



RECONOCIMIENTO DE SUELOS.

JUAN PÉREZ VALCÁRCEL

Catedrático de Estructuras

E.T.S.A. de La Coruña

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-C Cimientos.

- 1 Generalidades
- 2 Bases de cálculo
- 3 Estudio geotécnico
- 4 Cimentaciones directas
- 5 Cimentaciones profundas
- 6 Elementos de contención
- 7 Acondicionamiento del terreno
- 8 Mejora o refuerzo del terreno
- 9 Anclajes al terreno

Anejo A. Terminología

Anejo B. Notación y unidades

Anejo C. Técnicas de prospección

Anejo D. Criterios de clasificación, correlaciones y valores orientativos tabulados de referencia

Anejo E. Interacción suelo-estructura

Anejo F. Modelos de referencia para el cálculo de cimentaciones y elementos de contención

Anejo G. Normativa de referencia

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel



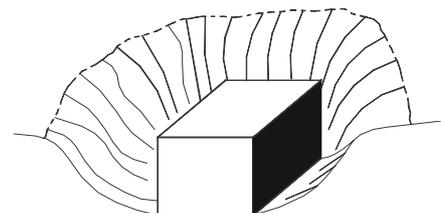
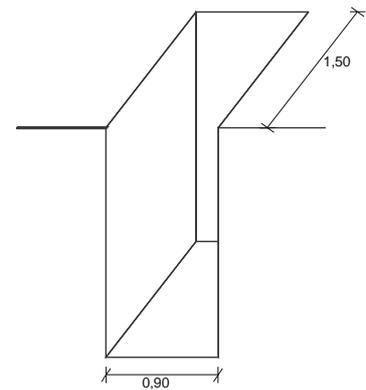
MÉTODOS DE EXPLORACIÓN DEL SUELO

- **Calicatas.**
- **Sondeos.**
- **Penetrómetros.**
- **Ensayos geofísicos**

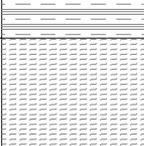
E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

CALICATAS O POZOS

- C Es un sistema simple y efectivo.
- C Permite la observación “in situ”.
- C Es válido hasta 5 m de profundidad y excepcionalmente hasta 20 m.
- C Entibación si $h > 1,5$ m.
- C Permite tomar muestras inalteradas en bloque de 30 x 30 cm.
- C Son muy indicadas para terrenos duros.
- C Especialmente recomendables para arcillas expansivas.
- C El nivel freático se determina con gran exactitud.
- C Son recomendables para edificaciones pequeñas en terrenos homogéneos.



CALICATAS O POZOS.- RESULTADOS.

Prof.	Niveles	Columna litológica.	NF	Descripción litológica.
0	0.20		No aparece	Tierra vegetal
0.5	0.50			Depósito limo-arcilloso de baja compacidad, algo plástico.
1.0	1.10			Depósito limo-arcilloso algo plástico con cantos de cuarzo.
1.5	1.90			Esquisto anfibolítico. Grado de alteración V- IV
2.0	2.50			Esquisto anfibolítico. Grado de alteración IV- III
2.5	2.50			
3.0				
3.5				
4.0				
4.5				
5.0				

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

SONDEOS

☞Coste medio-alto.

☞Taladros | • 5 cm.

☞Permite obtener muestras a distintas profundidades: Limpiar excavación.

☞Pueden ser manuales o mecánicos.

SONDEOS MANUALES

☞Son razonables hasta 10 m de profundidad.

☞Se utilizan alternativamente perforadoras o trépanos para excavar y cucharas o campanas para la extracción del terreno

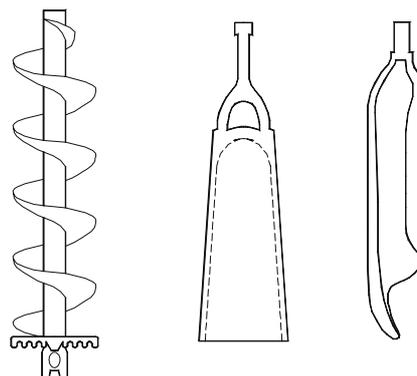
☞Pueden obtenerse muestras inalteradas hincando tomamuestras, por presión o por rotación.

