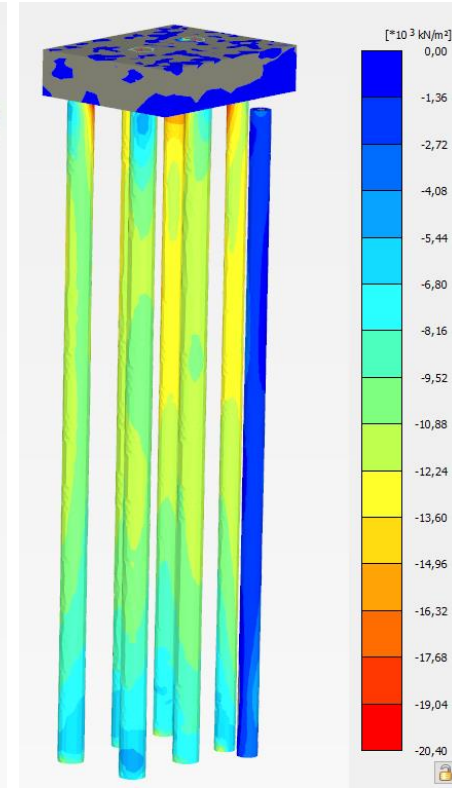
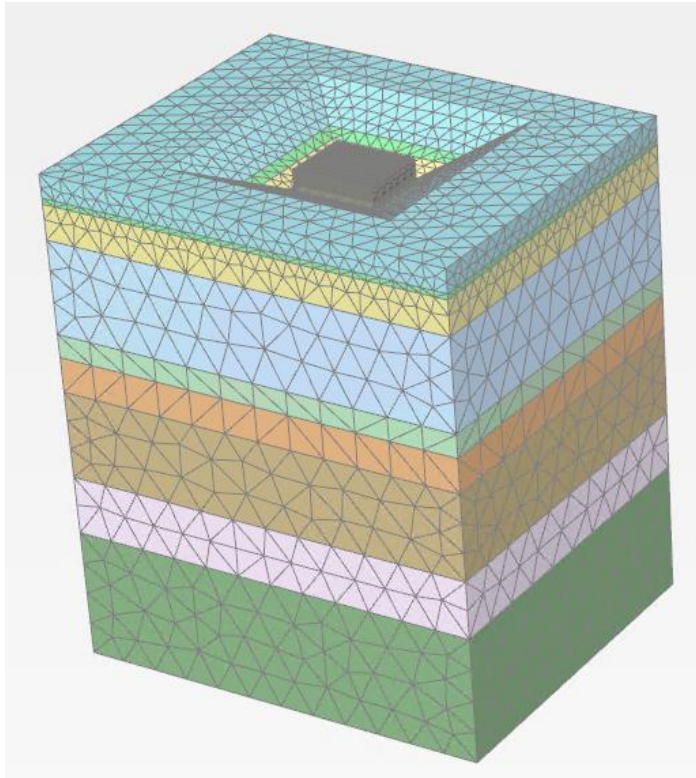
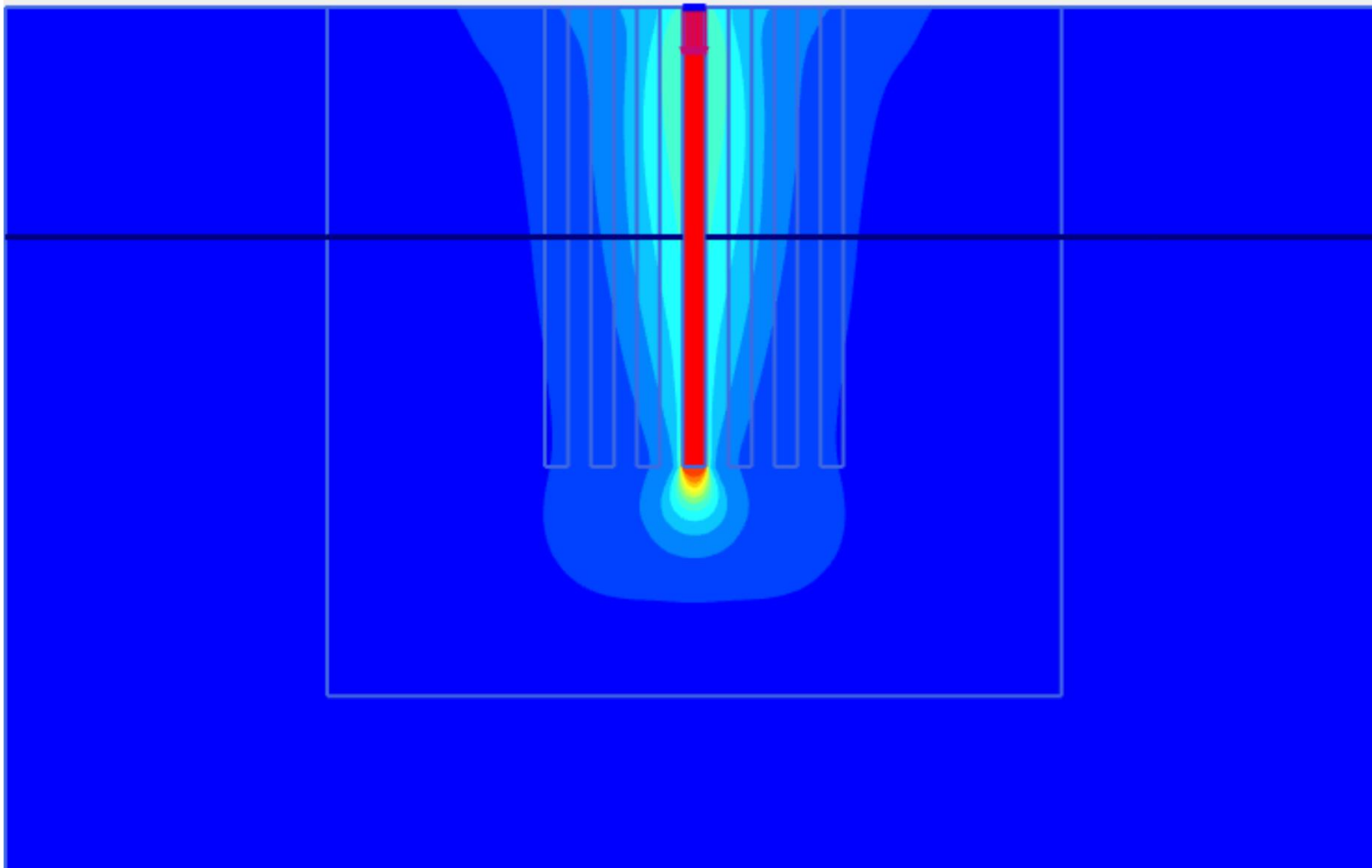


Comportamiento axial de pilotes

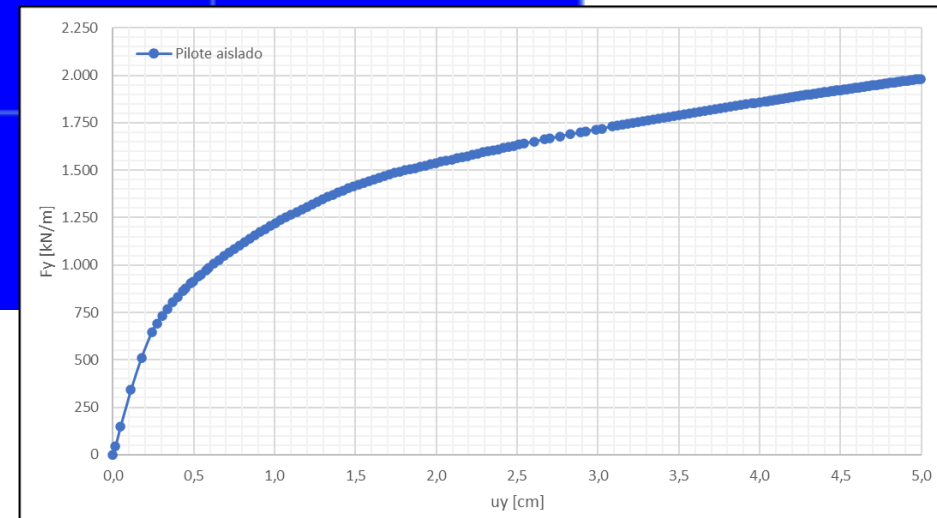
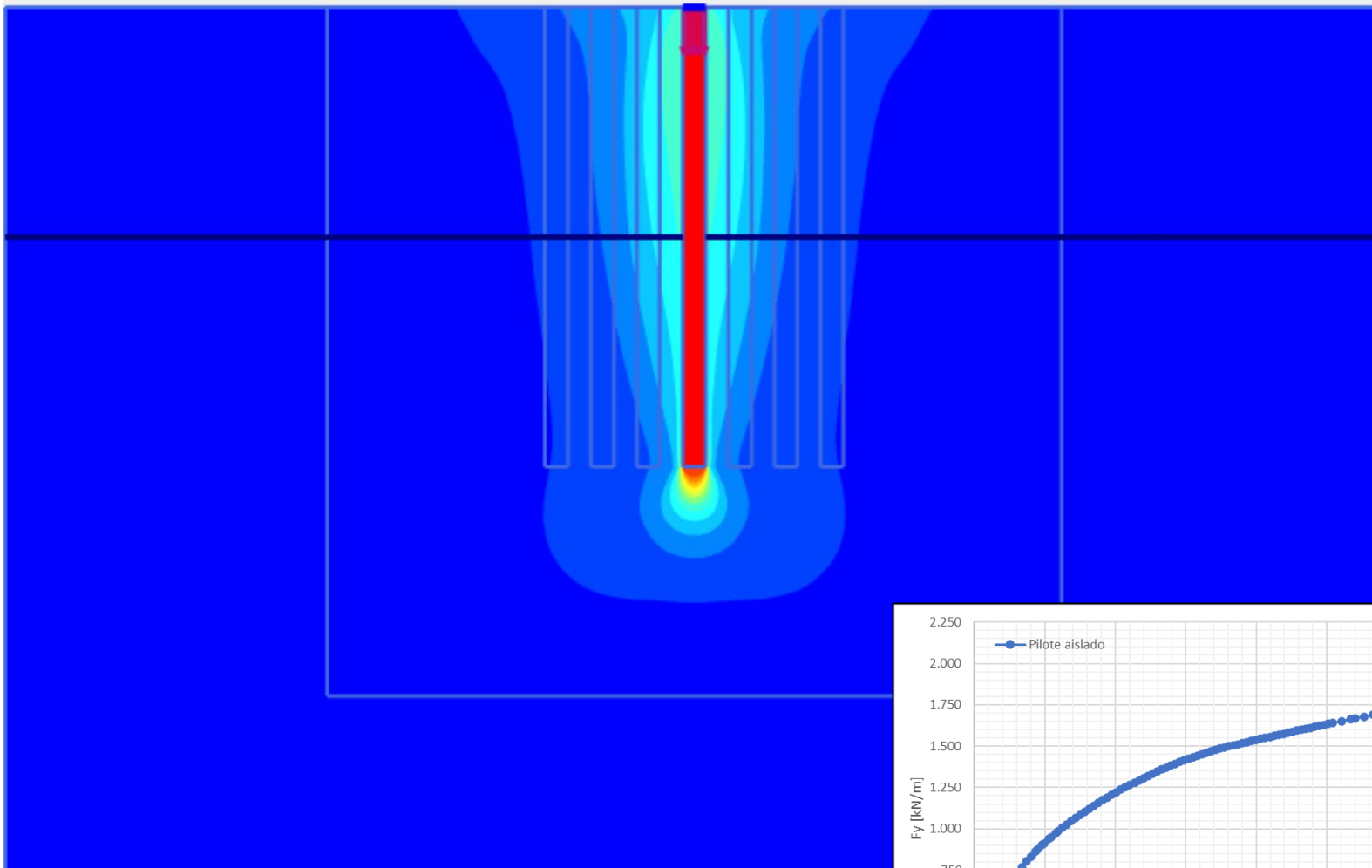


Geotecnia aplicada. Facultad de ingeniería.
Pedro M. Fernández (2022)

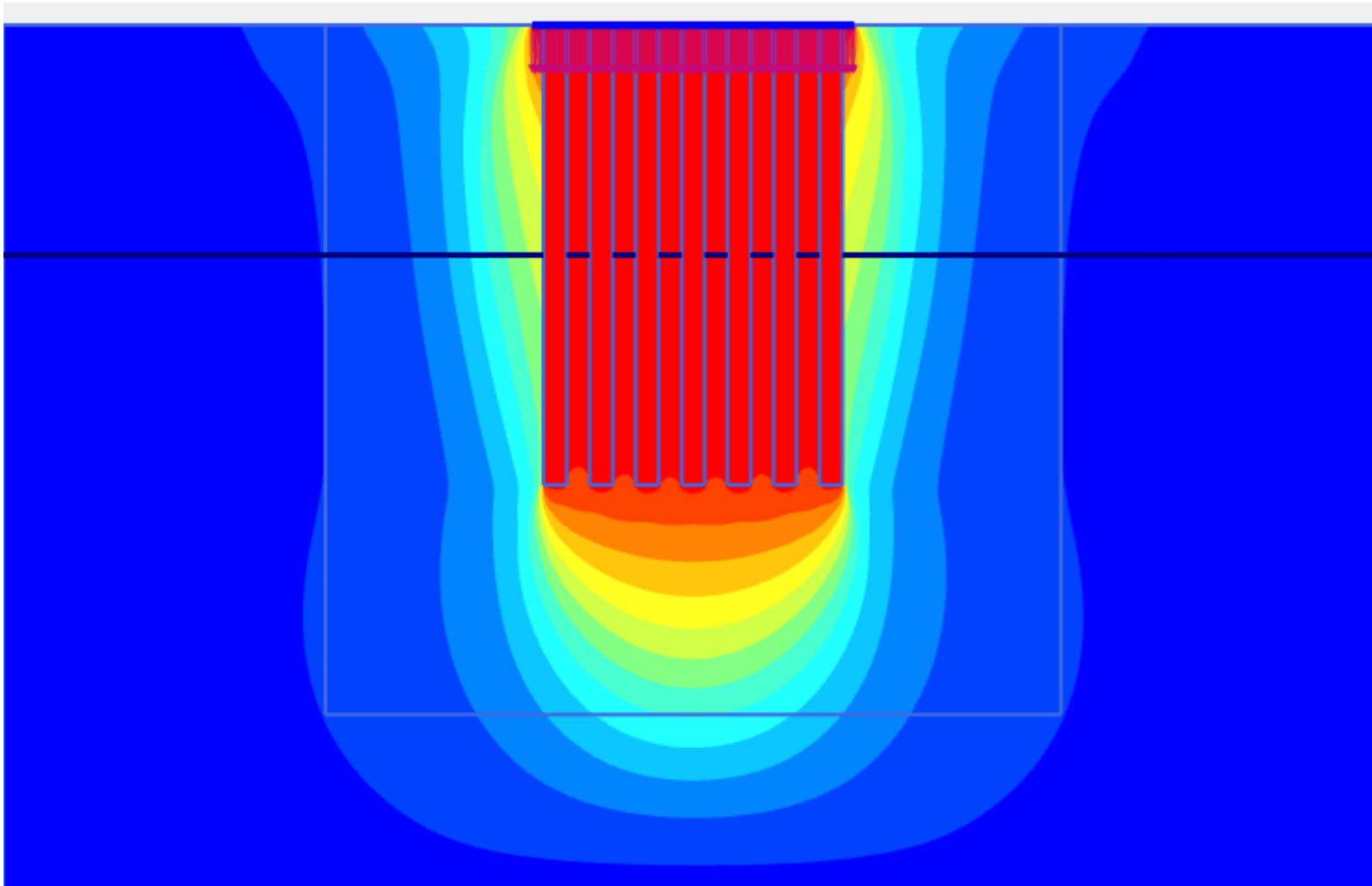
La idea



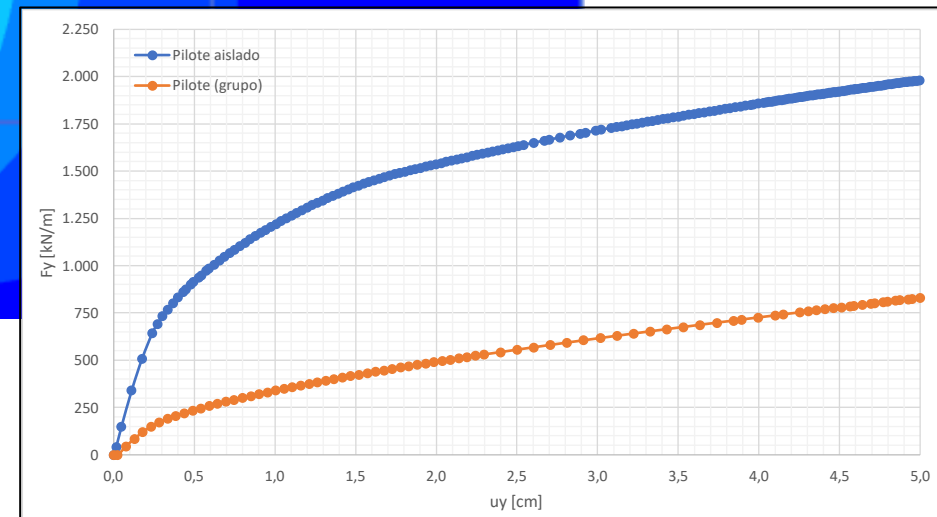
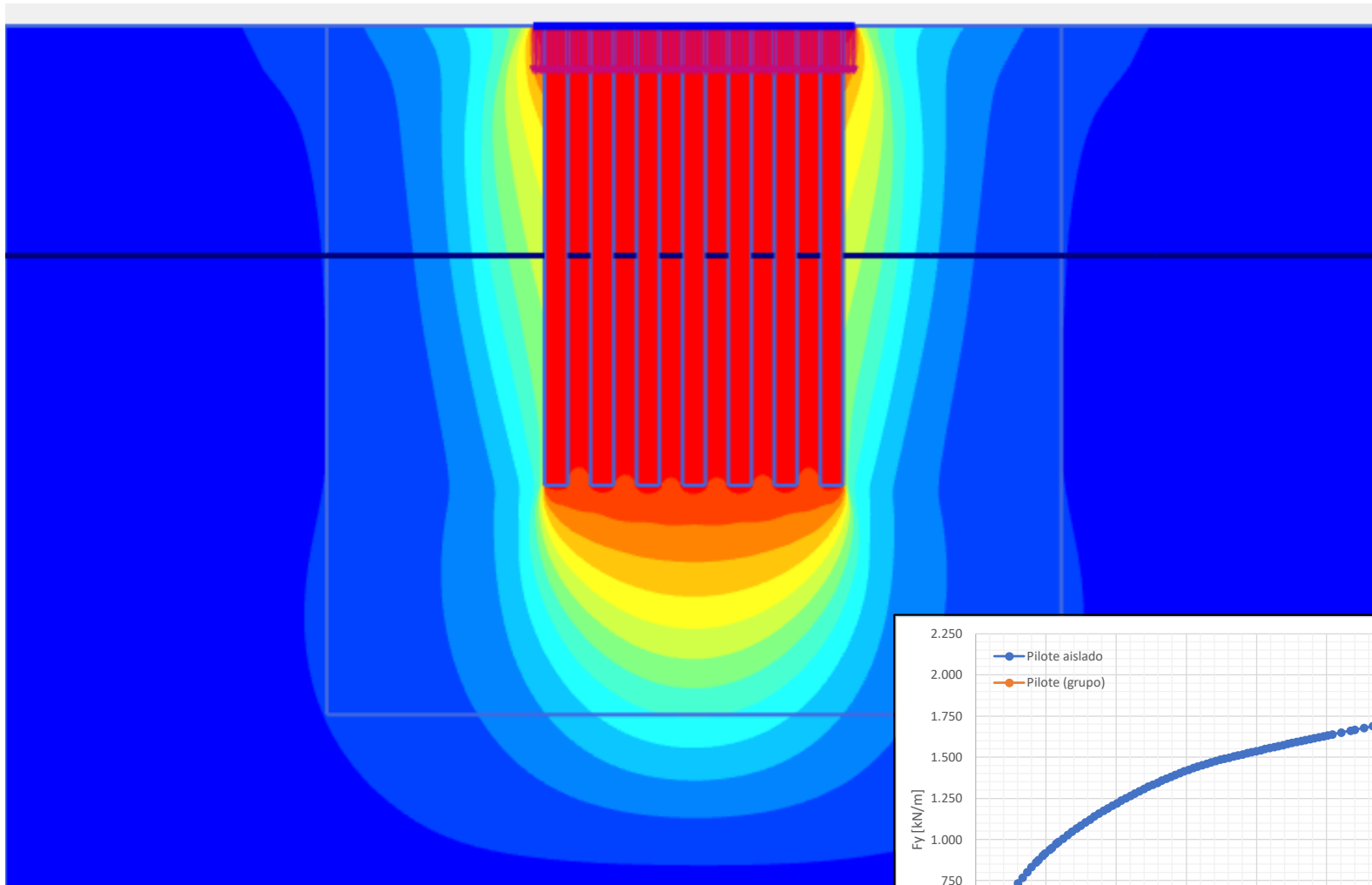
La idea



