

6.A. Propiedades del Suelo y comportamiento estructural

El suelo como material estructural. Clasificación Unificada de Casagrande. Evaluación de la capacidad de carga. Fundaciones y camino de cargas.

6.B Sistema de fundación

Selección del sistema de fundación. Fundaciones superficiales y profundas. Fundaciones profundas para edificios: pilotes in situ y prefabricados.

Bibliografía: Braja Das, Nilson, Paulay & Priestley, Nilson, FEMA 356, Gonzalez de Vallejo.

1. Definición

Las fundaciones son una estructura de transición entre el suelo de apoyo y la estructura propiamente dicha. La capacidad de carga es función de la resistencia de punta o de fondo (Q_p) y la resistencia lateral o de fricción (Q_f)

2. Clasificación general

Superficiales: ancho B y profundidad D_f de igual magnitud. Resisten por Q_p

Cimientos

Zapatas corridas

Base aislada

Base combinada

Platea

Profundas: D_f mucho mayor que el ancho B . Resisten por Q_p y Q_f .

Cajones

Pilotes

hincados de madera, acero, hormigón armado y pretensado
 perforados (in situ):

camisa metálica perdida

camisa recuperada

lodos bentoníticos

3. Suelo

Ensayos de caracterización: SPT

Clasificación: densidad, cohesión, ángulo de fricción (Casagrande)

Definición profundidad de fundación

4. Capacidad de carga (Condición de Resistencia)

I) Seguridad ante falla generalizada (Condición de Resistencia)

II) Evitar desplazamientos excesivos (Condición de Deformación)

5. Modos de falla (Ver gráficos de suelo y tensión-deformación. Braja Das)

Suelo compacto: falla corte gral

Suelos arenosos o arcillas compactas: falla local por corte del suelo



Suelos sueltos: falla de corte por punzonado

6. Teoría de Terzaghi

Zonas de falla

Zona triangular $\alpha = \phi$

Zona corte radial con curvas espiral

Zonas triangulares pasivas de Rankine $\beta = 45^\circ - \phi/2$

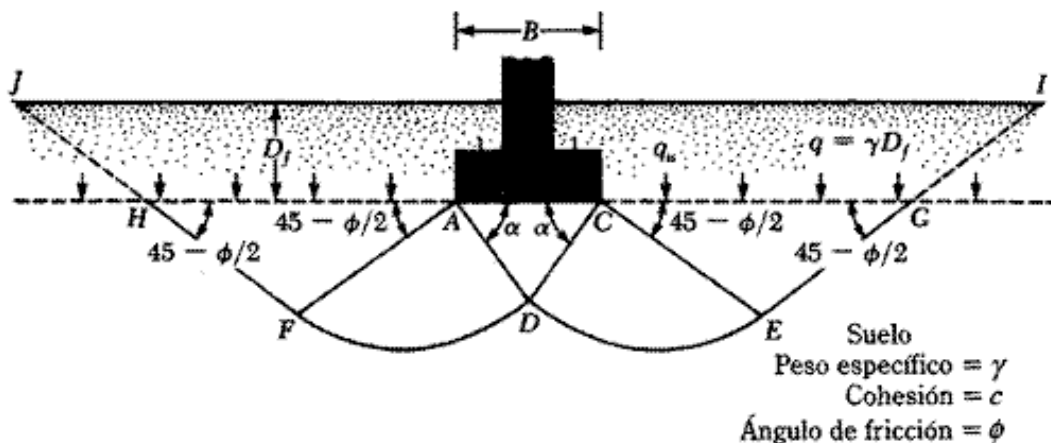
Ecuación de capacidad de carga: ancho B y largo infinito (teórica) $B/L \rightarrow 0$

$$q_u = C \cdot N_c + q \cdot N_q + 0.50 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

Ecuación de capacidad de carga (práctica)

$$q_u = 1.3 \cdot C \cdot N_c + q \cdot N_q + \alpha \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \rightarrow \alpha = 0.40 \text{ (cuadradas)} \quad 0.3 \text{ (circulares)}$$

N_c ; N_q ; $N_\gamma \rightarrow$ Factores adimensionales



7. Coeficiente de seguridad

$$q_{adm} = q_u / FS$$

$$FS_{(D+L)} = 3.50 \quad FS_{(D+\eta L+E)} = 1.50$$

8. Factores de carga y resistencia

$$S_u \leq S_d \rightarrow S_u \leq \phi_s \cdot S_n = \phi_s \cdot q_u$$

$$\phi_s_{(1.2D+1.6L)} = 0.40$$

$$\phi_s_{(D+\eta L+E)} = 0.70$$

9. Ecuación General de Capacidad de carga (Meyerhof 1963)

Se acepta el modo de falla de Terzaghi, pero $\alpha = 45^\circ + \phi/2$ en lugar de ser $\alpha = \phi$