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

Datos del tomamuestras (NTE-CEG)

Datos del tomamuestras		Pared gruesa	Pared delgada
Relación de áreas	$R = \frac{D_e^2 + D_i^2}{D_s^2} \cdot 100$	$R < 25$	$R < 10$
Despeje interior	$D = \frac{D_i + D_s}{D_s} \cdot 100$	$D < 3$	$D < 1$
Espesor zapata	$E = \frac{D_e + D_i}{2} \cdot 100$	$E < 10 \text{ mm}$	$E < 2 \text{ mm}$
Longitud	L	$L > 500 \text{ mm}$	$L > 500 \text{ mm}$

Utillaje para sondeos manuales



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

SONDEOS MECÁNICOS

Se suelen emplearse sondas mecánicas de corona rotatoria.

Según dureza del terreno: Metal duro ò vidia ò diamante

Puede inyectarse agua:

- Facilita el taladrado
- Arrastra los detritus.

Se hinca un tomamuestras para conseguir muestras inalteradas (siempre es dudoso).

Tomamuestras abiertos

Compuesto ò Arcillas firmes a duras

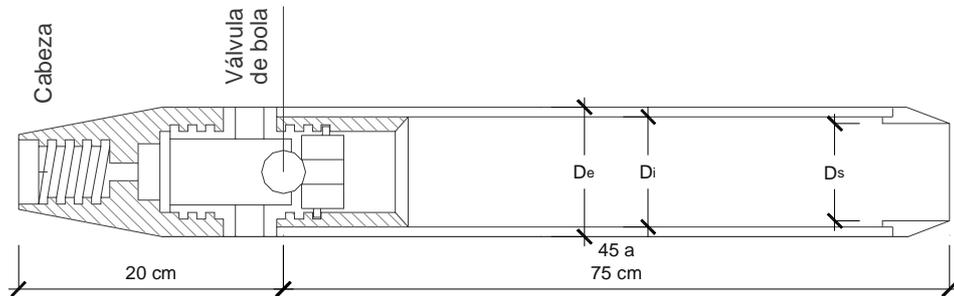
De pared delgada ò Arcillas firmes a blandas

Tomamuestras cerrados

De pistón fijo ò Arcillas blandas o muy blandas.

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

UTILLAJE PARA SONDEOS MECÁNICOS



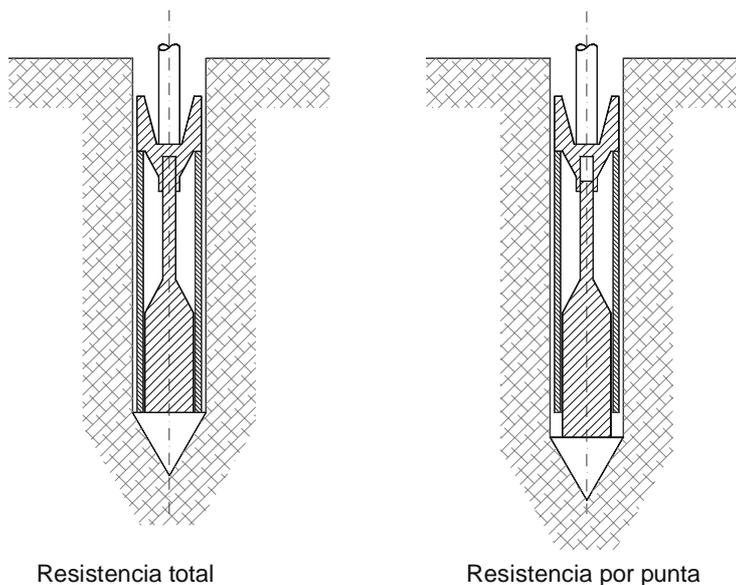
E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