La idea

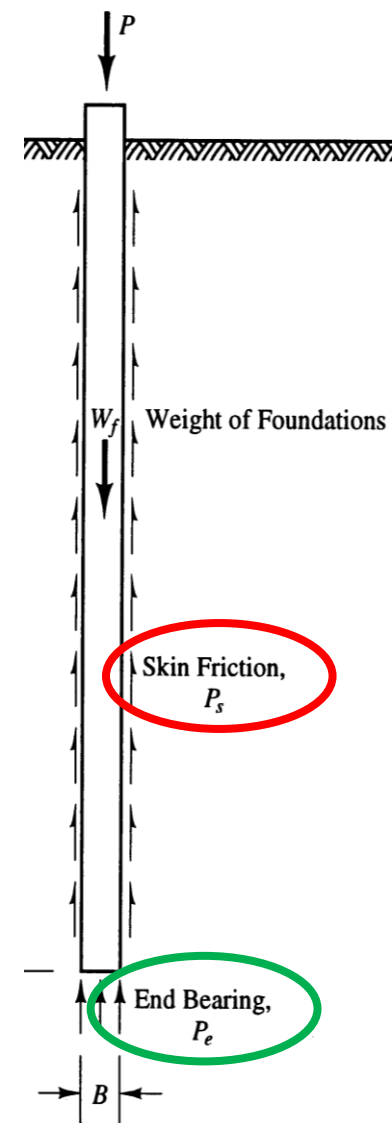
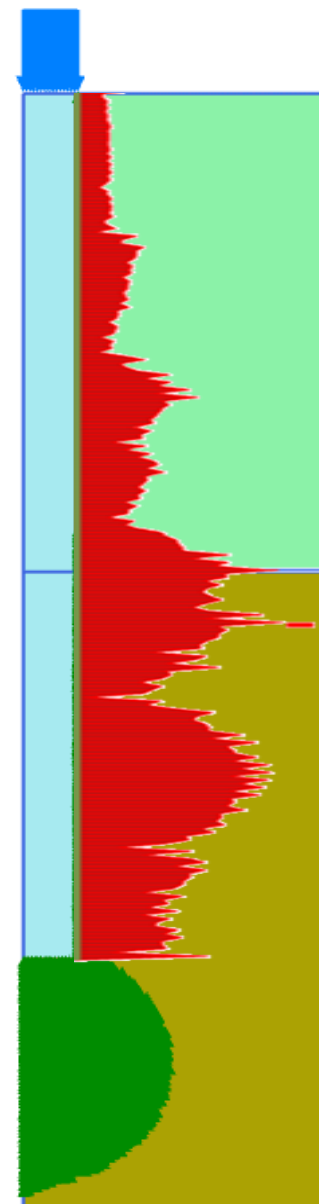


La idea



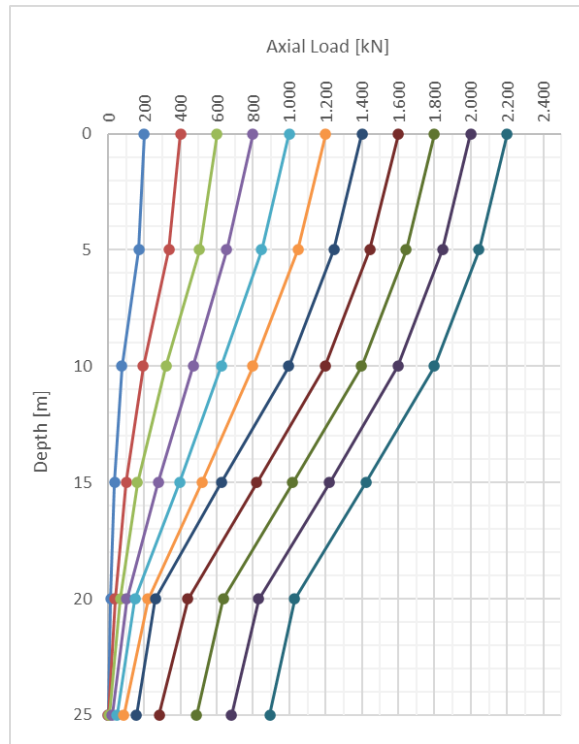
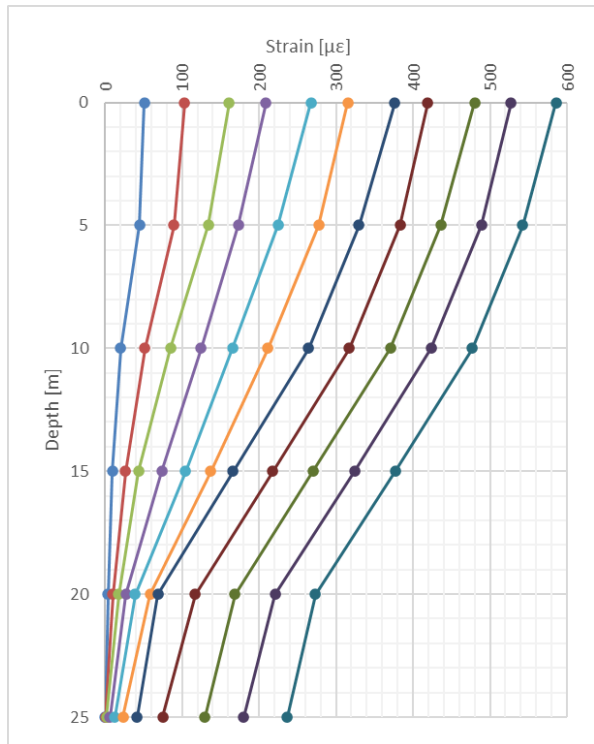
Fundaciones profundas

- Las fundaciones profundas transmiten carga al terreno por su plano inferior (Punta) y su superficie lateral (Fuste)



Fundaciones profundas

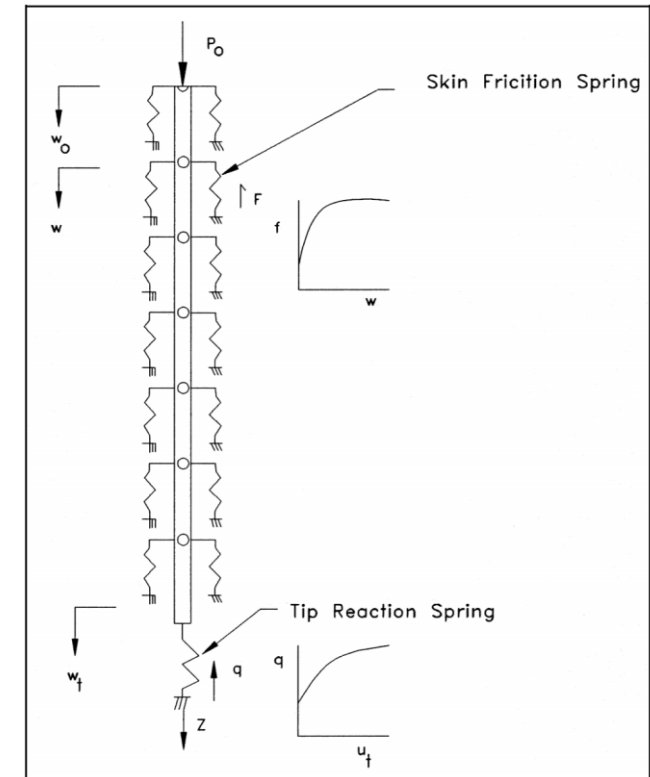
- El pilote toma cargas permanentes por fricción
- La reacción de la punta solo ocurre para cierto nivel de deformación (Función de la rigidez del pilote)



Fundaciones profundas

La velocidad a la que la carga en la cabeza del pilote se transfiere al terreno a lo largo del pilote y la deformación general del sistema dependen de numerosos factores

- Geometría, material y longitud del pilote;
- Tipo de terreno;
- Presencia de agua freática;
- Método de instalación del pilote;
- Presencia de tensiones residuales como resultado del método de instalación.

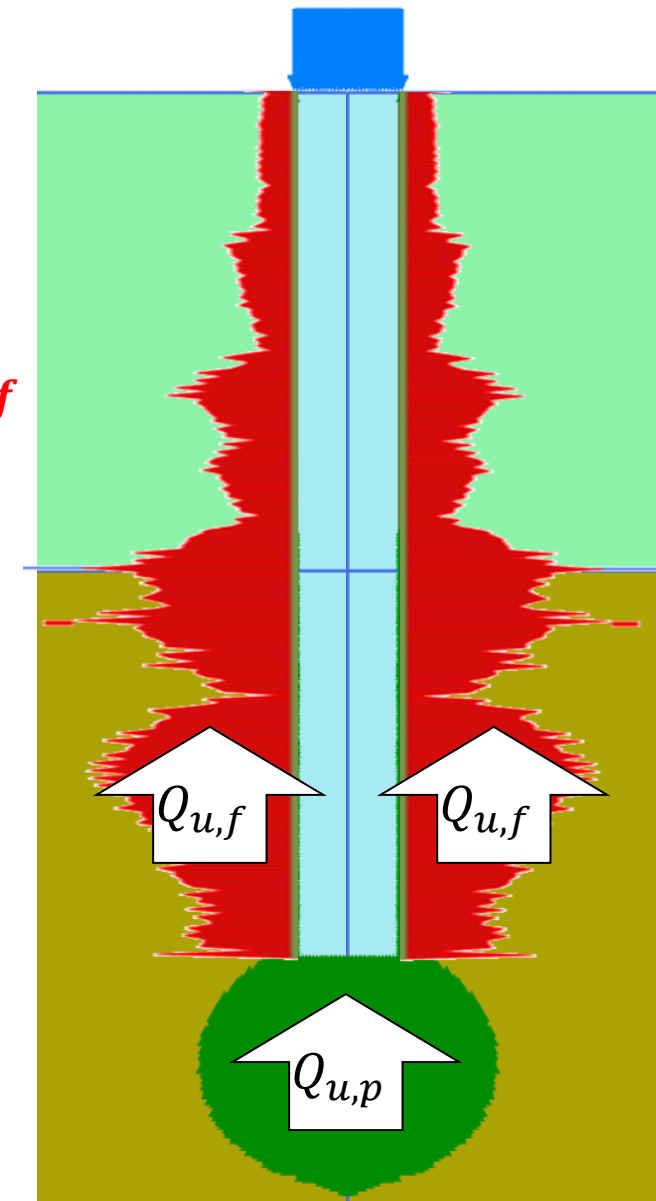


Carga última de un pilote

(Conceptualmente) la carga última es la suma de la carga última por la punta $Q_{u,p}$ mas la carga última por fricción del fuste $Q_{u,f}$

$$Q_{ult} = Q_{u,p} + Q_{u,f}$$

La contribución de cada término depende de la estratigrafía y de método constructivo



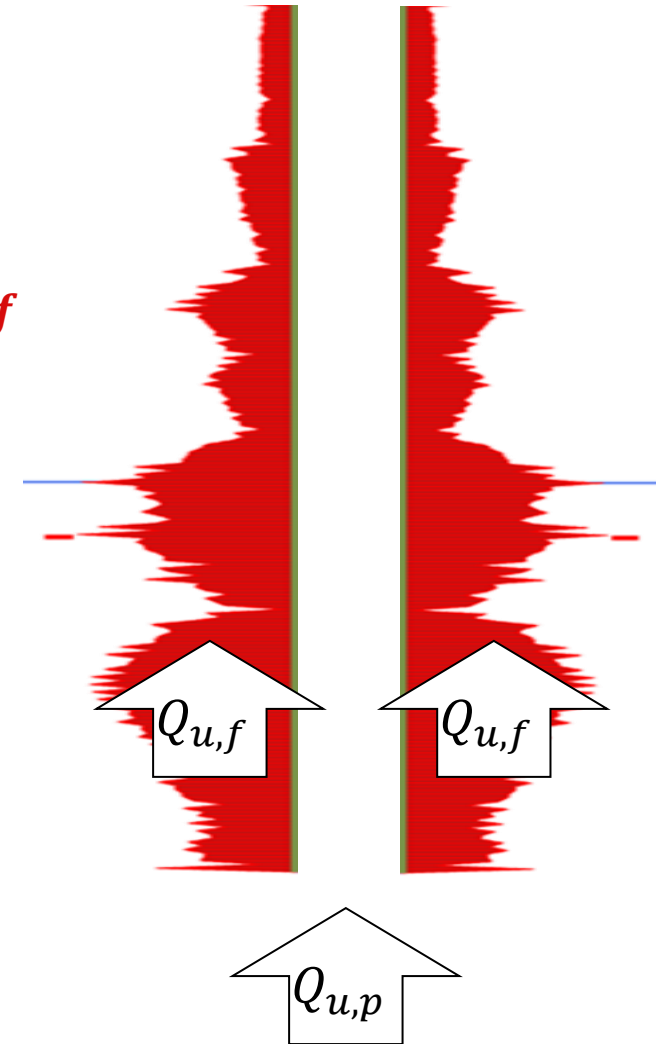
Carga última de un pilote

(Conceptualmente) la carga última es la suma de la carga última por la punta $Q_{u,p}$ mas la carga última por fricción del fuste $Q_{u,f}$

$$Q_{ult} = Q_{u,p} + Q_{u,f}$$

¿Porqué “conceptualmente”?

- Porque la carga última sólo se desarrolla para deformaciones enormes que no son útiles en construcciones civiles



Métodos para determinar la capacidad de carga

Fórmulas estáticas

- Métodos directos (formulas analíticas y/o modelos numéricos)
- Métodos indirectos (correlaciones y formulas empíricas)

Fórmulas dinámicas (Hincados)

- Fórmulas de hincada
- Ecuación de onda

Ensayos de carga



Carga última por la punta $Q_{u,p}$ (Repaso)

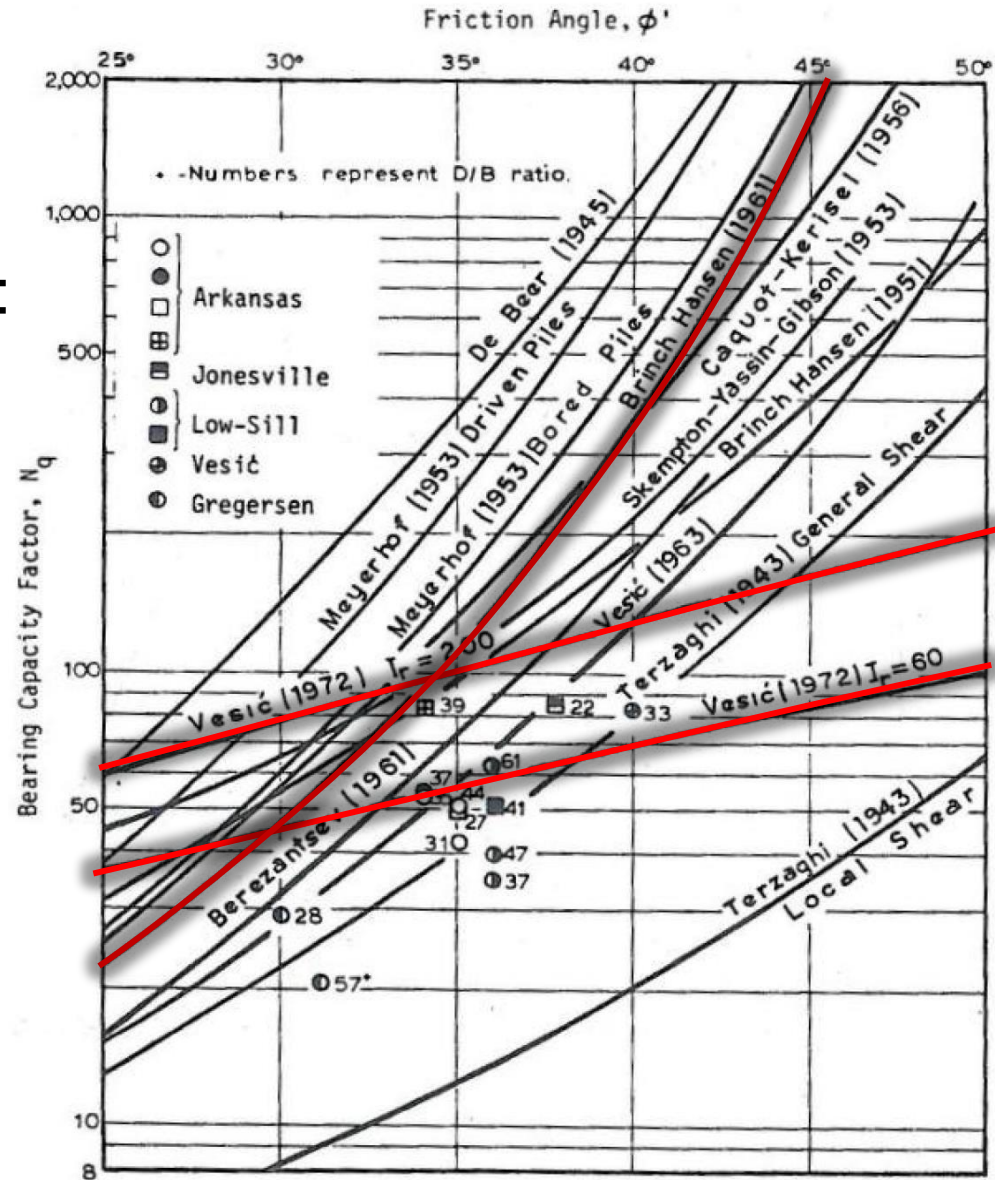
Hay dos mecanismos posibles

- **Mecanismo 1** (rígido-plástico): fórmula trinómica
- **Mecanismo 2** (elastoplástico): expansión de cavidad esférica

La carga última por la punta es la menor de ambas

$$Q_{u,p} = \min \left[Q_{u,p}^{(1)}, Q_{u,p}^{(2)} \right]$$

- ¿Deformación enorme?



Capacidad de carga por punta

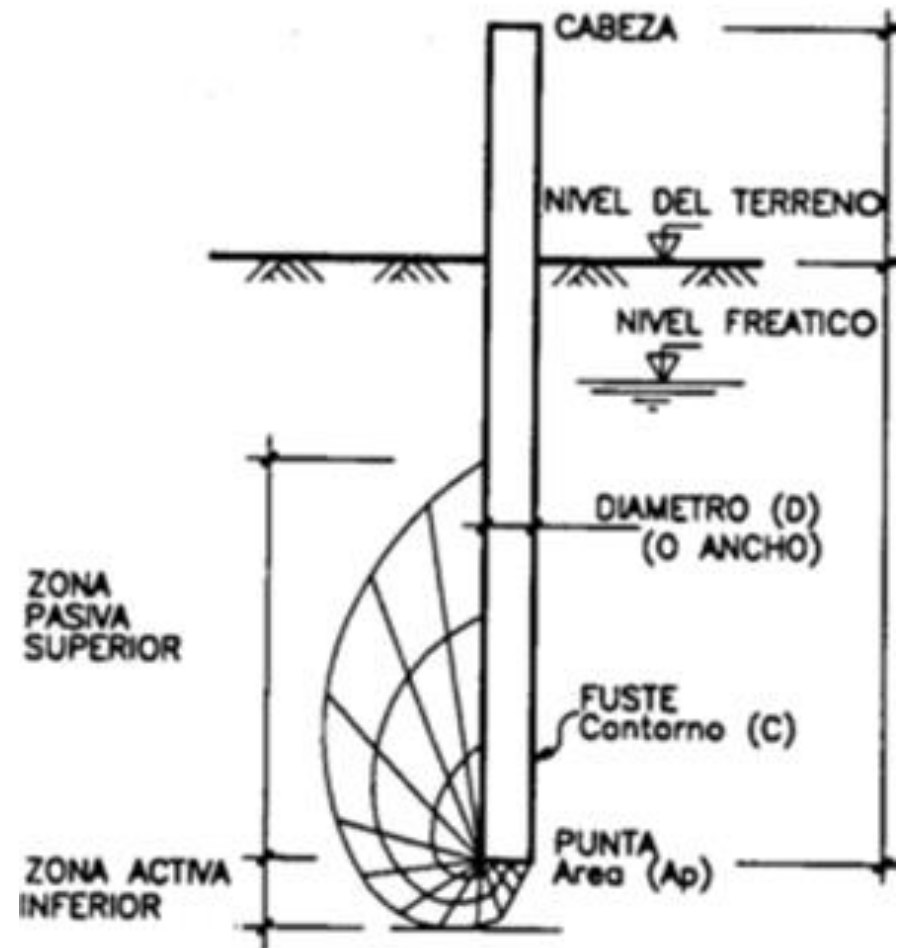
Modelo rígido-plástico

La capacidad de carga por la punta depende de

- Ficha
- Parámetros resistentes del terreno
- Tapada y napa

$$q_u = (c N_c + \sigma'_v N_q) \cdot s_c d_c$$

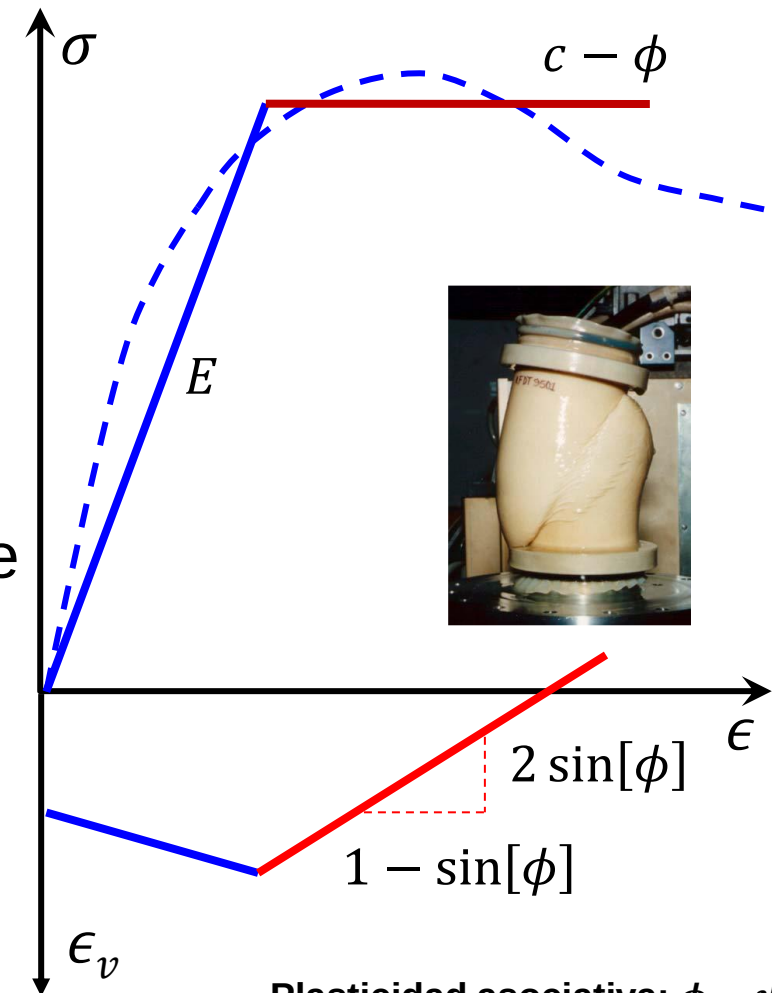
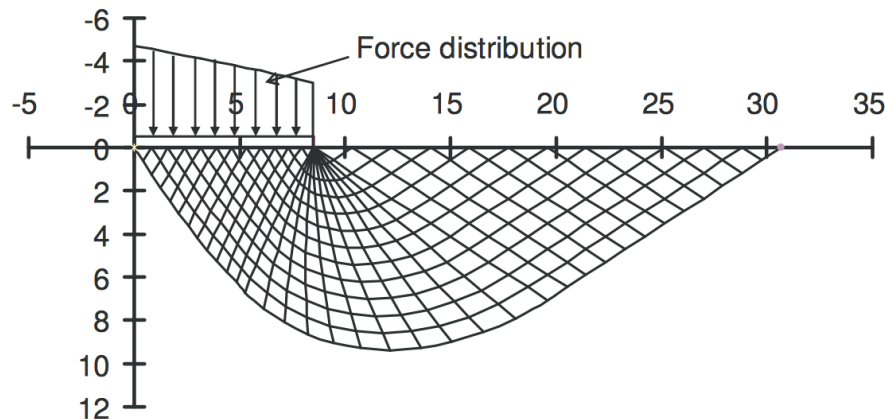
$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$



¿Porqué andan mal las fórmulas de capacidad de carga?