Factor de forma (F_s): para cimentaciones rectangulares
 Factor de inclinación (F_i): cargas no verticales
 Factor de profundidad (F_d): considera zona superior (D_f)

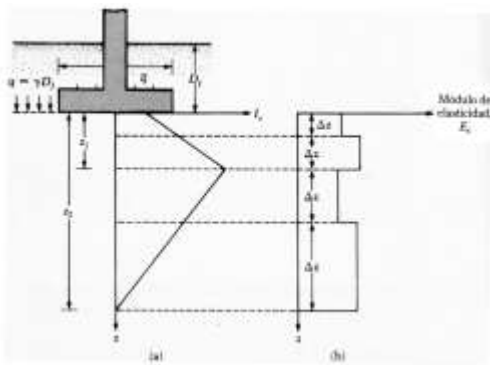
$$q_u = C \cdot N_c \cdot F_s^c \cdot F_i^c \cdot F_d^c + q \cdot N_q \cdot F_s^q \cdot F_i^q \cdot F_d^q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_s^\gamma \cdot F_i^\gamma \cdot F_d^\gamma$$

10. Capacidad de carga (Condición de deformación)

Se determina la capacidad de carga en función del asentamiento máximo admisible de la superestructura

- Suelos granulares: Método de Schmertmann
- Suelos cohesivos: Método de Jambú (Inmediatos)
Métodos edométricos (Diferidos)

$$S_e = C_1 C_2 (\bar{q} - q) \sum_0^{z_2} \frac{I_z}{E_s} \Delta z$$



Tipo de estructura	Arena Compacta	Arcilla plástica
Reticula de H.A. o acero amostrada	2.5	4.0
Reticula hiperestática de H.A. ó Acero	3.0	5.0
Estructura isostática de H.A. ó Acero	5.0	8.0
Muros de carga simples	2.5	4.0
Muros de carga zonzchados	3.0	5.0

11. Fundaciones con Momentos

- Tercio central
- Excentricidad
- Área efectiva
- Momentos en dos direcciones

12. Bases excéntricas

- Con tensor superior
- Con tensor inferior
- Combinada: dos bases, base medianera
- Combinada: dos base, base descentrada

13. Bases corridas

14. Dimensionamiento de Hormigón Armado

Flexión: altura mínima, recubrimientos, armadura

Punzonamiento: área de punzonado, límites, armadura

Detalles de armado

$$V_u \leq \phi \cdot V_n ; \quad V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = (1 + 2/\beta_c) \cdot \text{raíz}(f'_c) \cdot b_o \cdot d/6$$

$$V_c = [(\alpha_s \cdot d/b_o) + 2] \cdot \text{raíz}(f'_c) \cdot b_o \cdot d/12$$

$$V_c = \text{raíz}(f'_c) \cdot b_o \cdot d/3$$

La menor de las tres V_c

$$b_o = \text{perímetro} = [(B_x + d) + (B_y + d)] \cdot 2$$

$$\beta_c = B_x / B_y$$

$$d = 0.80 \cdot h$$

$$\alpha_s = 40 \text{ (interior); } 30 \text{ (lateral); } 20 \text{ (esquina)}$$

Factores de capacidad de carga									
ϕ	N_c			N_q			N_γ		
	T	M	F	T	M	F	T	M	F
10	9.6	8.3	-	2.6	2.4	-	0.6	1.2	-
15	12.9	10.9	-	4.4	3.9	-	1.5	2.7	-
20	17.7	14.8	-	7.4	6.4	-	3.6	5.3	-
25	25.1	20.7	-	12.7	10.7	5	8.3	10.9	-
30	37.1	30.1	-	22.4	18.4	10	19.1	22.4	-
35	57.8	46.1	-	41.4	33.3	25	45.4	48.0	-
40	95.6	75.3	-	81.2	64.2	72	115	109	-
45	172.3	133.9	-	173.3	134.9	72	325.3	271.8	-

T = Terzaghi; M = Meyerhof; F = FEMA 356

1.- Fundaciones superficiales

1.1.- Tipo estructural

- Pórticos
- Tábiques
- Sistemas Duales

1.2.- Capacidad de carga

1.3.- Área efectiva

1.4.- Verificación y dimensionamiento de $H^0 A^0$

2.- Pilotes Hincados:

Formas, materiales.

