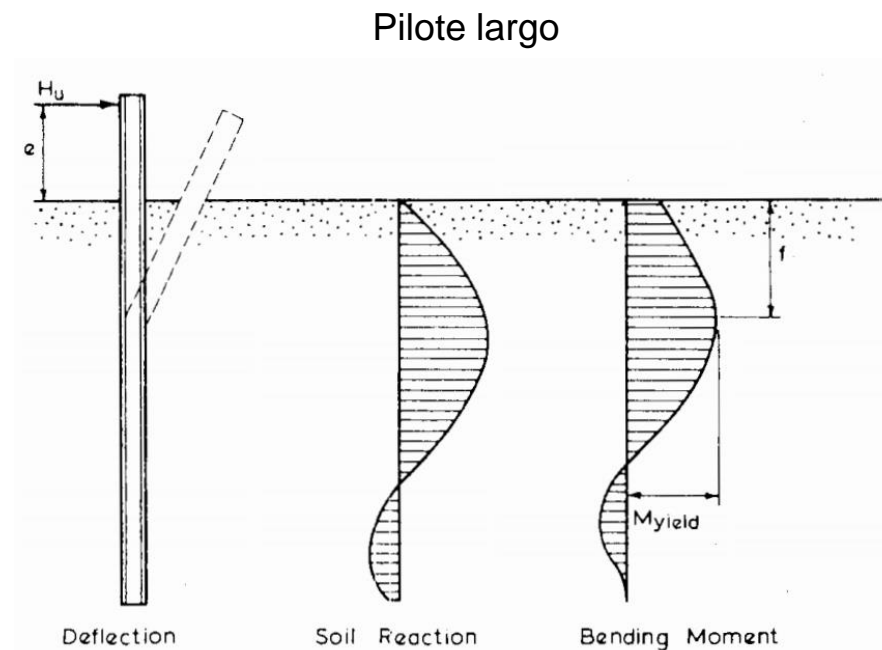
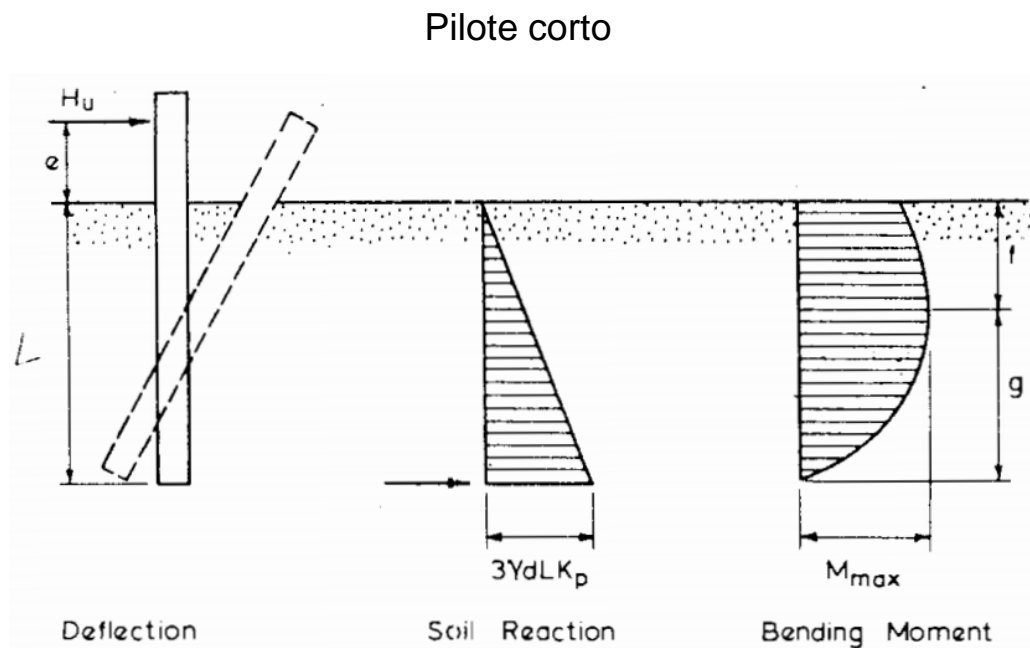
# Teoría de Broms