Hipótesis: Suelo elastoplástico perfecto con plasticidad asociativa

- Forma: espiral logarítmica
- El suelo dilata (muchísimo)
- Ignora compresión volumétrica por aumento de presión
- Ángulo de fricción interna constante



Plasticidad asociativa: $\phi = \psi$

La curva de resistencia intrínseca de los geomateriales

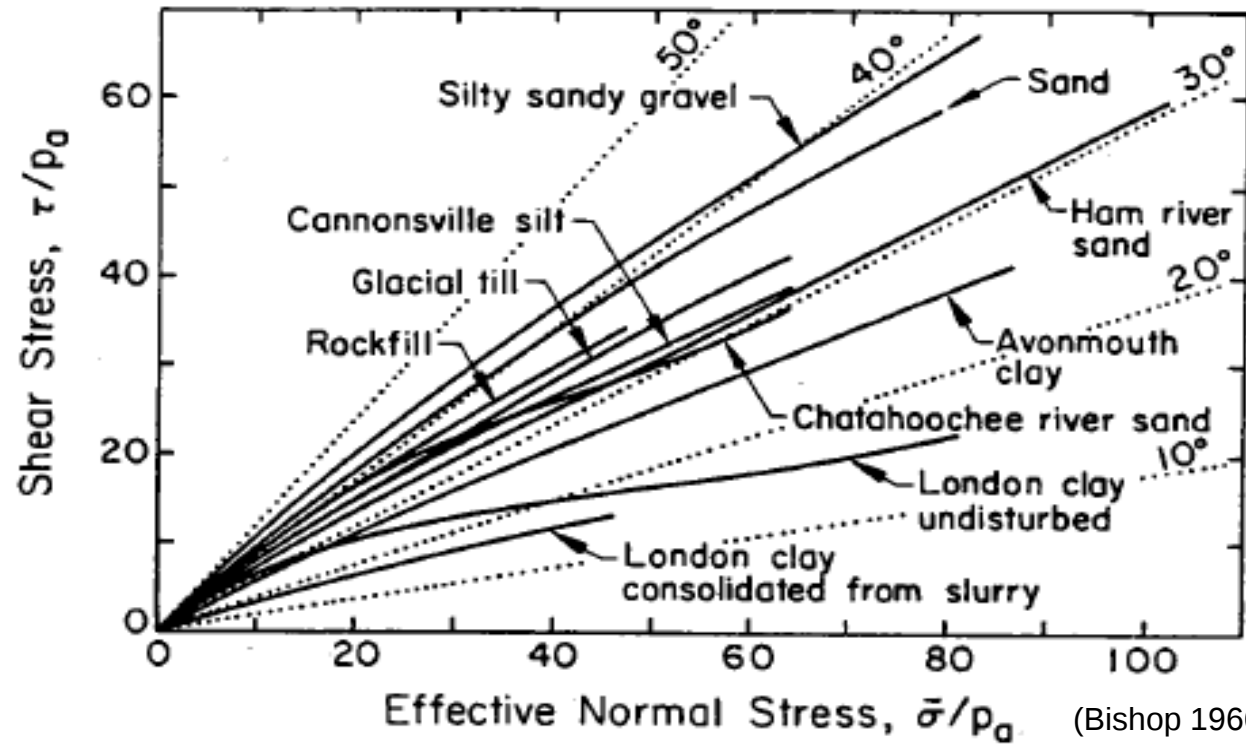
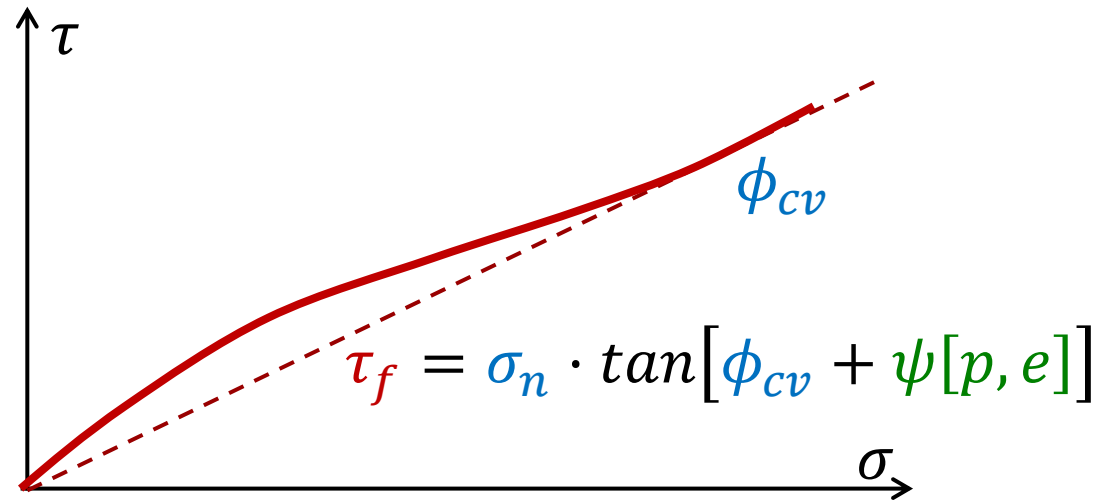
ϕ era una “propiedad” del suelo

En 1936 Casagrande mostró que $\phi[e] \rightarrow \phi_{cv}$

En 1966 Bishop mostró que $\phi[p]$

En 1986 Bolton mostró que

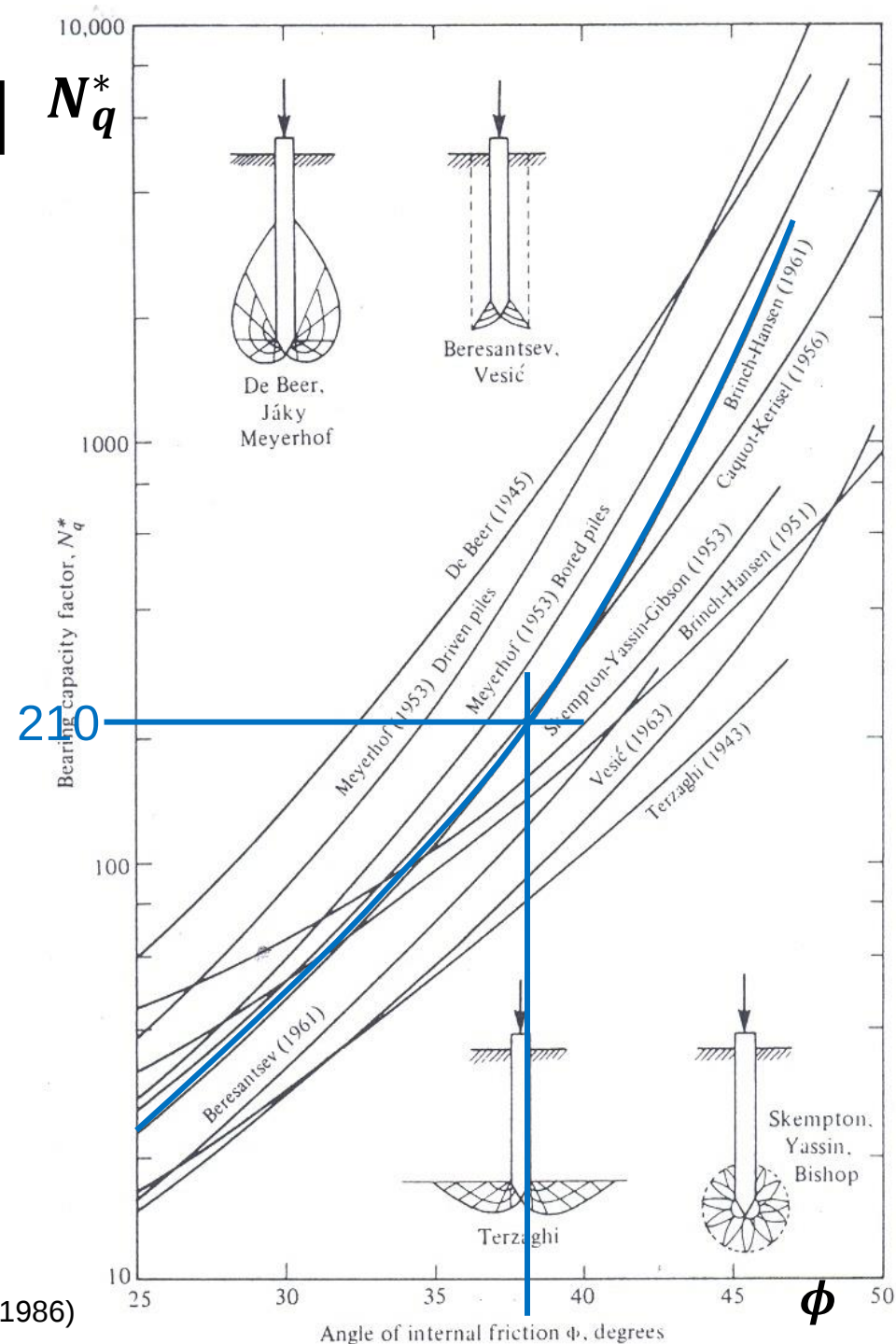
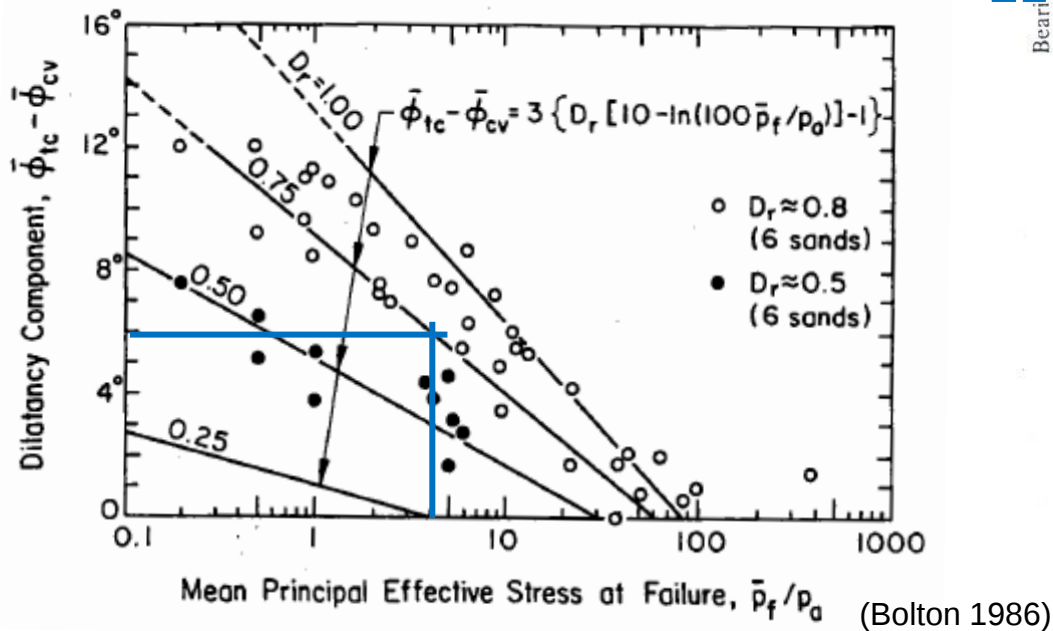
$$\phi[p, e] = \phi_{cv} + \psi[p, e]$$



(Bishop 1966)

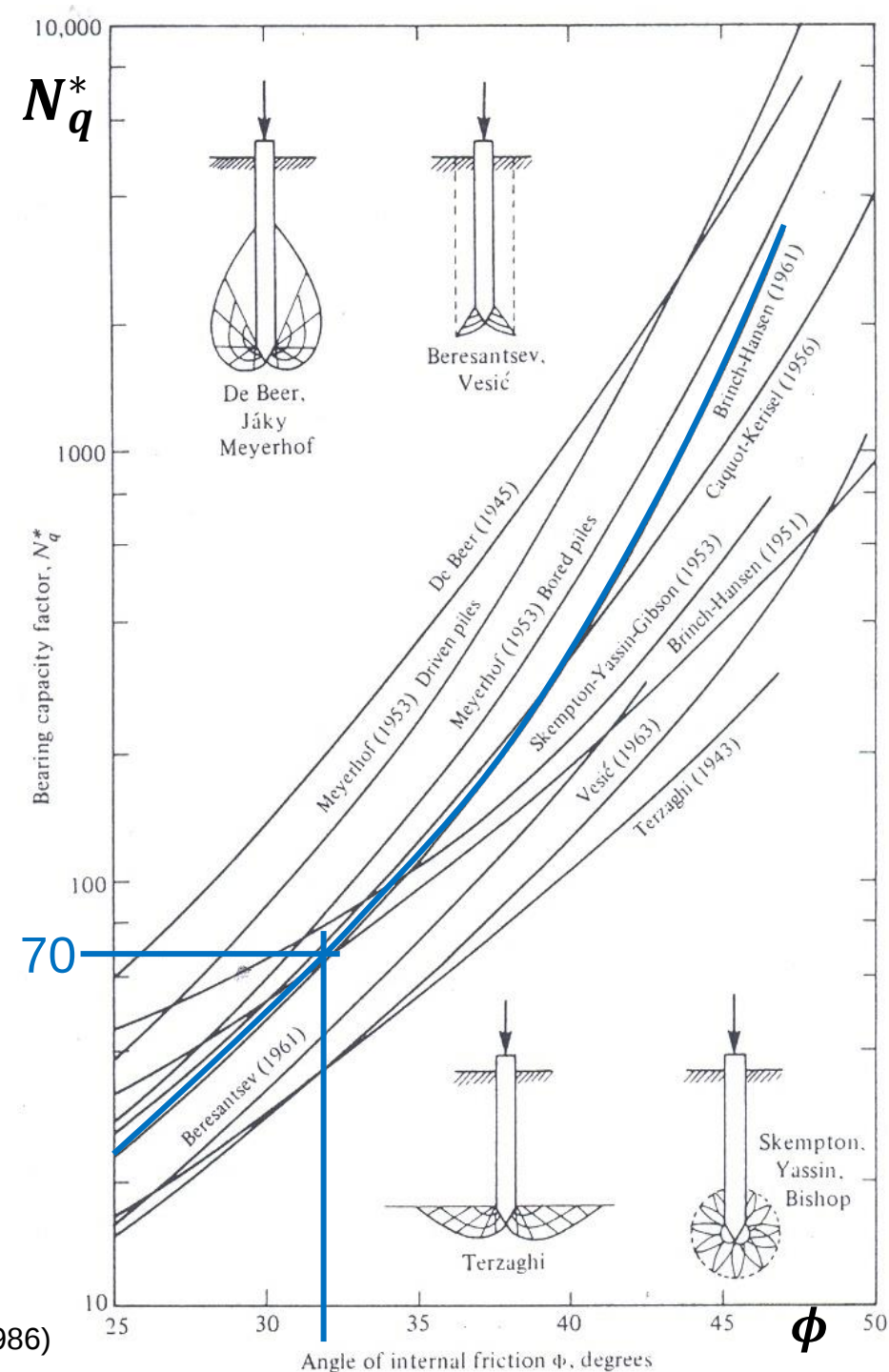
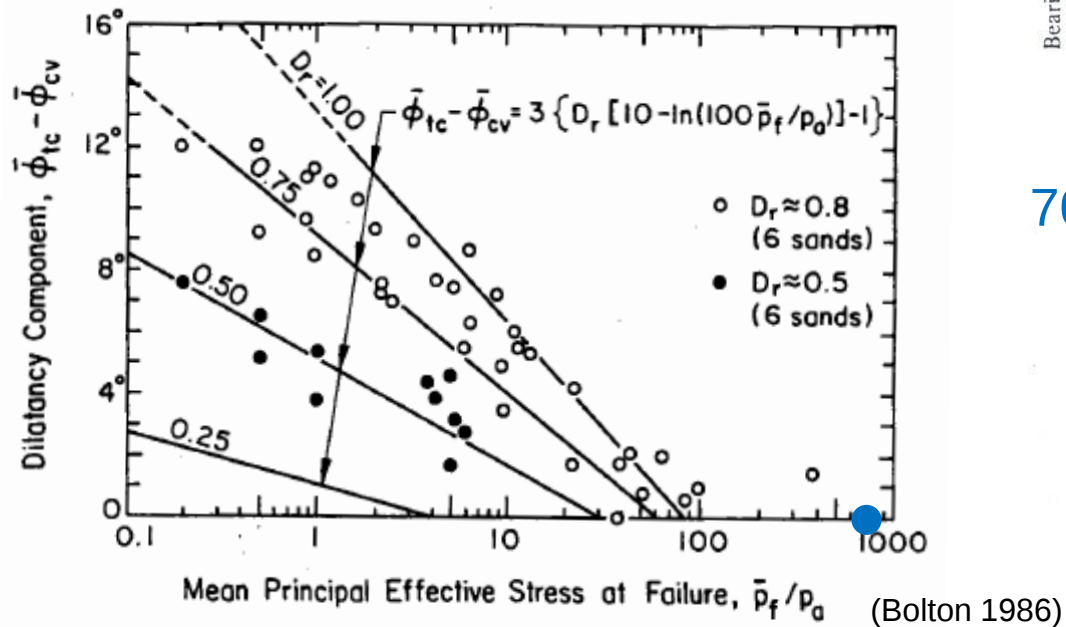
La no linealidad de $\phi[p, e]$ N_q^*

- $D_f = 40m$ ($\sigma'_v = 400 \text{ kPa}$)
- $D_r \cong 75\%$
- $\phi = \phi_{cv} + \psi = 32^\circ + 6^\circ = 38^\circ$
- $q_{ult} = \sigma'_v \cdot N_q = 84 \text{ MPa}$



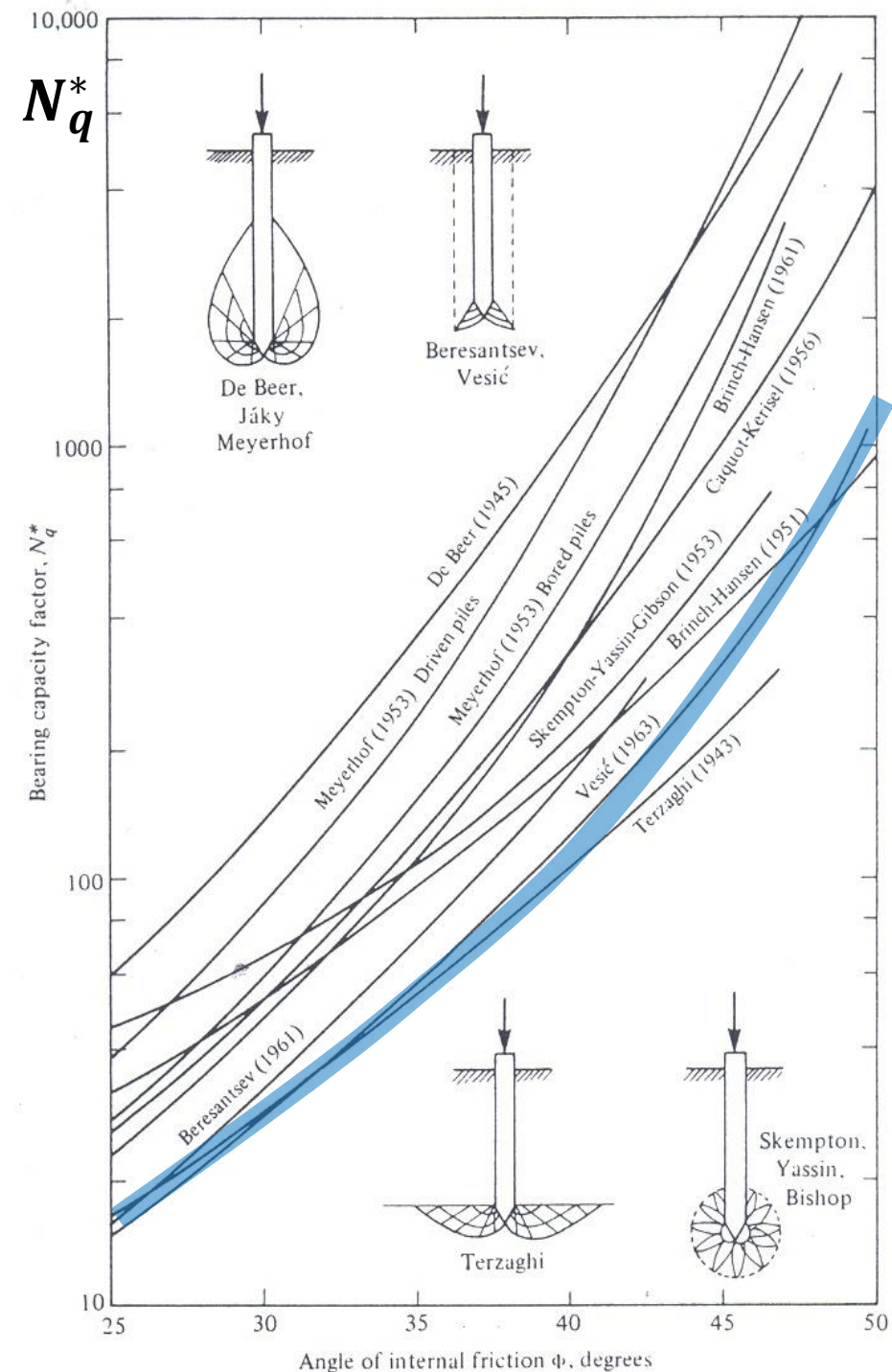
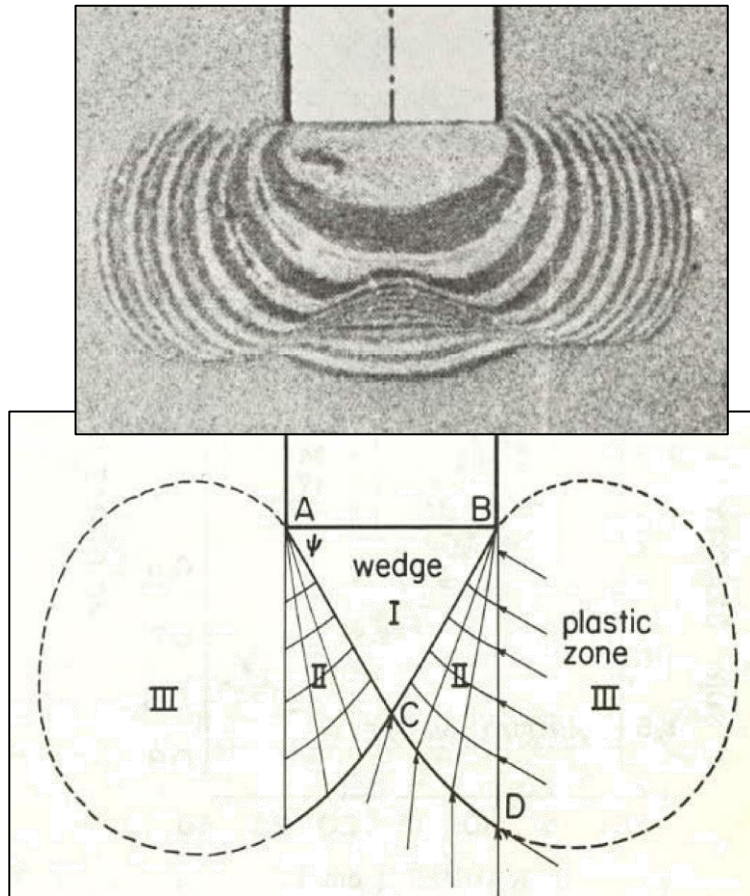
La no linealidad de $\phi[p, e]$ N_q^*