3.- Capacidad de Carga

2.1. Terzagui

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$q_u = q_p = c' \cdot N_c^* + q N_q^* + \gamma \cdot D \cdot N_\gamma^*$$

$$Q_p = A_p \cdot q_p = c' \cdot N_c^* + q N_q^*$$

$$Q_s = \sum p \cdot \Delta L \cdot f$$

4.- Método de Meyerhof para arenas

$$Q_p = A_p \cdot q' \cdot N_q^*$$

$$q' < 0.5 \cdot p_a \cdot \tan \phi'$$

5- Método del FEMA 356

→ Gráfico de la variación de capacidad de carga con profundidad

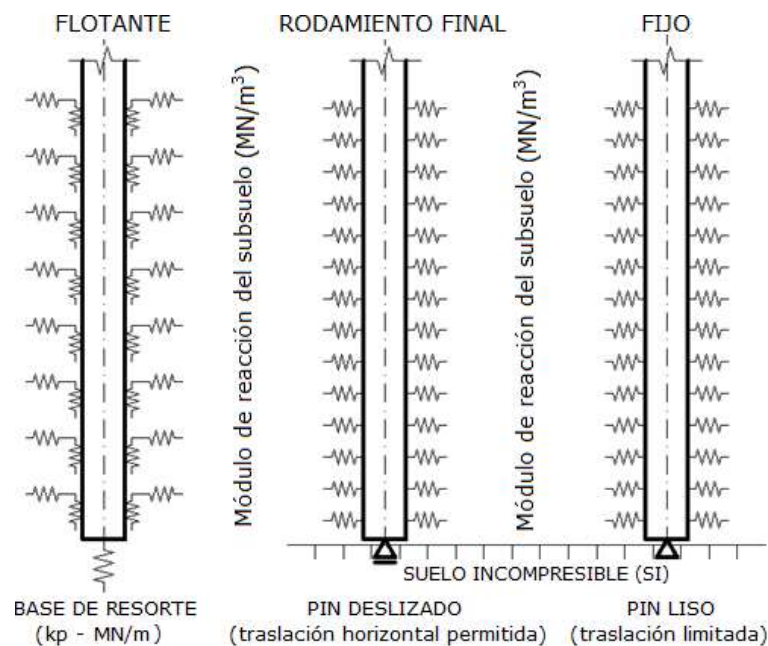
→ Expresiones

6.- Pilas

6.1.- Modelo matemático

→ Modelo de Winkler → Gráfico

$$K = k_s \cdot D \cdot s ; k_s = E_s/D \text{ ó } ; k_s = 0.8 \cdot E_s D^{(-3/4)}$$



6.2.- Solicitaciones

- Mecanismo de Plastificación de la superestructura
- Solicitaciones derivadas del mecanismo
- Combinaciones

6.3.- Verificaciones del suelo

- Compresión
- Arrancamiento
- Empuje lateral o Resistencia a corte
 - Fuerza lateral en el resorte vs. Resistencia admisible del suelo (Berzantev...)
 - Corte admisible: método de Broms. Pilote corto vs largo

6.4.- Dimensionamiento

Solicitaciones → modelo de resortes

Flexión → Diagrama interacción

Corte → Evaluación del mecanismo. Sobrerresistencia

$$V_u < V_c + V_s$$

V_c → dentro o fuera de zona de rótula

V_c → Influencia del esfuerzo axial

6.5.- Cuantía total mínima (ρ_t mín)

INPRES-CIRSOC 103. Parte II →	a) 0.0057	($A_g \leq 0,50 \text{ m}^2$, $\phi \leq 80 \text{ cm}$)
	b) 4,05 / raíz (A_g)	($0,50 \text{ m}^2 < A_g < 2,0 \text{ m}^2$)
	c) 0.0028	($A_g \geq 2,0 \text{ m}^2$, $\phi \geq 160 \text{ cm}$)

6.6.- Armadura transversal. Cuantía volumétrica (ρ_s)

La cuantía volumétrica considera la relación entre el área de armadura transversal y la porción de hormigón involucrada y no será menor que:

$$\rho_s = \frac{A_{st}}{110 d''} \frac{f_y}{f_{yt}} \frac{1}{d_b}$$

A_{st} armadura longitudinal total de columna, en mm^2 .

d'' diámetro del núcleo confinado de una columna circular medido desde el perímetro externo de los estribos circulares o espirales, en mm.

d_b diámetro de las barras longitudinales, en mm.

ρ_s cuantía volumétrica de estribos circulares o espirales.

ρ_t cuantía de la armadura longitudinal total de columna ($\rho_t = A_{st} / A_g$).

6.6.- Detalles constructivos

Distribución de barras longitudinales

Empalmes

Recubrimientos