Otros mecanismos de falla: giro restringido en suelo cohesivo



# Teoría de Broms

Otros mecanismos de falla: giro libre en suelo friccional

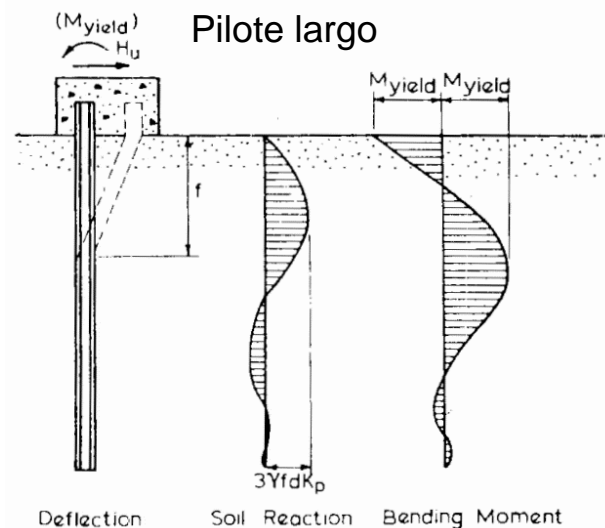
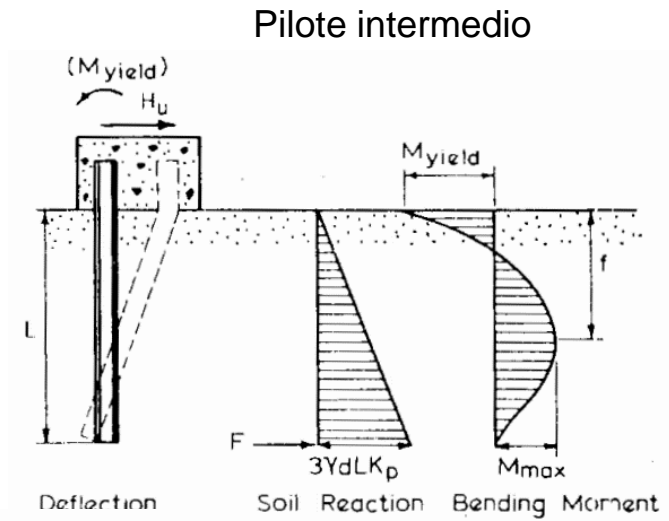
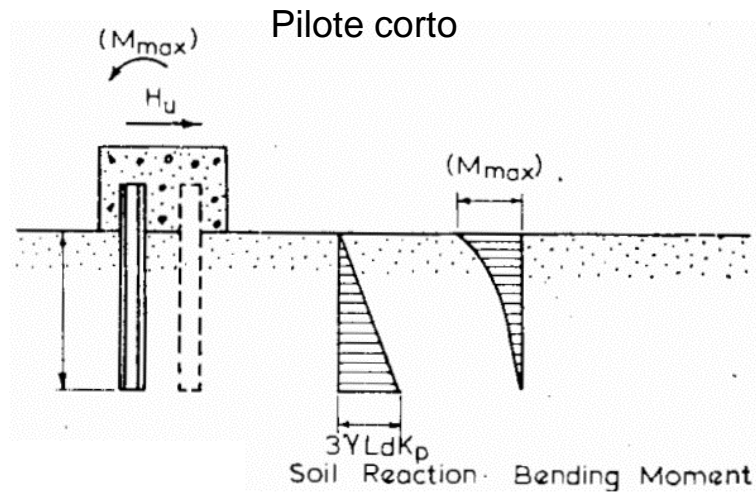