- $q_{ult} = 84 \text{ MPa} \rightarrow \psi = 0$
- $\phi = \phi_{cv} = 32^\circ$
- $q_{ult} = \sigma'_v \cdot N_q = 28 \text{ MPa}$



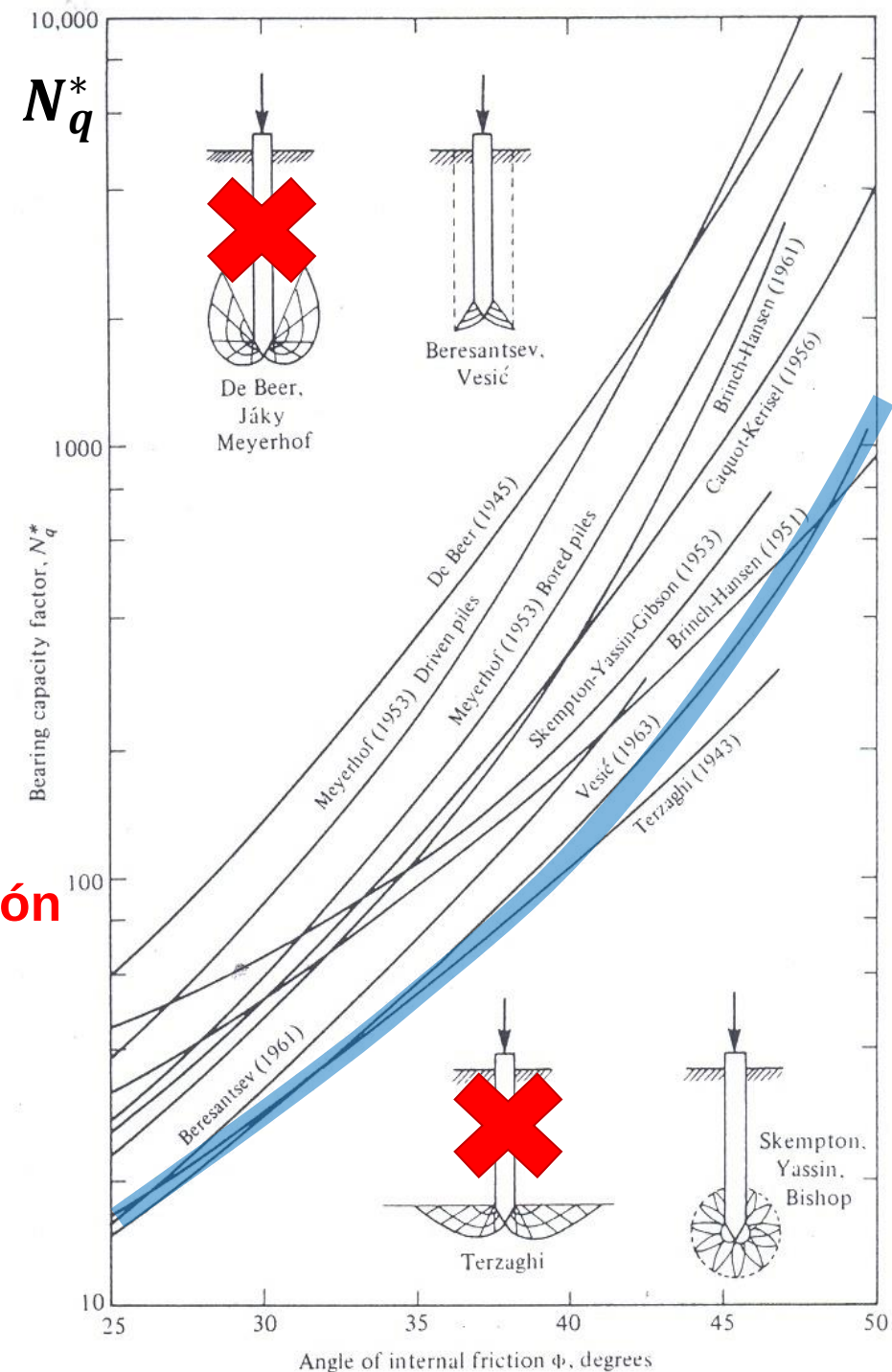
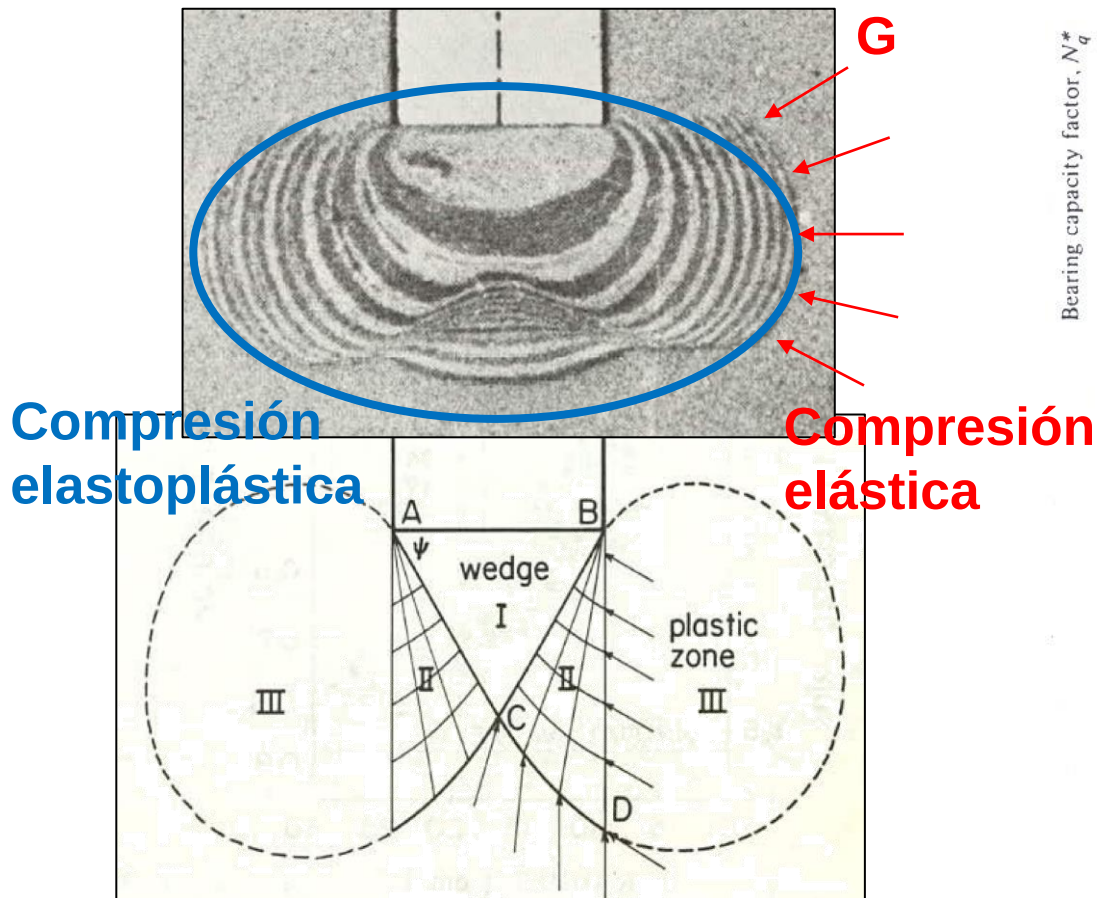
Carga última por punta: mecanismo más realista

Expansión de cavidad esférica (Vesic 1977)



Carga última por punta: mecanismo más realista

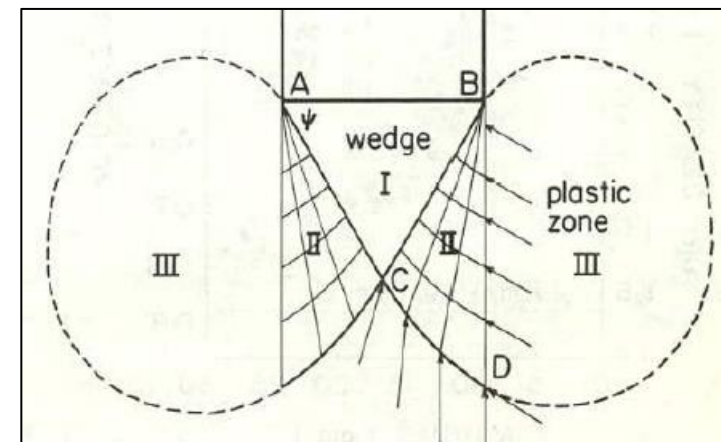
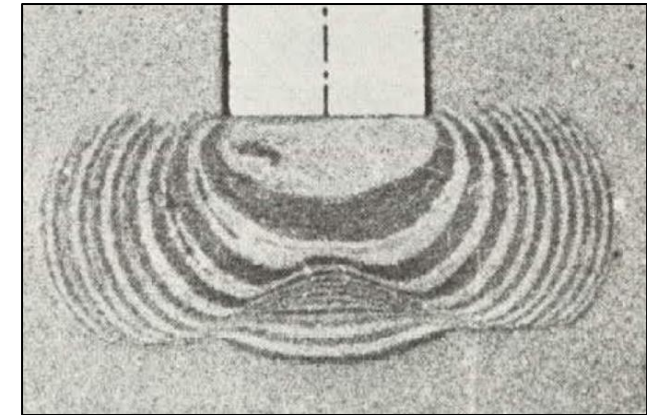
Expansión de cavidad esférica (Vesic 1977)



Formulas de Vesic

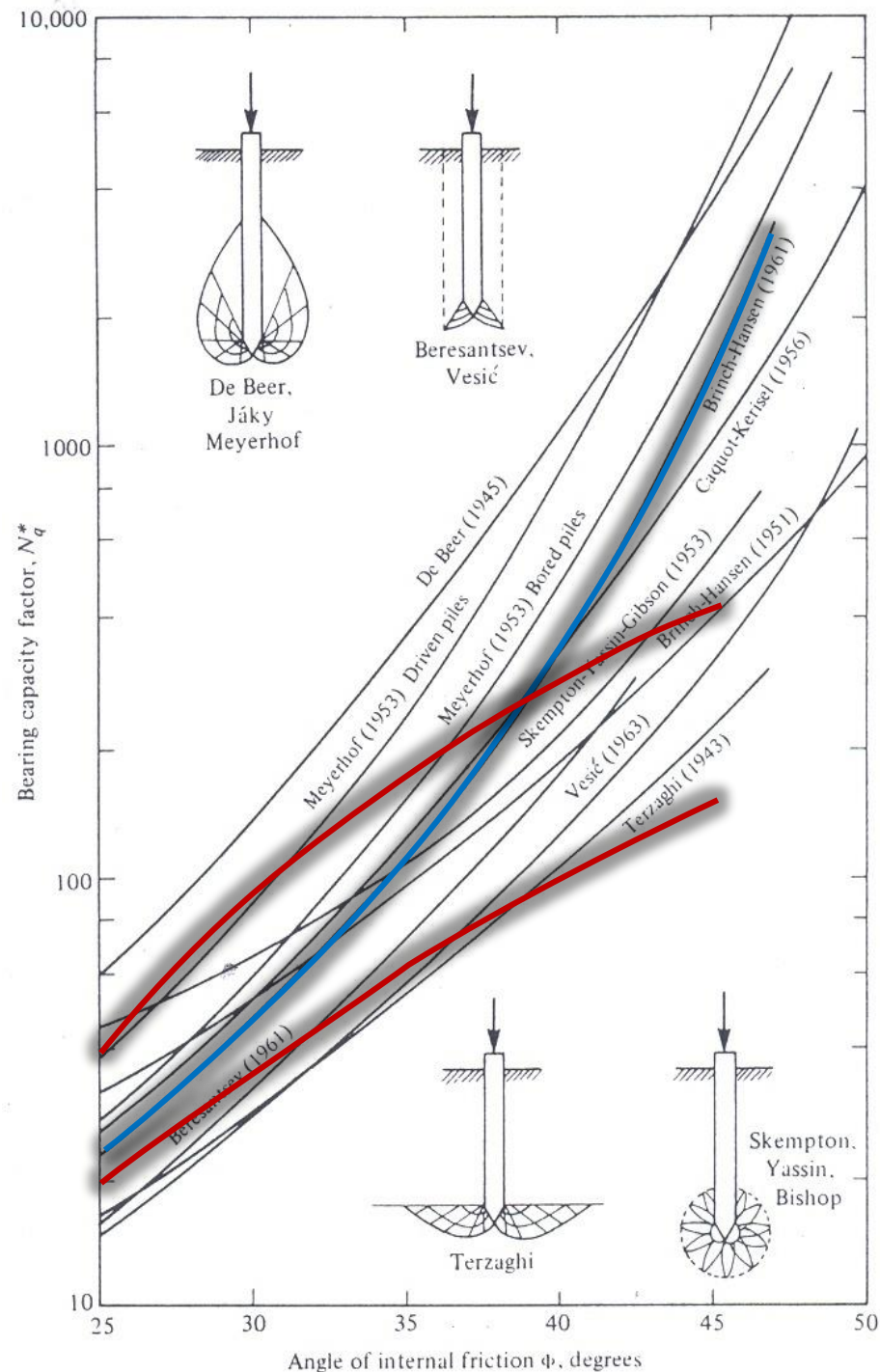
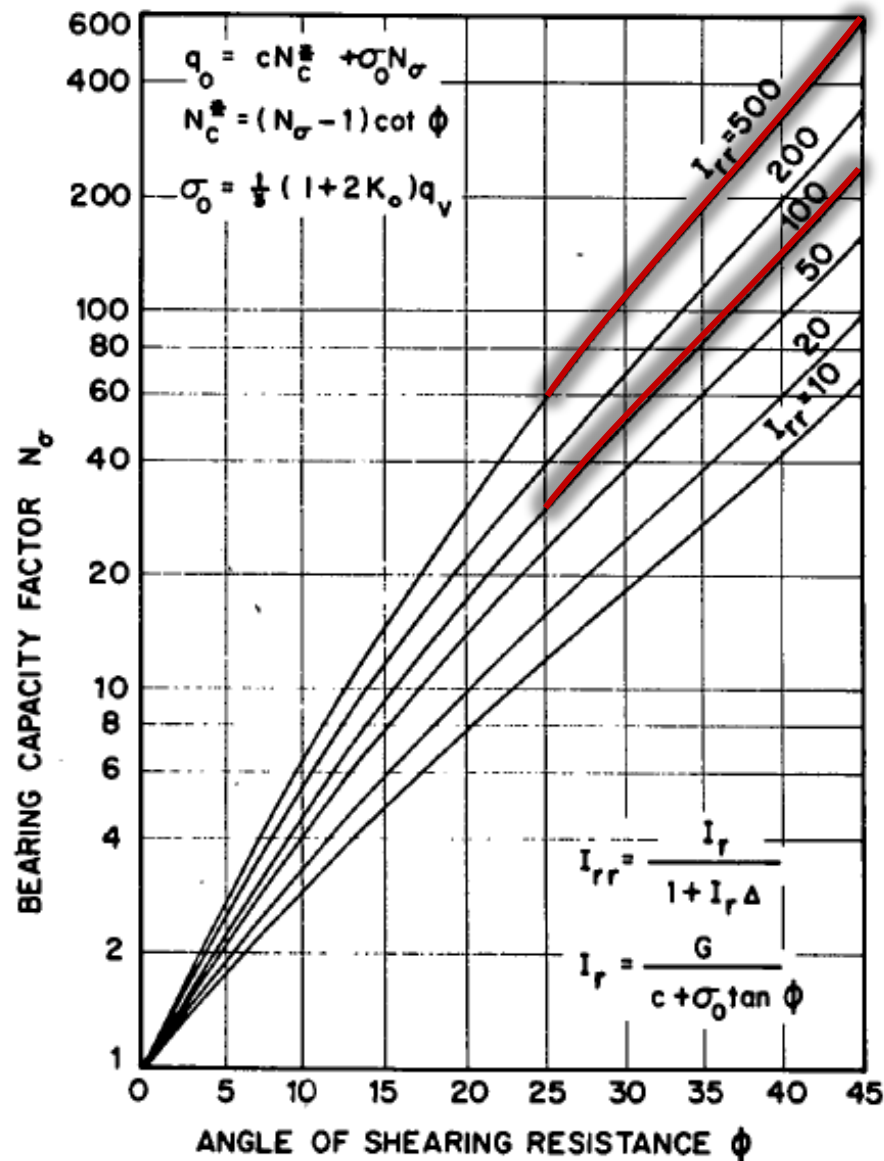
Mecanismo de falla basado en expansión de cavidad esférica

- $q_{ult} = cN_c[\phi] + pN_\sigma[\phi]$
- $N_\sigma = c_1 \tan^2 \left[\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right] I_{rr}^{c_3}$
- $c_1 = \frac{3}{3 - \sin[\phi]} e^{\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \tan[\phi]} \quad | \quad c_3 = \frac{4}{3} \frac{\sin[\phi]}{1 + \sin[\phi]}$
- $N_c = \cot[\phi] \cdot \left(\frac{1 + 2K_0}{3} N_\sigma - 1 \right)$
- $p = \frac{1 + 2K_0}{3} \sigma'_0$
- $I_{rr} = \frac{I_r}{1 + \epsilon_v I_r} ; I_r = \frac{G}{c + p \tan(\phi)}$
- $\epsilon_v = 50 I_r^{-1.8}$ (Yasufuku 2001)



(Vesic 1977)

Vesic vs Brinch-Hansen



Carga última por fricción lateral

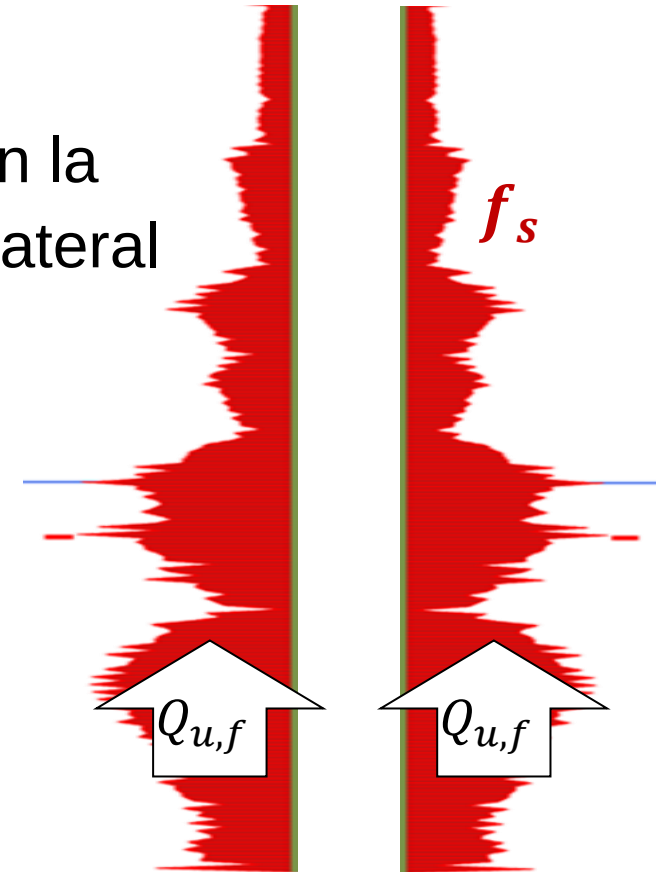
$Q_{u,f}$ es la integral de la resistencia al corte en la interfaz suelo-pilote f_s en toda la superficie lateral

- $Q_{u,f} = \int f_s \cdot dA$

f_s depende

- De la resistencia al corte del terreno
- Del método constructivo
 - Tensión horizontal σ_h de contacto en cada punto
 - Disturbación del terreno | uso de lodos | contaminantes

f_s se desarrolla plenamente con asentamiento limitado



Fricción lateral (Condición no drenada)

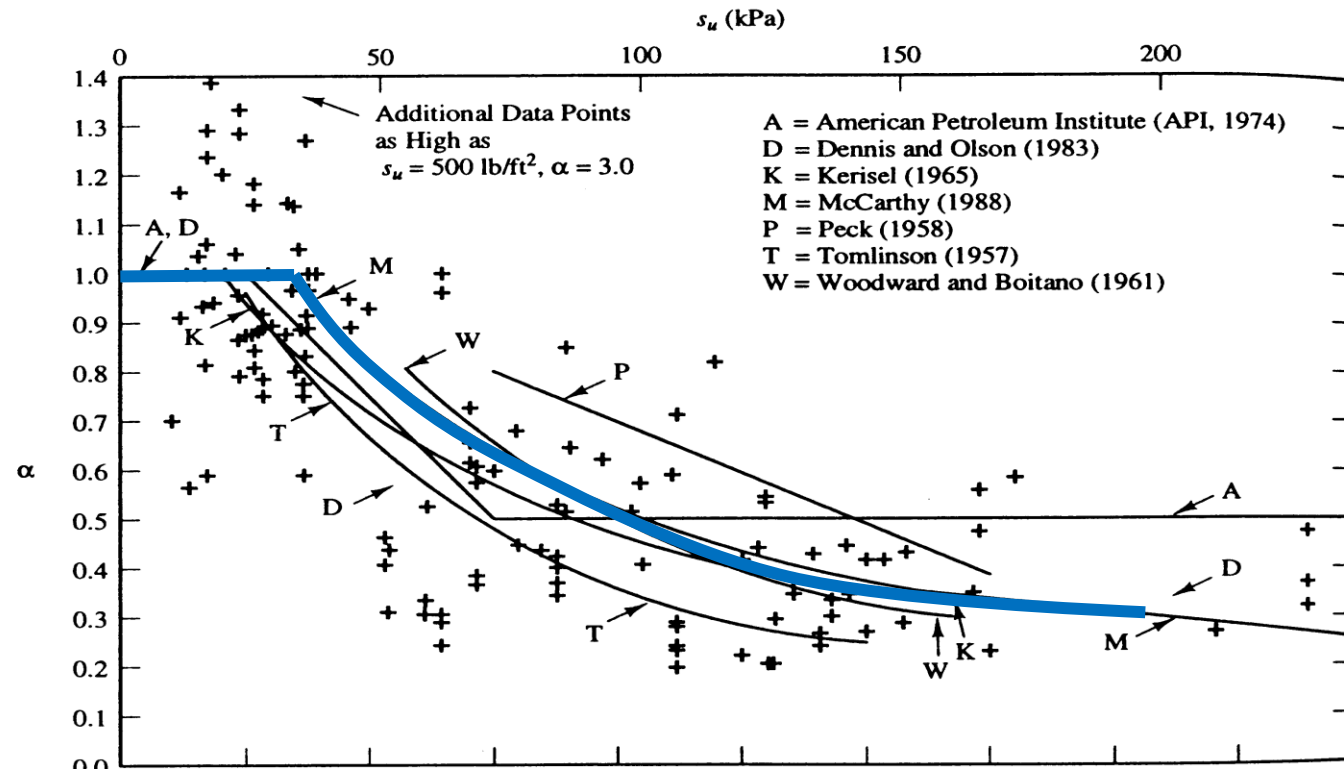
- Resistencia al corte del suelo:
- Método simplificado:**
 - $\alpha = 0.21 + 26kPa/s_u \leq 1.0$

$$S = S_u$$

$$f_s = \alpha \cdot s_u$$

Dispersión grande:

- Instalación puede mejorar arcillas muy blandas
- Gráfico incluye muchos métodos constructivos



Fricción lateral (Condición drenada)

- Resistencia al corte del suelo: $s = \sigma'_h \tan[\phi]$
- Resistencia al corte de la interfaz: $f_s = \sigma'_h \tan[\delta]$
- Fórmula simplificada: $f_s = K \sigma'_v \tan[\delta]$
 - K : hincados: $1.2 < K < 3.0$ | perforados: $K_0 < K < 1.0$
 - δ : acero: $\delta = 20^\circ$ | madera: $\delta = 2/3 \phi$ | hormigón: $\delta = 3/4 \phi$

Table 4-5

Common Values for Corrected K

Soil Type	Displacement Piles		Nondisplacement Piles	
	Compression	Tension	Compression	Tension
Sand	2.00	0.67	1.50	0.50
Silt	1.25	0.50	1.00	0.35
Clay	1.25	0.90	1.00	0.70

Values of δ

File Material	δ
Steel	0.67 ϕ to 0.83 ϕ
Concrete	0.90 ϕ to 1.0 ϕ
Timber	0.80 ϕ to 1.0 ϕ

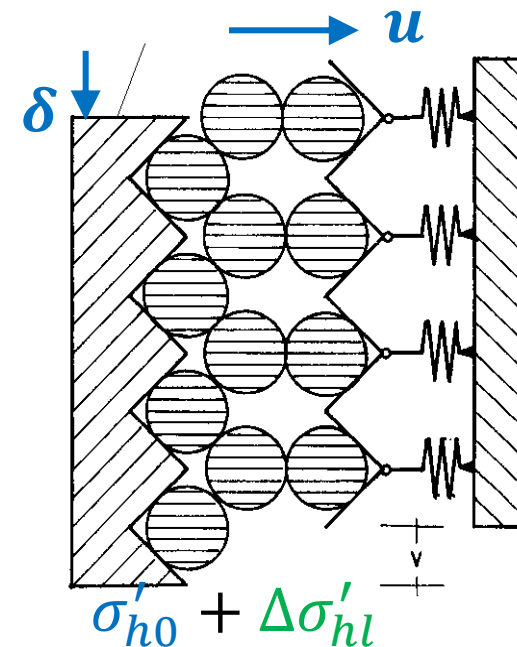
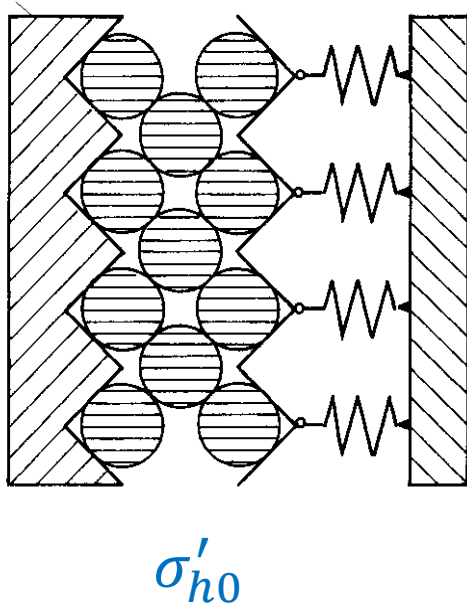
(USACE)

Mecanismo de resistencia por el fuste (drenada): fricción y dilatancia

Resistencia al corte de la interfaz: $f_s = \sigma'_h \tan[\delta]$

Componentes de la tensión horizontal: $f_s = (\sigma'_{h0} + \Delta\sigma'_{hl}) \tan[\delta]$

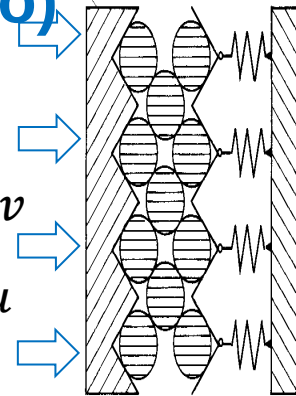
- σ'_{h0} : tensión horizontal antes de aplicación de carga vertical
- $\Delta\sigma'_{hl}$: cambio de tensiones por distorsión del suelo en contacto



Parámetros para el cálculo de la resistencia por el fuste - Resumen

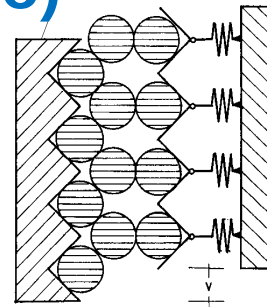
Pilotes hincados (con desplazamiento lateral del suelo)

- Desplazamiento lateral de suelo grande: $\sigma_h \gg \sigma_v$
- Arenas: distorsión enorme en superficie lateral: $\phi = \phi_{cv}$
- Arcillas blandas: σ_h induce consolidación radial: $f_s > s_u$
- Arcillas duras: se rompe estructura (del suelo): $f_s < s_u$



Pilotes perforados (sin desplazamiento lateral del suelo)

- Desplazamiento lateral de suelo sólo por dilatancia
- Arenas: distorsión lateral sólo por carga: $\phi = \phi_{max}$
- Arcillas blandas: no hay mejora del terreno: $f_s < s_u$
- Arcillas duras: expansión de suelo rompe estructura: $f_s < s_u$ y dilatancia $\sigma_h \gg \sigma_v$ (mejora resistencia drenada)

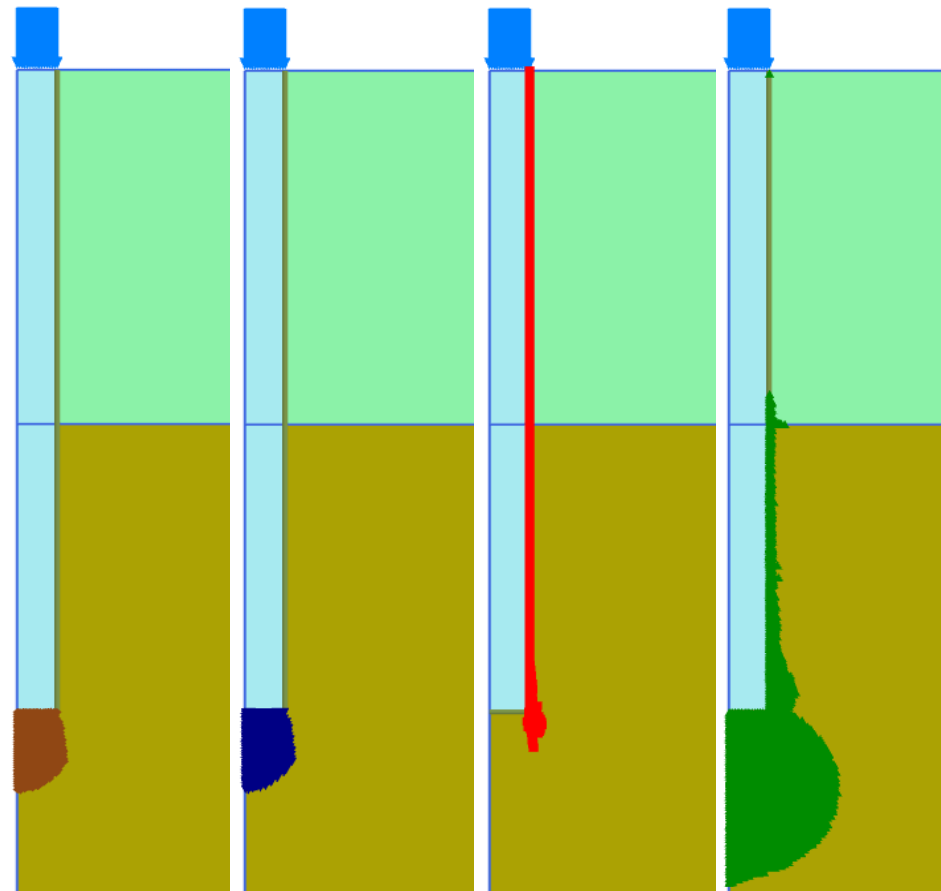


Ejemplo: pilote axial simétrico **sin** dilatancia

$$\psi = 0^\circ \rightarrow \frac{\partial \delta_h}{\partial \delta_v} = 0$$

Pilote baja sin
cambiar la tensión
radial.

La fricción lateral
depende de la
tensión horizontal
que había antes
de la instalación
del pilote



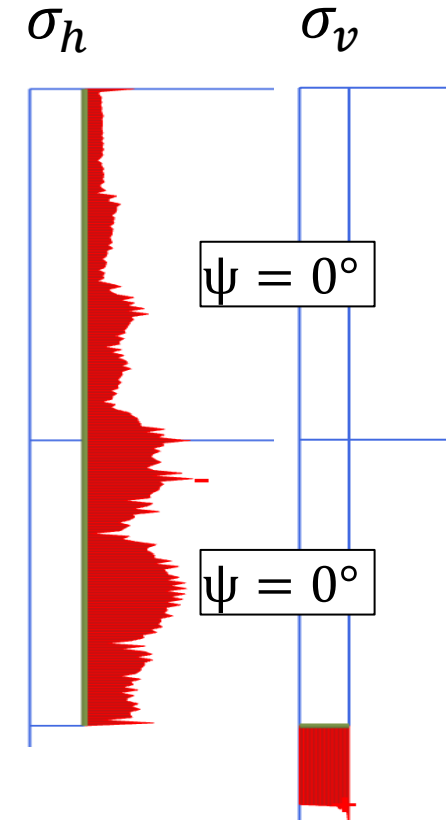
■ Failure point

▼ Cap point

▲ Hardening point

□ Tension cut-off point

◆ Cap + hardening point

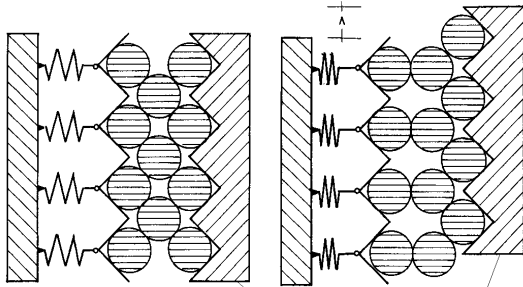


Ejercicio: pilote axial simétrico **con** dilatancia

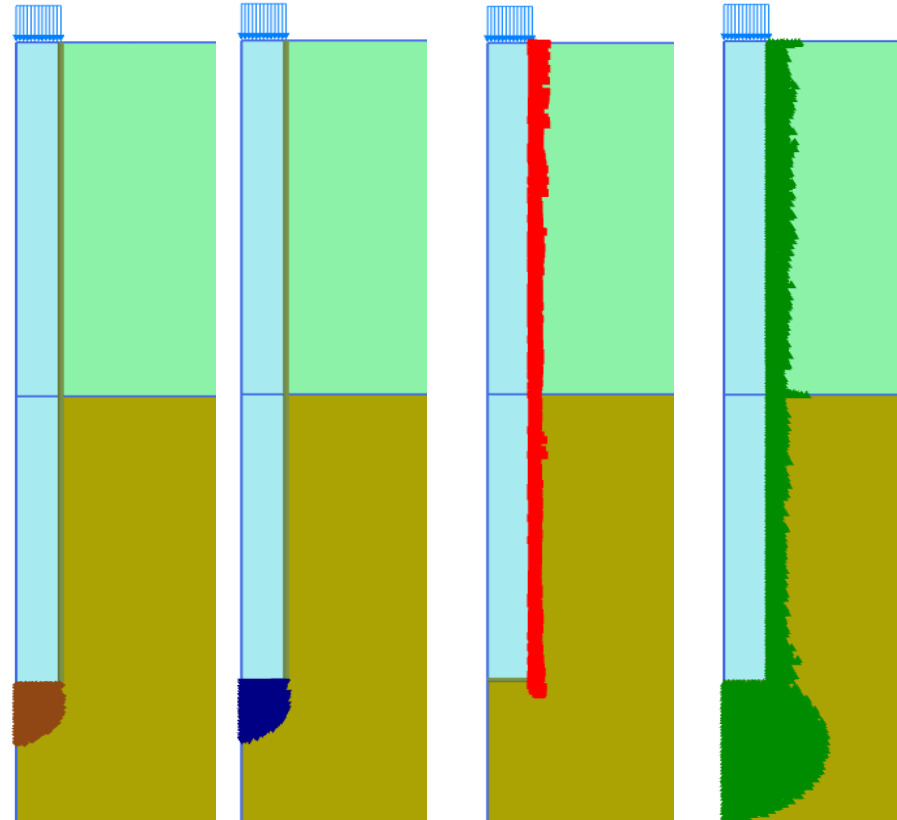
Comportamiento axial de pilotes

$$\psi > 0^\circ \rightarrow \frac{\partial \delta_h}{\partial \delta_v} > 0$$

δ_v produce δ_h



La fricción lateral depende de la tensión horizontal aumentada por la deformación



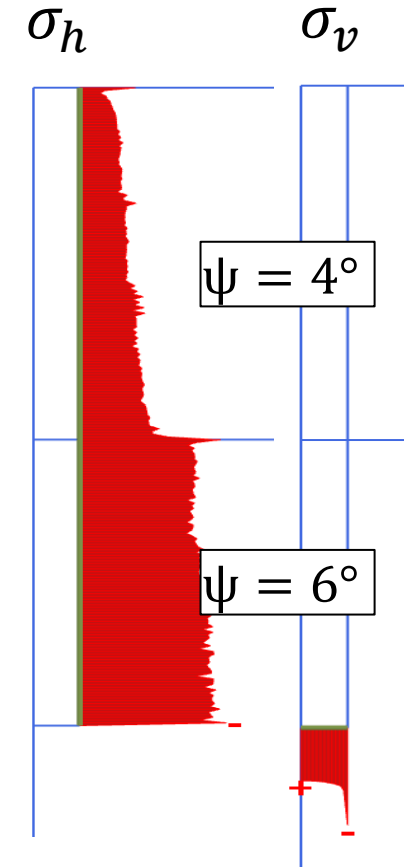
■ Failure point

▼ Cap point

▲ Hardening point

□ Tension cut-off point

◆ Cap + hardening point

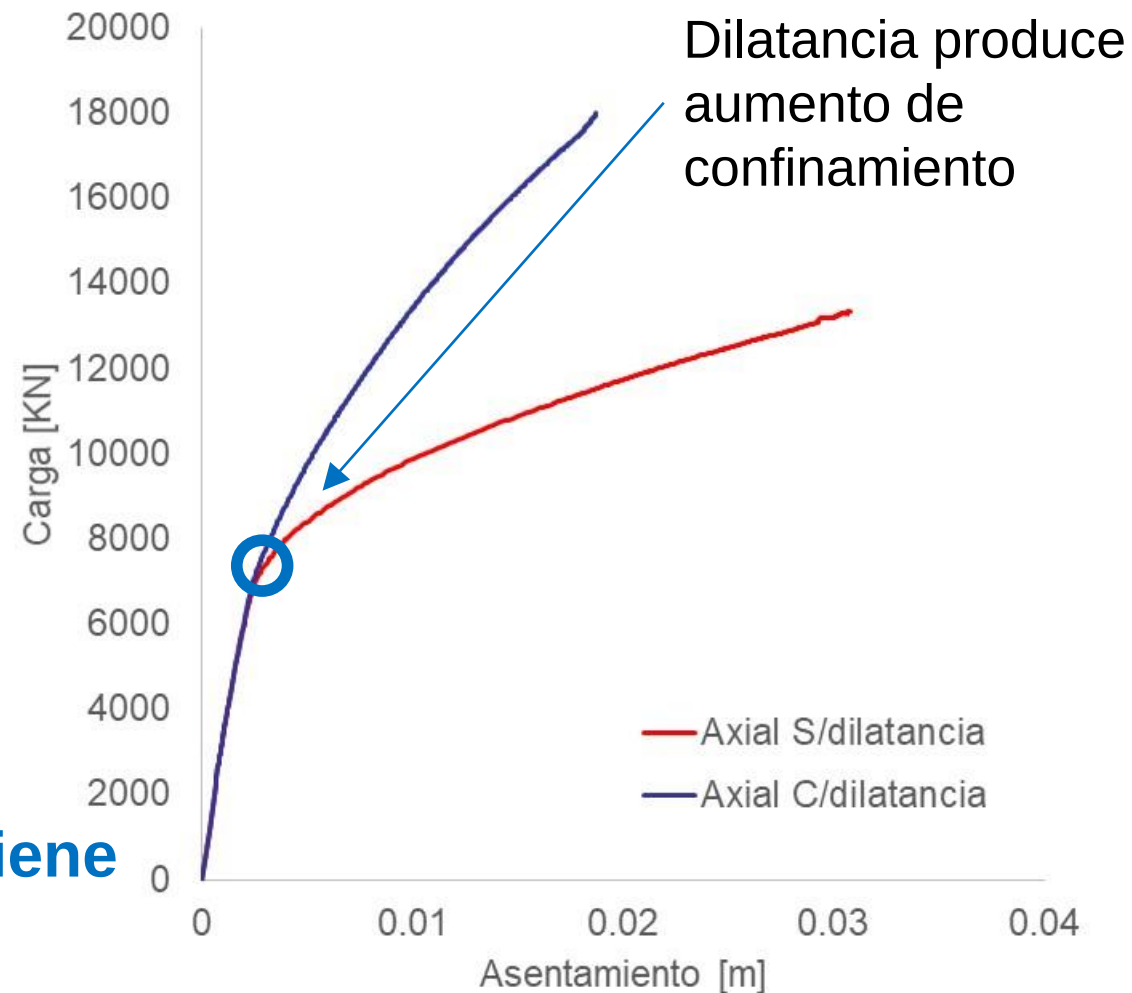


Curvas $P - \delta$: efecto de la dilataancia

Dilatancia más simetría de revolución:

- Aumento de la presión radial $\sigma'_r =$ horizontal σ'_h
- Aumento de resistencia por el fuste f_s
- Esto no es un error, es real en suelos densos

Cuidado: la dilataancia no tiene límite en muchos modelos pero sí en la realidad.