$$p_u = 3\sigma'_v K_p$$

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi'}{1 - \sin \phi'}$$

# Teoría de Broms

Otros mecanismos de falla: giro restringido en suelo friccional

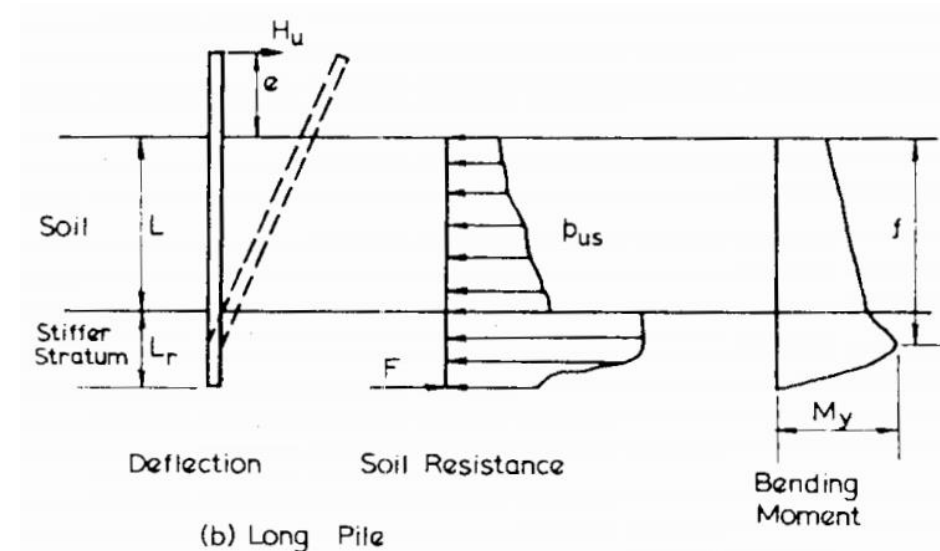
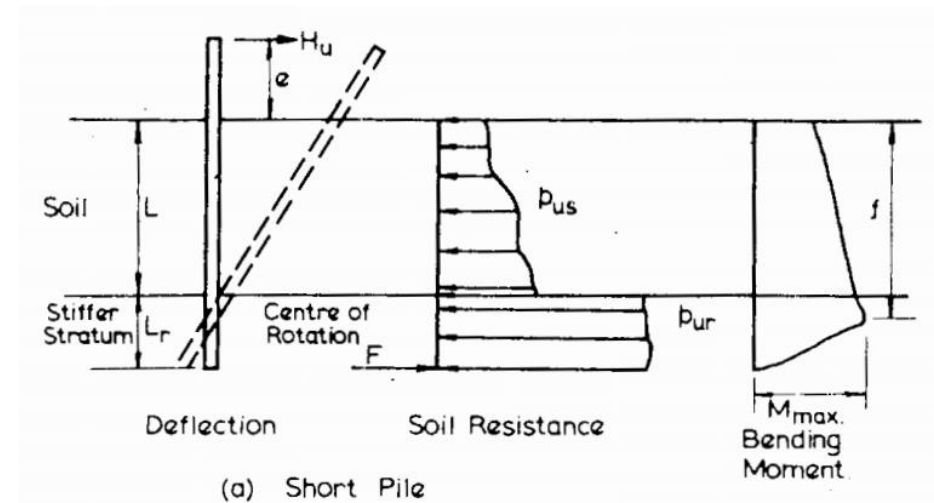


# Pilotes empotrados en estratos rígidos

El efecto de las altas presiones en la punta se reemplaza por una fuerza concentrada.

El punto de rotación se encuentra cerca de la punta.

Se analiza el equilibrio en forma similar a pilotes flotantes en suelos.



# Otras metodologías de cálculo

- Soluciones con deformaciones planas
- Pilotes con resistencia significativa en la base
- Pilotes empotrados en estratos rígidos
- Pilotes sometidos a cargas inclinadas
- Pilotes inclinados

## Ejercicio

Un pilote construido en un suelo arcilloso con  $c_u = 100kPa$  de diámetro  $d = 80cm$  y longitud  $L = 8m$ , está sometido a una carga  $H$ , con una excentricidad  $e = 1m$ . Asumir que el pilote es lo suficientemente resistente (el modo de falla es por el suelo) y su giro no se encuentra impedido. Usar la teoría de Broms.

1. Calcular la carga última  $H_u$  a través del ábaco de Poulos
2. Calcular la carga última  $H_u$  resolviendo numéricamente
3. Trazar las curvas del ábaco.