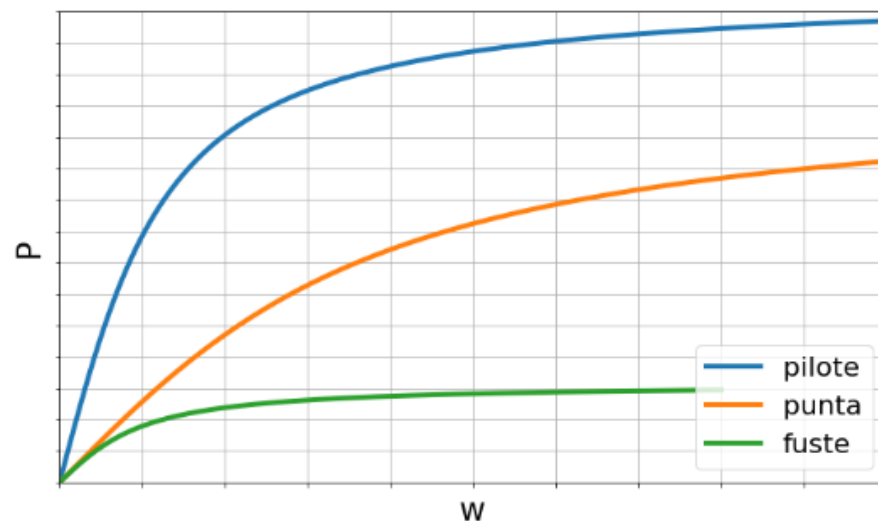
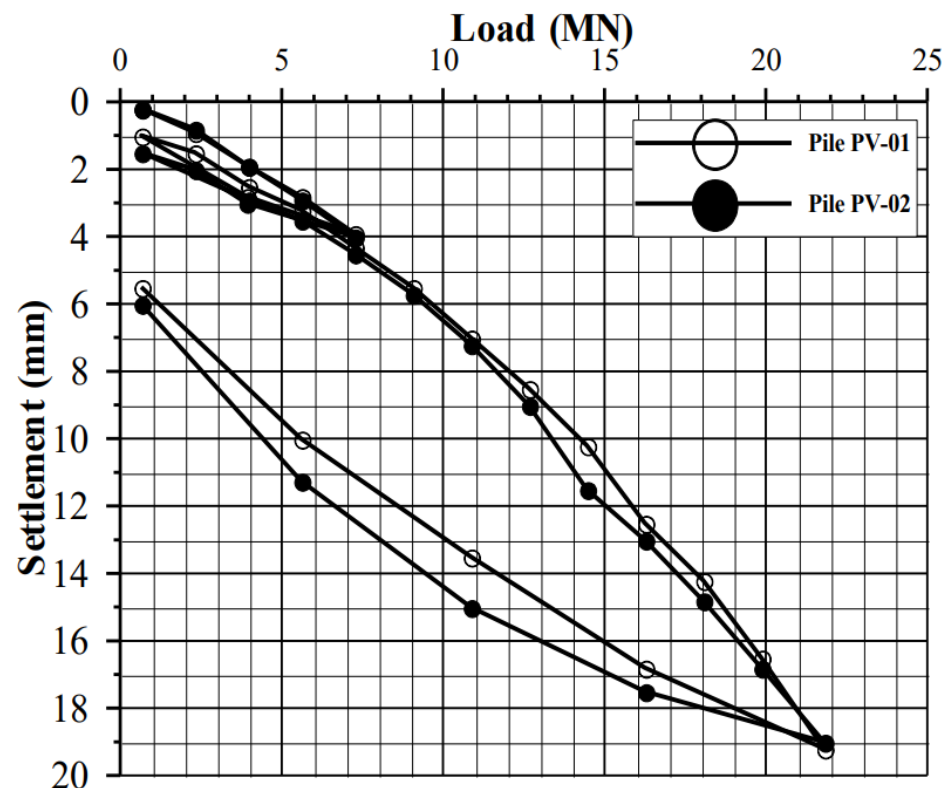


Estado límite último de un pilote

- No existe el estado límite último del pilote
- No hay deformación “catastrófica”
- **El “estado límite último” es de la superestructura**

Procedimiento para determinar la curva $P - \delta$

- Interacción axil lineal
- Interacción axil no lineal (Modelo de Duncan – Chang)



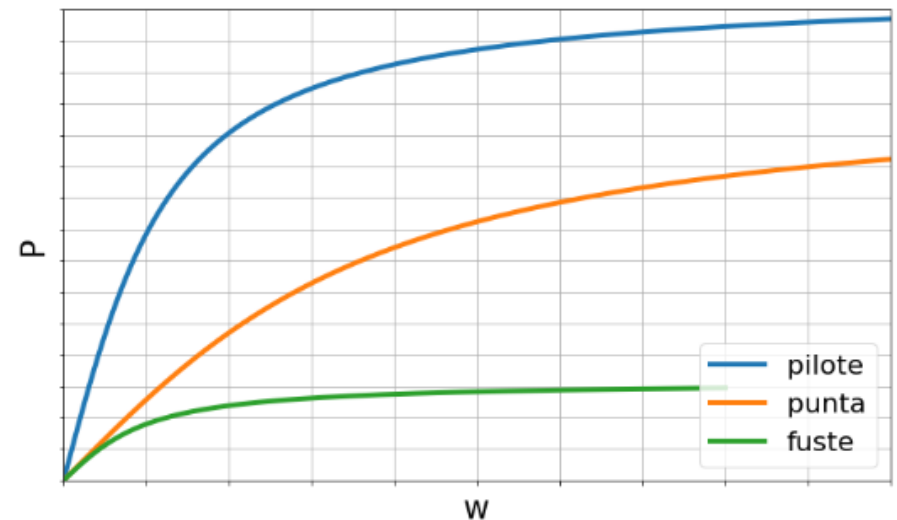
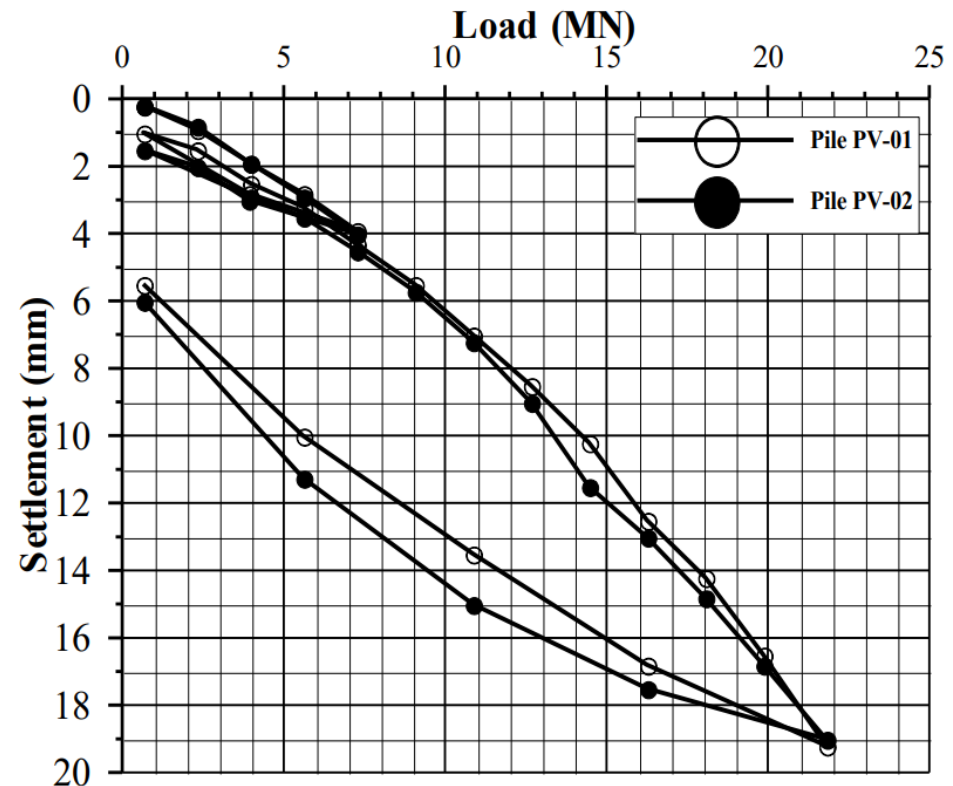
(Giurich 2020)

Estado límite último de un pilote

- No existe el estado límite último del pilote
- No hay deformación “catastrófica”
- **El “estado límite último” es de la superestructura**

Procedimiento para determinar la curva $P - \delta$

- **Interacción axil lineal**
- Interacción axil no lineal (Modelo de Duncan – Chang)



Métodos analíticos clásicos

Expresión de Vesic

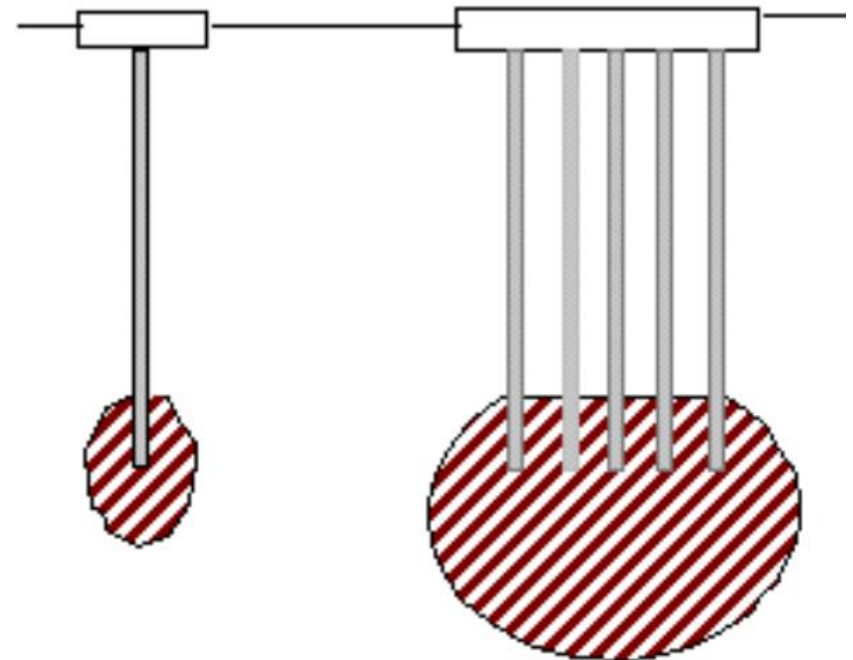
El asentamiento se puede estimar según la expresión de Vesic:

$$w = w_s + w_{pp} + w_{ps}$$

w_s : Asentamiento elástico

w_{pp} : Asentamiento por punta

w_{ps} : Asentamiento por fuste

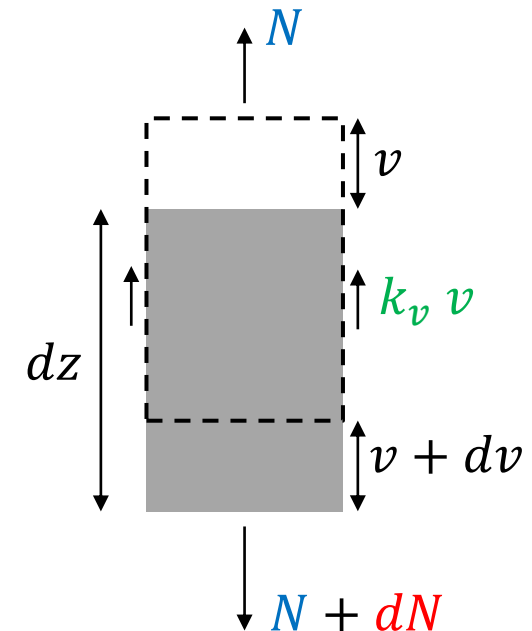


Comportamiento axil elástico de pilotes

Columnas sobre resortes lineales independientes (Similar a Winkler para vigas)

- Equilibrio: $dN - k_v v dz = 0$
- Relación constitutiva: $N = E A \frac{dv}{dz}$

$$\text{Si } E A = cte \rightarrow \frac{d^2 v}{dz^2} - \frac{k_v}{E A} v = 0$$



(Solución general: $v_{(z)} = C_1 e^{\beta z} + C_2 e^{-\beta z}$, $\beta = \sqrt{\frac{k_v}{E A}}$)

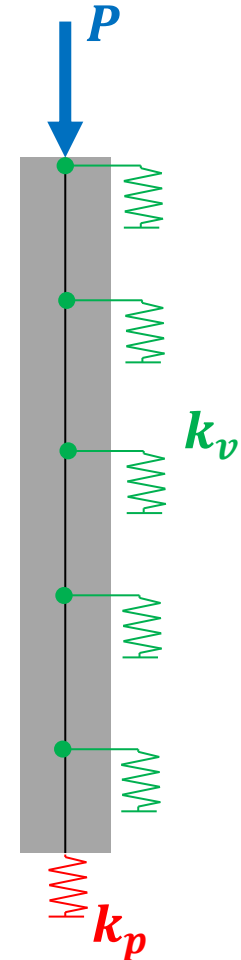
Comportamiento axil elástico de pilotes

Condiciones de borde

- $P = -N_{z=0} = -E A \beta (C_1 - C_2)$
- $N_{z=L} = E A \beta (C_1 e^{\beta L} - C_2 e^{\beta L}) = -k_p v_{z=L}$
 $N_{z=L} = -k_p (C_1 e^{\beta L} - C_2 e^{\beta L})$

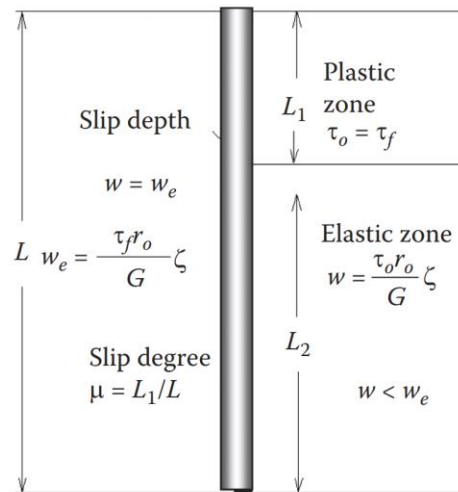
Solución general

- $$v = \frac{P}{E A \beta} \left(\frac{\left(1 - \frac{k_p}{E A \beta}\right) e^{\beta (z-L)} + \left(1 + \frac{k_p}{E A \beta}\right) e^{-\beta (z-L)}}{\left(1 + \frac{k_p}{E A \beta}\right) e^{\beta L} - \left(1 - \frac{k_p}{E A \beta}\right) e^{-\beta L}} \right)$$

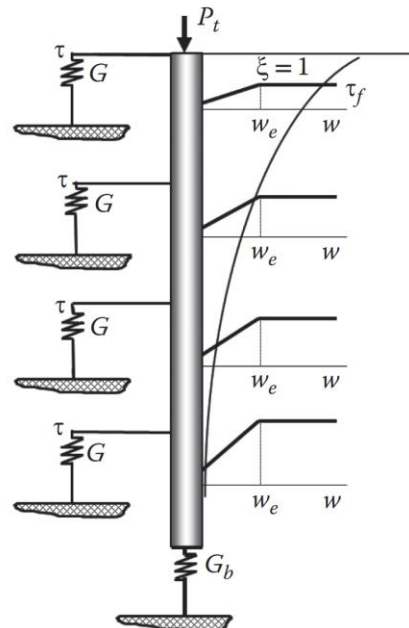


Comportamiento elasto-plástico perfecto

- $G = A_g (\alpha_g + z)^n$
- $\tau_f = A_v (\alpha_v + z)^\theta$

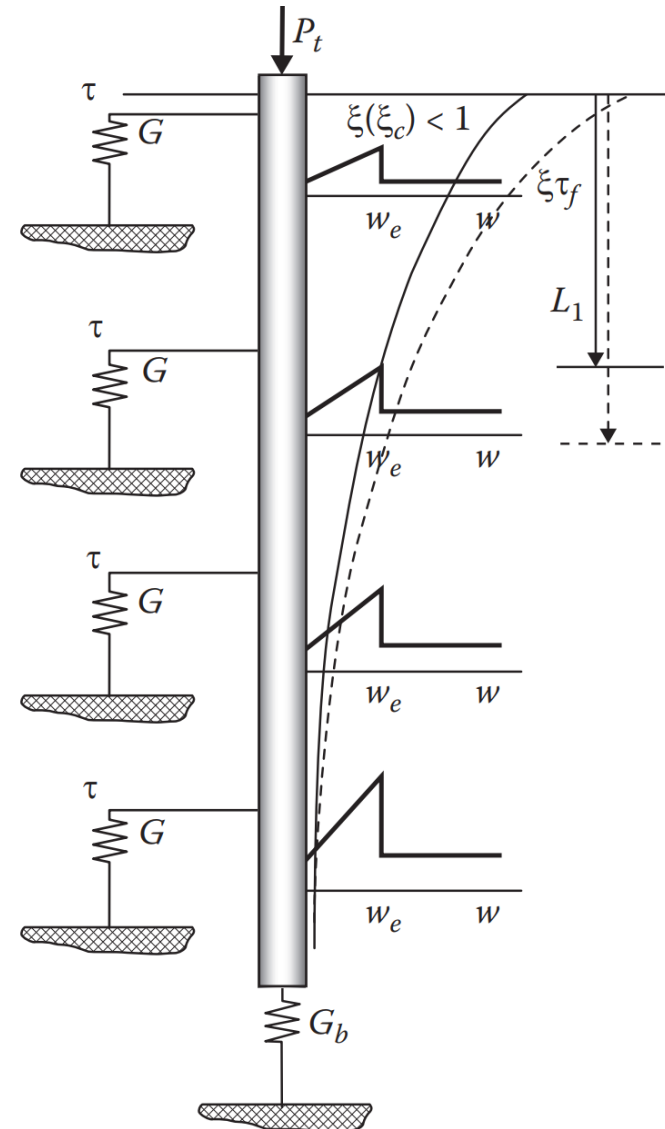


(a)



(b)

Guo (2013)



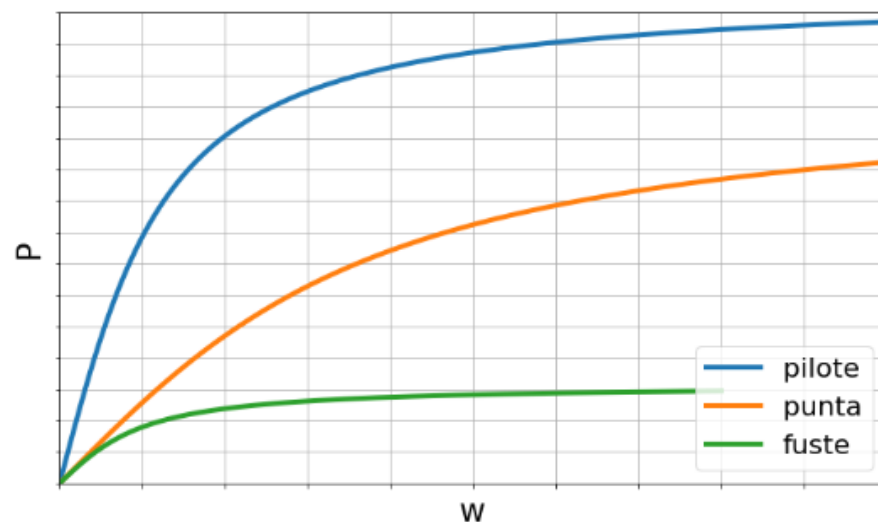
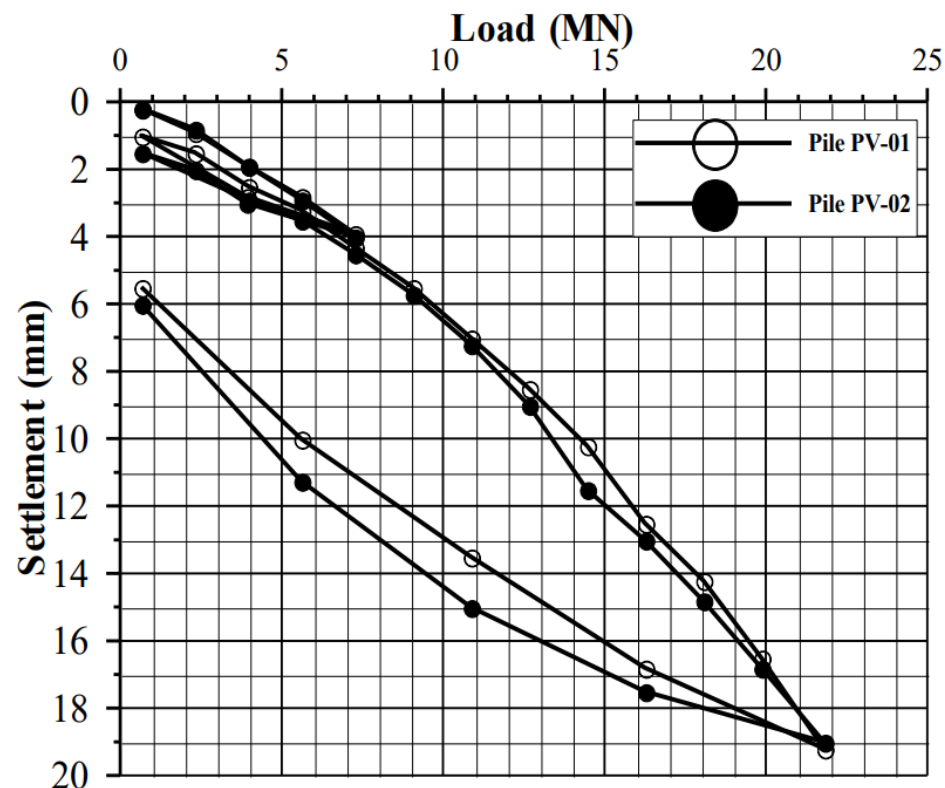
Guo (2013)

Estado límite último de un pilote

- No existe el estado límite último del pilote
- No hay deformación “catastrófica”
- **El “estado límite último” es de la superestructura**

Procedimiento para determinar la curva $P - \delta$

- Interacción axil lineal
- **Interacción axil no lineal (Modelo de Duncan – Chang)**



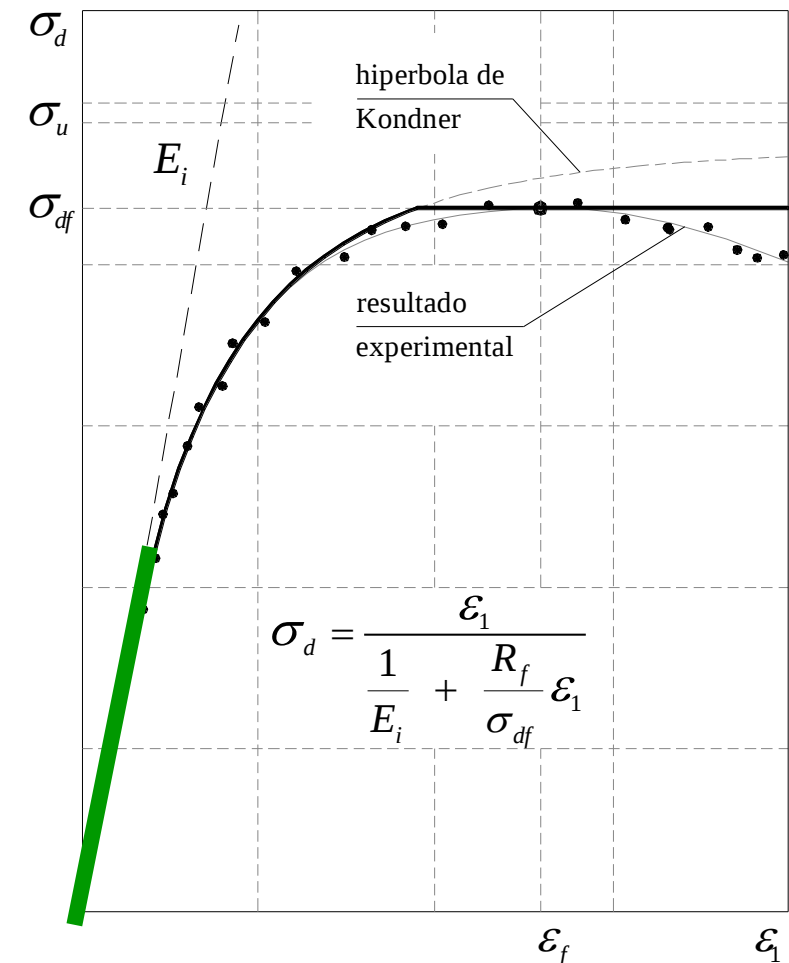
(Giurich 2020)

Comportamiento de pilotes excavados

Modelo Hiperbólico (Duncan – Chang)

Condiciones necesarias

- Las tensiones inducidas en el terreno son mucho menores a su resistencia (no hay plasticidad por corte)
- Los suelos están sobre-consolidados (no hay plasticidad por compresión)



Comportamiento de pilotes excavados

Modelo Hiperbólico (Duncan – Chang)

Si τ_0 es la tensión de corte actuante en el fuste de un pilote de radio medio R , la tensión de corte τ para un radio $r > R$ y la distorsión γ son:

$$\tau = \tau_0 \frac{R}{r}$$
$$\gamma = \tau / G_0$$

El desplazamiento vertical se obtiene por integración de la distorsión γ en el eje radial. Queda

$$\delta = \int_R^{r_m} \frac{\tau_0 R}{G_0 r} dr = \frac{\tau_0 R}{G_0} \log \left[\frac{r_m}{R} \right]$$

Donde r_m es la distancia donde $\gamma = 0$ ($r_m = 2 L (1 - \nu)$).

L es la longitud del pilote.

Comportamiento de pilotes excavados

Modelo Hiperbólico (Duncan – Chang)

Podemos definir la rigidez inicial del fuste como:

$$K_{Fi} = \frac{G_{0i}}{R \log(r_m/R)} L_i \text{ Perim.}$$

La relación entre la reacción del fuste y desplazamiento vertical (para cada estrato) se aproxima mediante (Modelo hiperbólico):

$$P_F[\delta] = \frac{\delta}{1/K_{Fi} + R_f \delta/f_i}$$

donde h_j es la altura de cada estrato y f_j es la fricción última del estrato.

Comportamiento de pilotes excavados

Modelo Hiperbólico (Duncan – Chang)

La rigidez inicial de la punta se calcula a partir de la solución de punzonado rígido elástico:

$$K_P = \frac{2 \pi G_0}{(1 - \nu)} R$$

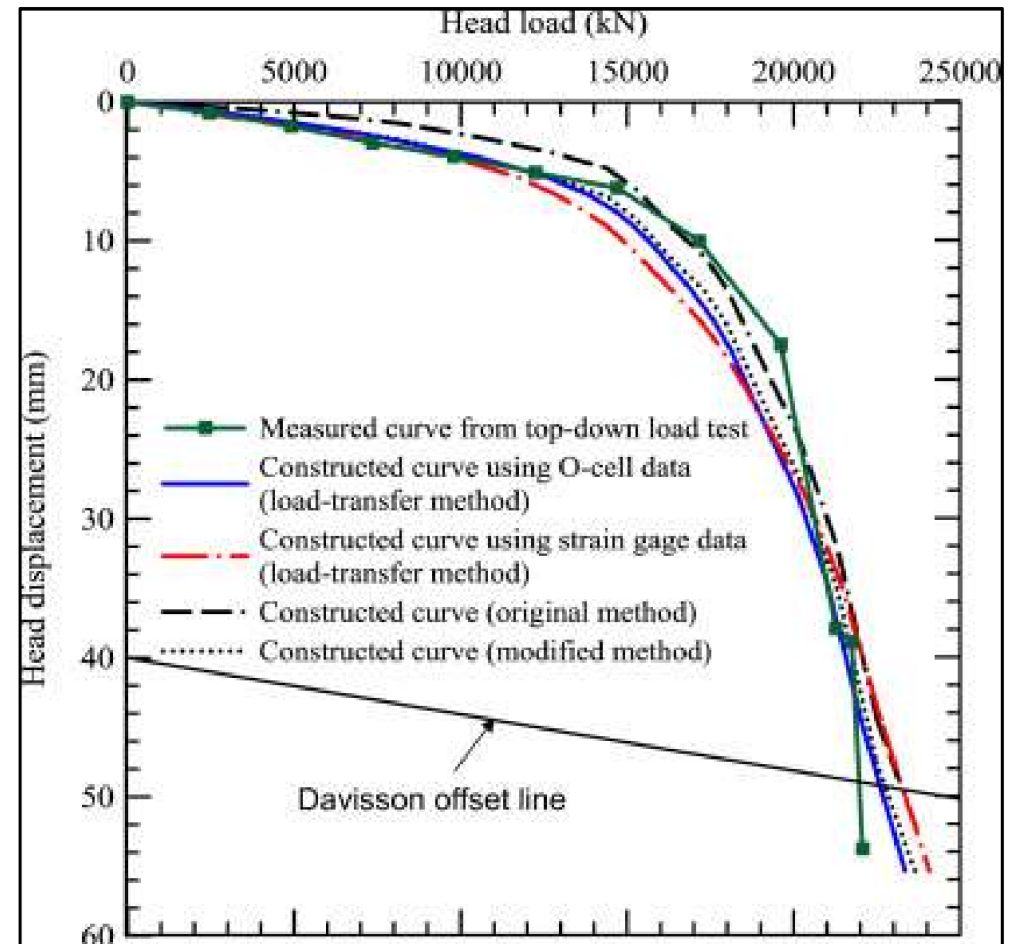
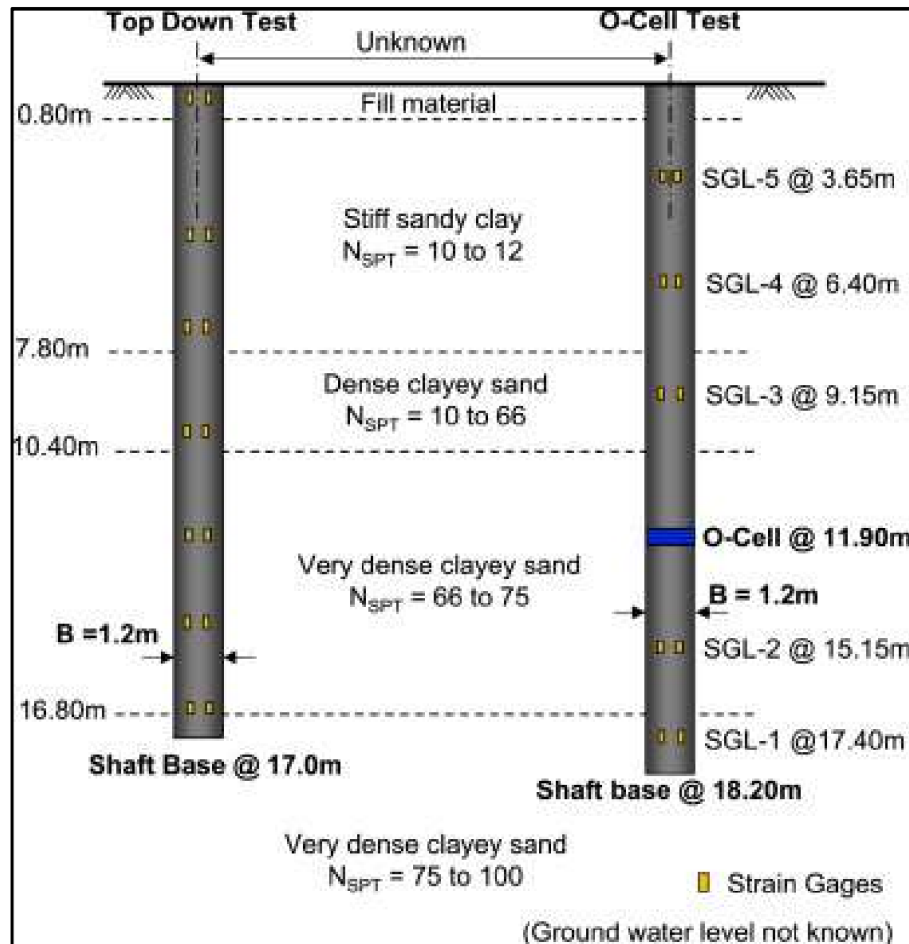
La relación entre carga y desplazamiento se aproxima como:

$$P_P[\delta] = \frac{\delta}{1/K_p + R_f \delta/Q_{Pu}}$$

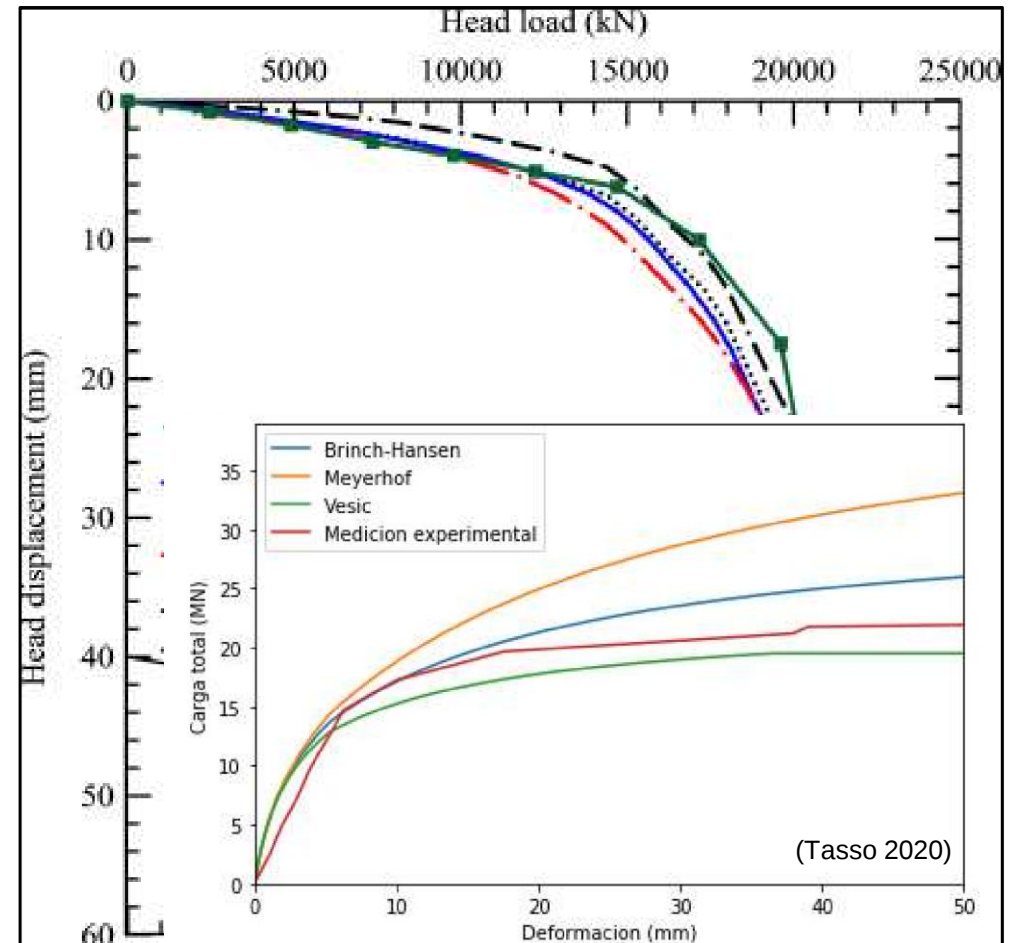
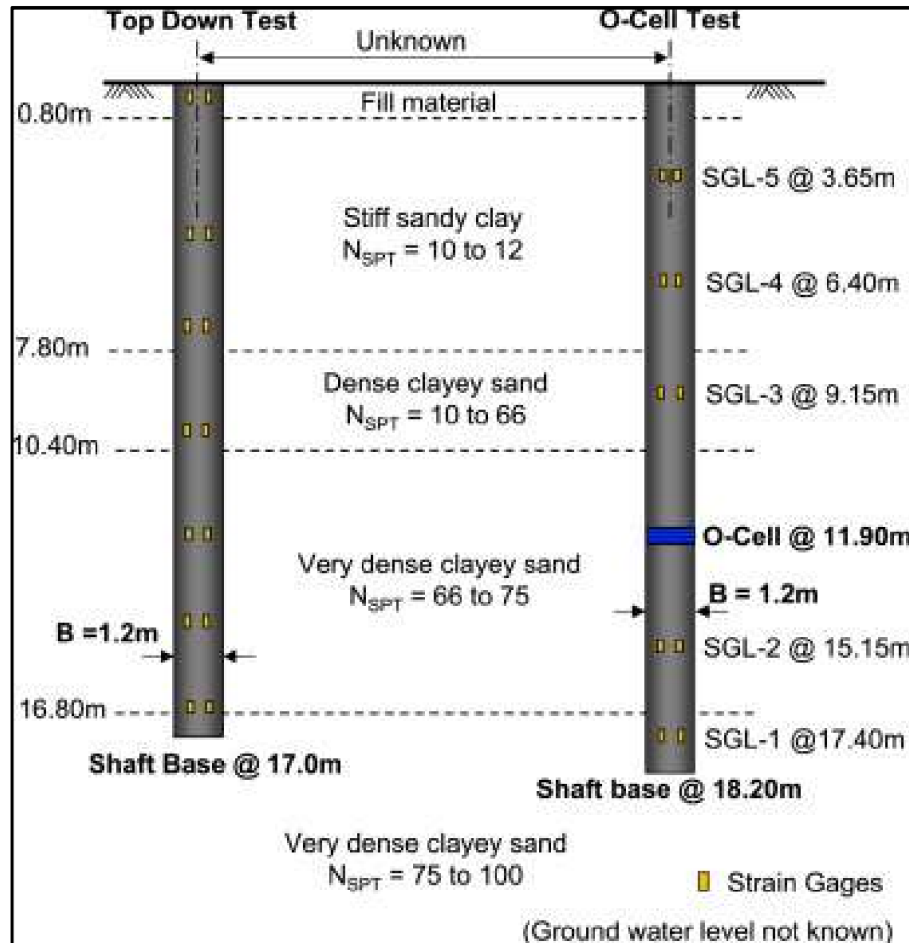
Finalmente,

$$P[\delta] = P_P[\delta] + P_F[\delta]$$

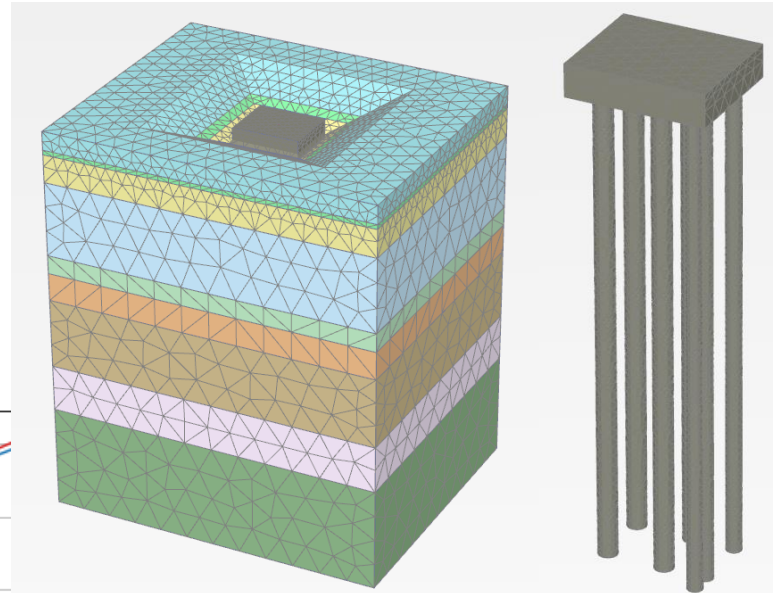
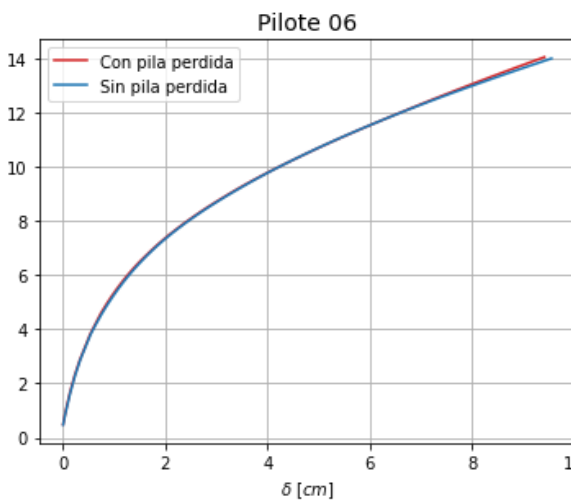
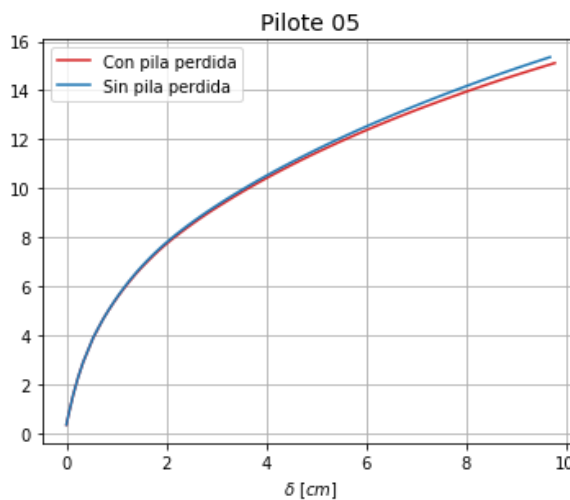
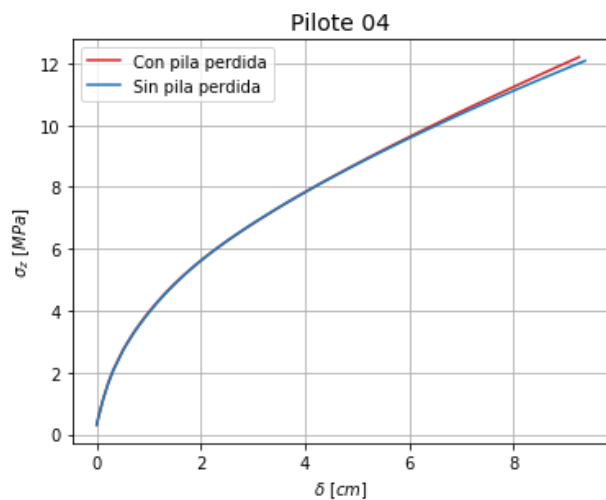
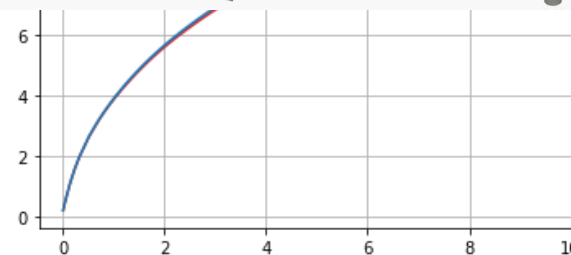
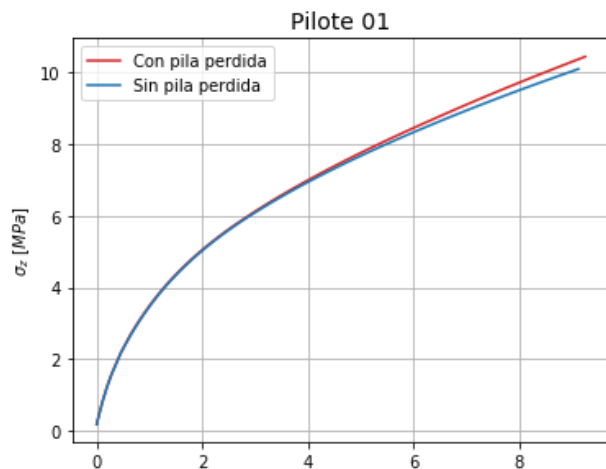
Ejemplo de aplicación (Hoyoung Seo, 2016)



Ejemplo de aplicación (Hoyoung Seo, 2016)



También se pueden utilizar métodos numéricos



Resumen

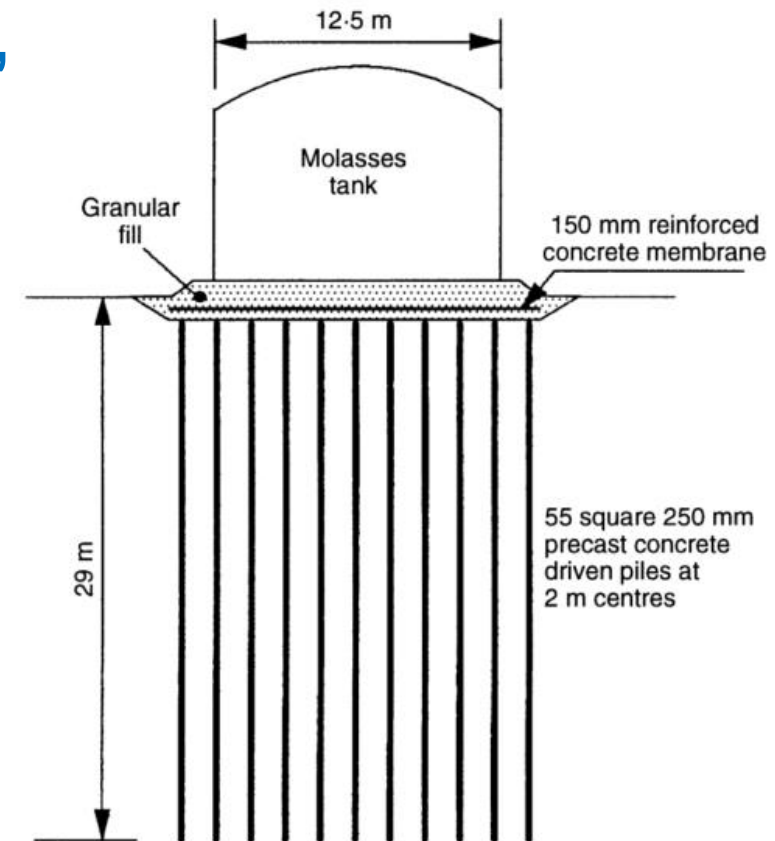
- El método de instalación controla el comportamiento del pilote.
- El estado límite último es de la super estructura y no de la fundación.
- La carga última sólo se desarrolla para deformaciones enormes que no son útiles en construcciones civiles.
- Los modelos rígido-plástico (Brinch – Hansen) asumen plasticidad asociativa y tienden a sobre estimar la capacidad de carga. Debemos calcular con ambos modelos y tomar el menor.
- El comportamiento friccional depende del método de instalación y del tipo de terreno.

Asentamiento de un grupo de pilotes

Cuando los pilotes trabajan en grupo, la eficiencia individual disminuye.

Su eficiencia depende de:

- Distancia entre pilotes
- Número de pilotes en el grupo
- Relación de rigidez pilote-terreno
- Profundidad de capas rígidas inferiores
- Distribución de rigidez en horizontal y vertical.



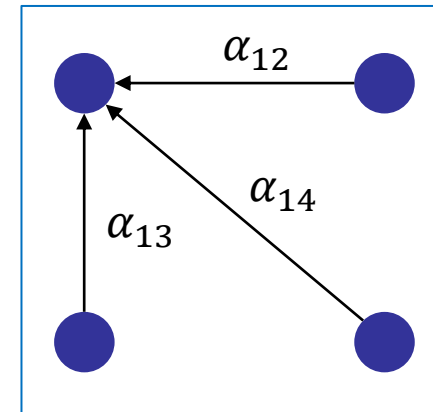
Métodos para el análisis de grupo de pilotes (Poulos 2003)

- Métodos que modifican de la curva carga-asentamiento para considerar el efecto grupo
- **Métodos que usan factores de interacción y principio de superposición de efectos**
- Método de radio de asentamiento, donde se afecta el resultado del asentamiento de un pilote por un factor de grupo.
- Métodos que asimilan el grupo de pilotes a fundaciones superficiales.
- Métodos numéricos tridimensionales.

Método por factor de interacción (Poulos 1980)

El asentamiento de un pilote individual (w_k) en un grupo de n pilotes viene dado por:

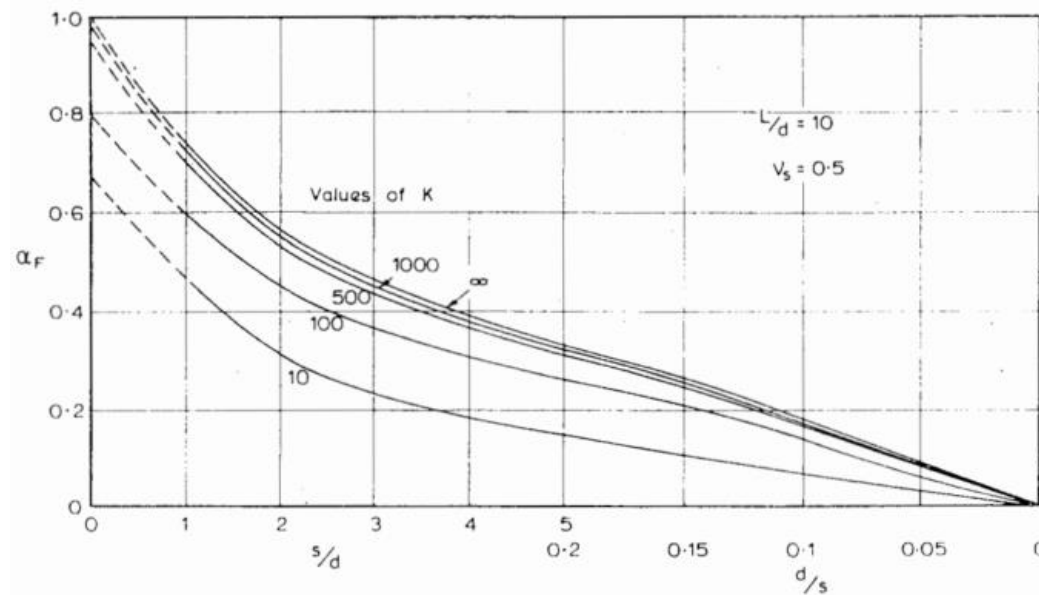
$$w_k = w_1 P_k + w_1 \sum_{j=1}^n P_j \cdot \alpha_{kj}$$



- P_j : carga en el pilote j ;
- w_1 : asentamiento individual de un pilote bajo carga unitaria;
- α_{ij} : factor de interacción para el pilote i debido al pilote j .

Método por factor de interacción (Poulos 1980)

En la publicación original Poulos calculó numéricamente los factores de interacción para arreglos de pilotes y presentó sus resultados en forma de ábacos normalizados.



*Factores de interacción para pilotes flotantes, con $L/D=10$
(Poulos, 1980)*

Mejoras al método por factor de interacción

Desde la publicación original de Poulos se lograron mejoras al método, con las siguientes consideraciones (en orden de importancia):

- Rigidez no homogénea con la profundidad.
- Influencia del estrato resistente inferior.
- El terreno entre pilotes es más rígido que la interfaz pilote-terreno.
- Interacción entre pilotes de tamaños distintos.
- Capas compresibles bajo la punta de los pilotes.
- Aplicación del factor de interacción solo a la parte elástica de la interacción.

Y que hacemos en el práctico?

- En el práctico vamos a brindar una capacidad de carga última por fricción y punta.
- Adoptaremos diámetro y longitud del pilote para satisfacer la capacidad de carga (con un factor de seguridad igual a 3)
- Todos los pilotes de la planta serán iguales
- Adoptaremos cabezales de 1, 2, 3 y 4 pilotes (Para este curso)

Siempre es conviene verificar y analizar críticamente las recomendaciones del geotécnico.

Ejemplo de aplicación

PROF. (m)	COTA (m)	S I	S II	S III	S IV	S V	S VI
0.0	18.3	RA	RA	RA	RA	RA	RA
1.0	17.3						
2.0	16.3	RF	RF		RF	RF	RF
3.0	15.3			PS			
4.0	14.3				PS		
5.0	13.3	PS	PS				
6.0	12.3						
7.0	11.3						
8.0	10.3						
9.0	9.3						
10.0	8.3						
11.0	7.3						
12.0	6.3	PM	PM	PM	PM		
13.0	5.3						
14.0	4.3						
15.0	3.3						
16.0	2.3						
17.0	1.3						
18.0	0.3						
19.0	-0.7	PI	PI	PI	PI	PI	PI
20.0	-1.7						
21.0	-2.7						
22.0	-3.7						
23.0	-4.7						
24.0	-5.7						
25.0	-6.7	EP	EP	EP	EP		
26.0	-7.7						
27.0	-8.7						
28.0	-9.7						
29.0	-10.7						
30.0	-11.7						
31.0	-12.7						
32.0	-13.7	PU	PU	PU	PU		
33.0	-14.7						
34.0	-15.7						
35.0	-16.7						

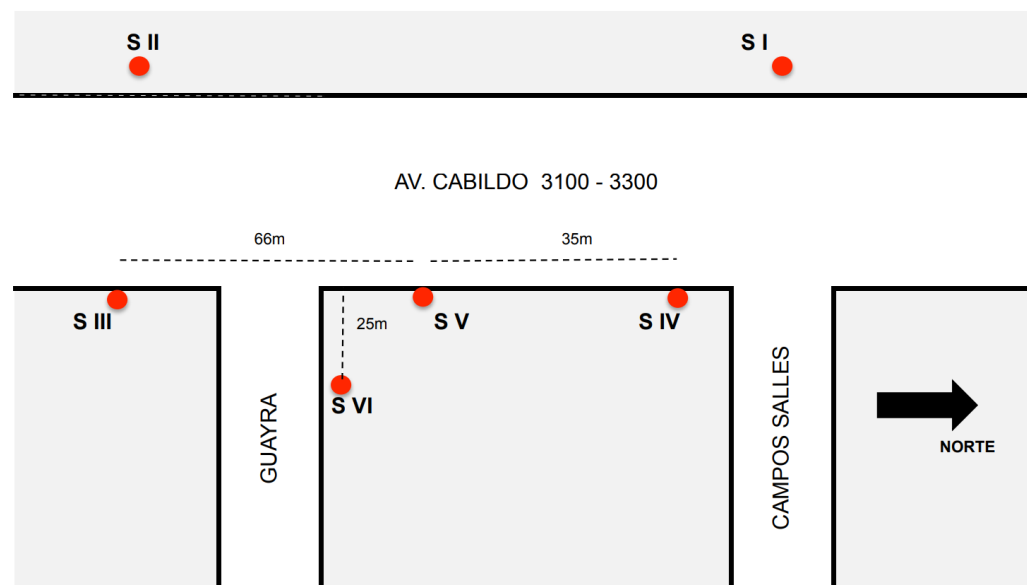


Tabla 1. Niveles freáticos relevados.

Sondeo	I	II	III	IV	V	VI
Profundidad (m)	-	2.7	2.9	3.2	3.3	3.5
Cota (m)	-	+15.6	+15.4	+15.1	+15.0	+14.8

Ensayos SPT

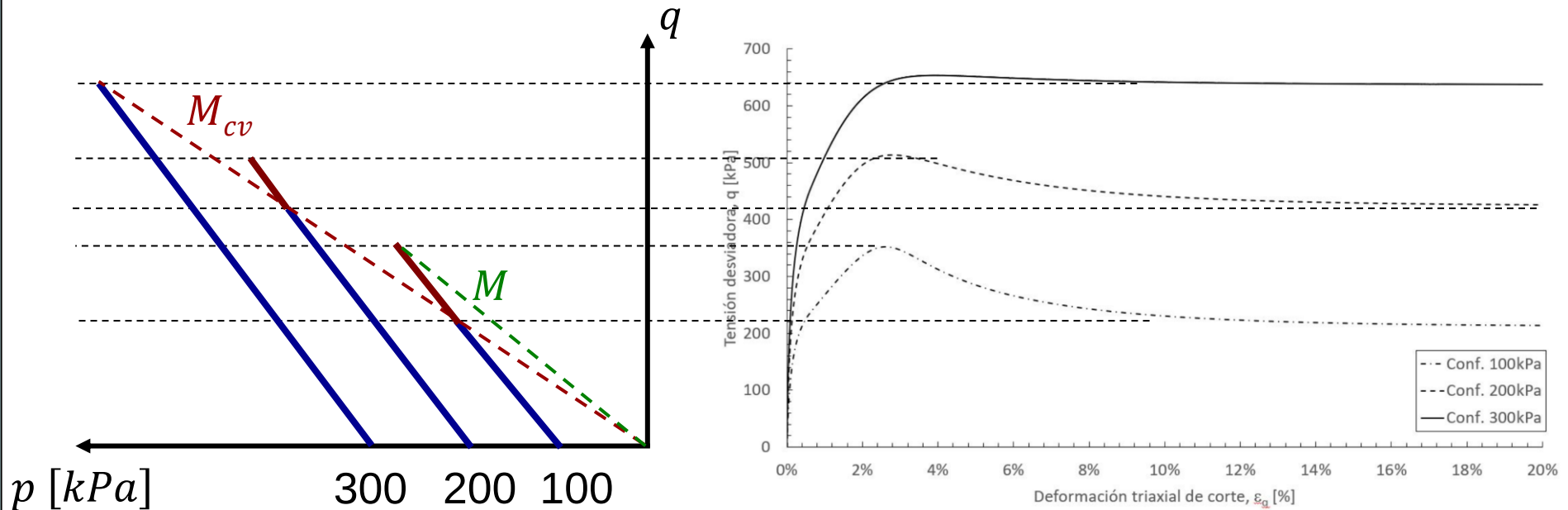
AOSA S.A.				ACOSA		ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)															
Tacuarí 1184 - C1071AAX - Buenos Aires						SONDEO V				Peso martillo 677 N ER = 403 Joules											
Fecha: 25/04/14						Av. Cabildo 3241				Altura caída: 0.70 m C _u = 1.0 (muestreo)											
Operador: Arce Perforaciones										Peso barras: 48 N/m C _u = 1.0 (diám. Perf.)											
Sacatestigo: OD 64mm. Corrección resultado a OD 51mm (ASTM D1586).										Nivel freático: 3.30 m C _u = 0.95 (long. Caños)											
Perforación: 90mm, semimanual con disparador y reenvío de agua.																					
PROF		COTA		DESCRIPCIÓN		USCS	Ensayo penetración				N - SPT				L. Atterberg				Yamices		γ
m		m					0	15	30	45	Carr.	Rec.									
0.0		18.30		N.T.N.			15	30	45		cm	%									
0.5		17.80		castaño oscuro																	
1.0		17.30		castaño y gris oscuros, con nódulos calcáreos		CL	7	8	10	45	67										
2.0		16.30					8	9	9	45	62										
3.0		15.30		castaño mediano con manchas verdosas		CH	3	3	4	45	71										
4.0		14.30					2	4	4	45	73										
5.0		13.30		castaño mediano con nódulos calcáreos			4	6	10	45	71										
6.0		12.30					5	8	12	45	67										
7.0		11.30				CL	5	6	6	45	71										
8.0		10.30		verdoso con manchas anaranjadas, parcialmente cementado			6	7	8	45	73										
9.0		9.30					6	7	7	45	76										
10.0		8.30		verdoso con manchas anaranjadas		ML	5	7	9	45	73										
11.0		7.30					11	18	22	45	67										
12.0		6.30		castaño verdoso parcialmente cementado		MH	12	23	24	45	67										
13.0		5.30					50			15	80										
14.0		4.30		castaño mediano parcialmente cementado			32	24	34	45	67										
15.0		3.30				ML	25	33	37	45	67										
16.0		2.30					10	16	23	45	67										
17.0		1.30		verdoso con vetitas negras y manchas anaranjadas, parcialmente cementado			11	15	19	45	69										
18.0		0.30				CH	16	24	18	45	67										
19.0		-0.70				ML	18	20	25	45	71										
20.0		-1.70		castaño mediano		SP-SM	22	35	50	42	60										
				Fin del ensayo																	

Tabla 5. Parámetros mecánicos recomendados.

Parámetro	Unidad	Superior	Medio	Inferior
C _u	kPa	50-100	110-220	40-120
φ _u	°	10-20	0-10	0
c'	kPa	10-25	25-50	15-30
φ'	°	30-32	30-34	29-32
ψ	°	0-3	0-6	0-3
E ₅₀	MPa	60-100	70-150	60-90
E _{ur}	MPa	150-250	180-300	140-220
m	-	0.0-0.4	0.0-0.4	0.0-0.4
v	-	0.20-0.30	0.20-0.30	0.20-0.30
R _f	-	0.80-0.90	0.80-0.90	0.80-0.90

Codevilla & Sfriso (2011)

Ensayos triaxiales sobre Pampeano superior (Condiciones drenados)

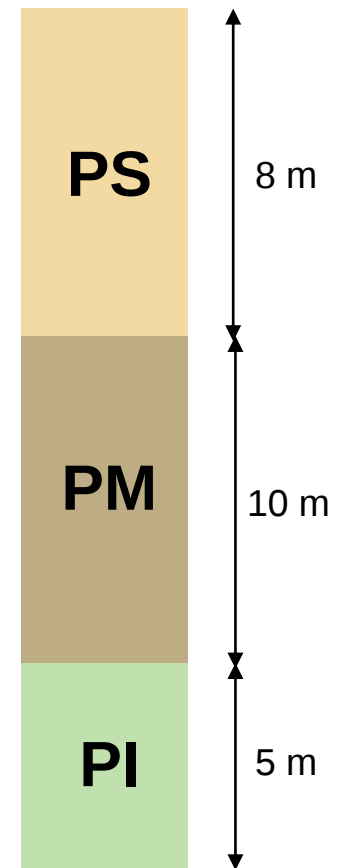


$$M_{cv} = \frac{6 \cdot \sin[\phi_{cv}]}{3 - \sin[\phi_{cv}]} = 1.15 \rightarrow \phi_{cv} = 29^\circ$$

$$M_{(100kPa)} = \frac{6 \cdot \sin[\phi]}{3 - \sin[\phi]} = 1.21 \rightarrow \phi = 31^\circ$$

Calcule la capacidad de carga de un pilote $\phi 0.60$ y $L = 12m$

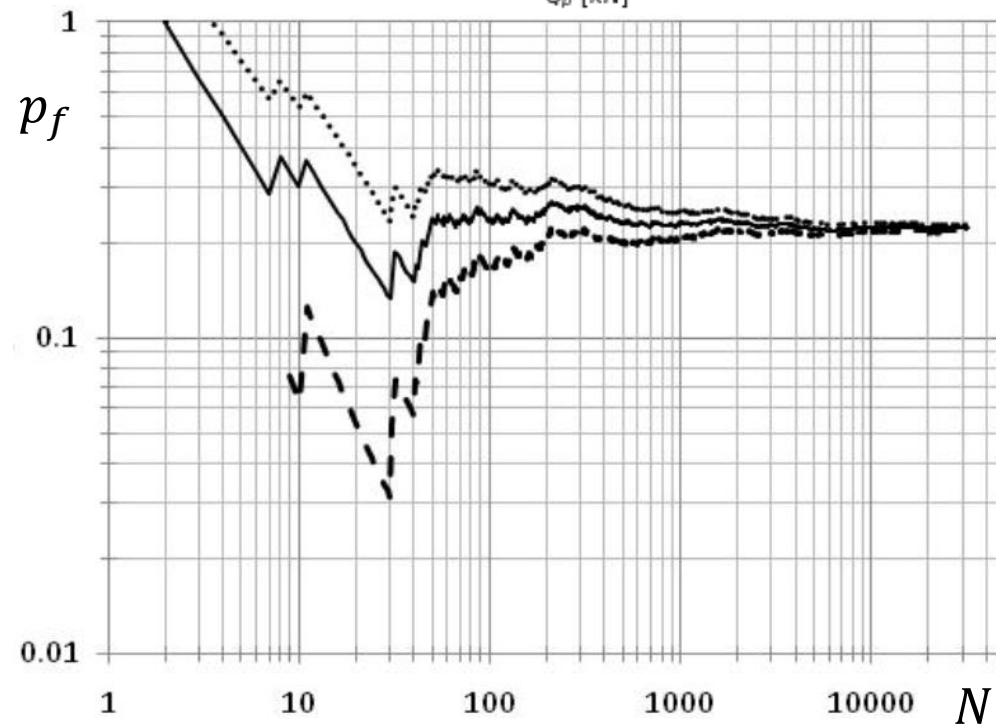
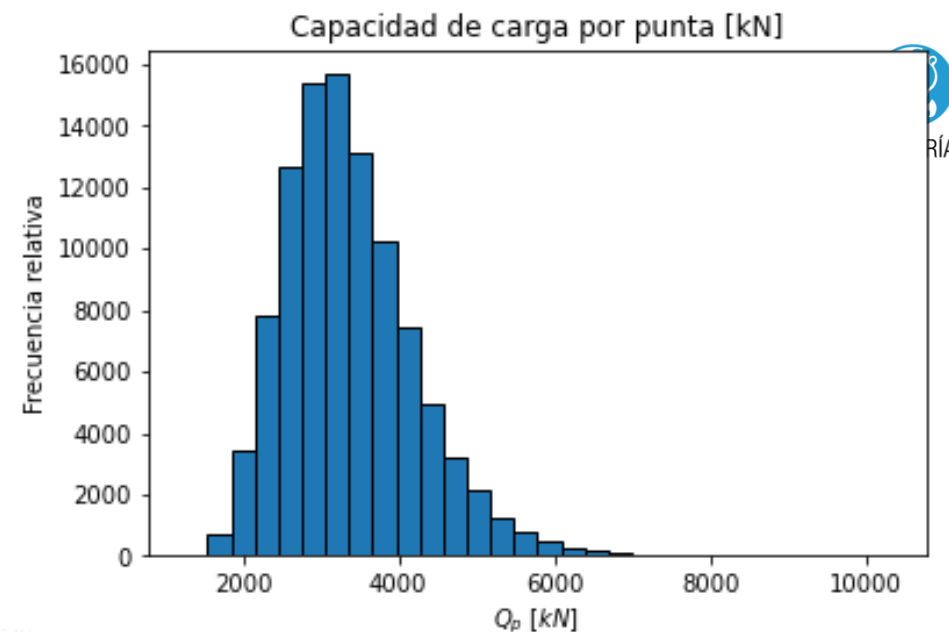
- Pampeano superior ($\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3 \mid c' = 10 \text{ kPa} \mid \phi_{cv} = 30^\circ \mid \psi = 2^\circ \mid G_0^{ref} = 250 \text{ MPa} \mid E_{50}^{ref} = 50 \text{ MPa} \mid K_0 = 0.70$)
- Pampeano medio ($\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3 \mid c' = 30 \text{ kPa} \mid \phi_{cv} = 33^\circ \mid \psi = 4^\circ \mid G_0^{ref} = 400 \text{ MPa} \mid E_{50}^{ref} = 120 \text{ MPa} \mid K_0 = 0.75$)
- Pampeano inferior ($\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3 \mid c' = 15 \text{ kPa} \mid \phi_{cv} = 31^\circ \mid \psi = 2^\circ \mid G_0^{ref} = 400 \text{ MPa} \mid E_{50}^{ref} = 90 \text{ MPa} \mid K_0 = 0.75$)
- Evaluar la influencia de la rigidez en la capacidad de carga por punta.



Método de Monte Carlo

- Se establecen funciones de distribución para γ , c , ϕ , napa...
- Se eligen valores aleatorios
- Se calcula (C) y (D)
- Se calcula

$$P_f = \frac{n = \text{cantidad } C < D}{N = \text{cantidad total}}$$
- Se repite el ejercicio hasta que P_f se estabiliza
 - Enorme cantidad de corridas para P_f bajas



Escuchen a nuestros referentes



Emeritus Professor Harry Poulos

Emeritus Professor, University of Sydney
Senior Consultant, Tetra Tech Coffey
Sydney, Australia

https://www.youtube.com/watch?v=Z4NtMGxwNt8&t=4810s&ab_channel=AGERPLectureSeries

https://www.youtube.com/watch?v=z3iO2Ke9rTo&t=2256s&ab_channel=AGERPLectureSeries



Emeritus Professor Malcolm Bolton

Emeritus Professor,
Schofield Centre
Geotech. and Environmental Research Group,
Department of Engineering,
University of Cambridge, England

https://www.youtube.com/watch?v=e7ZfmBMICE0&t=1s&ab_channel=AGERPLectureSeries



Dr. Chris Haberfield

Principal Geotechnical Engineer,
Golder Associates Pty Ltd., Australia;
Adjunct Research Associate,
Monash University, Australia

https://www.youtube.com/watch?v=oh9sOLL0kc8&t=2s&ab_channel=AGERPLectureSeries