RESULTADOS DE SONDEOS MECÁNICOS



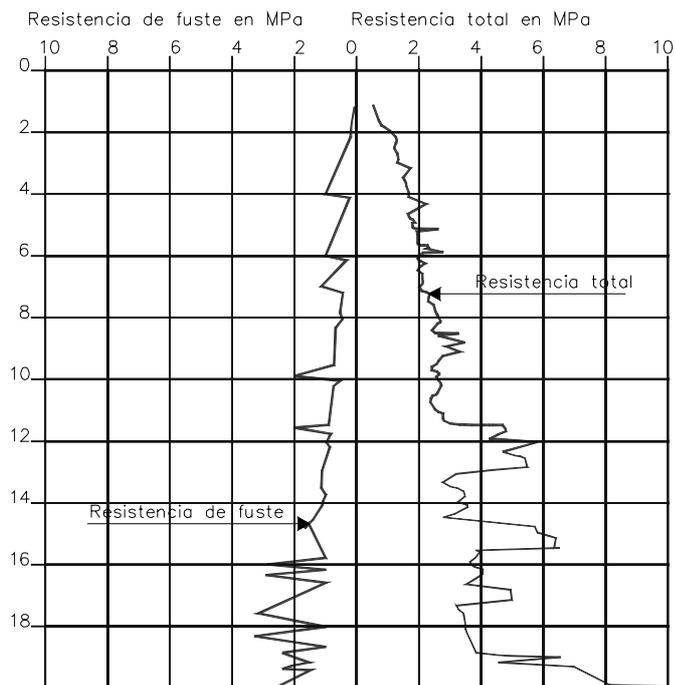
E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

PENETRÓMETRO ESTÁTICO



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

PENETRÓMETRO ESTÁTICO: RESULTADOS



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

PENETRÓMETRO ESTÁTICO: Correlación de Schmertmann (1978)

Tipo de suelo	q_c (MPa)	α
CL	< 0,7	3 - 8
	0,7 - 2	2 - 5
	>2	1 - 2,5
ML	<2	3 - 6
	>2	1 - 2
OH ; MH	<2	2 - 6
	>2	1 - 2
Turba	<0,7	0,5 - 4
SW	<5	2
	>5	1,5

Correlaciones entre ensayos.

q_c = resistencia de cono

q_u = resistencia a compresión del terreno

c_u = resistencia al corte sin drenaje

Ensayo por punta

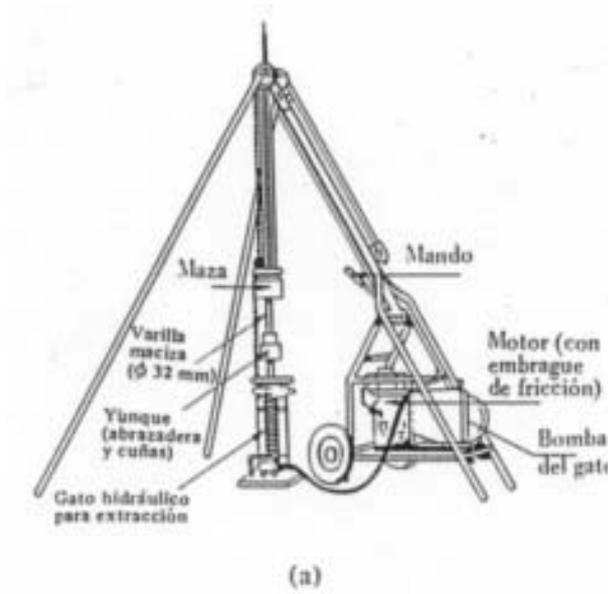
$$q_c = 4,5 q_u = 9 c_u$$

Ensayo por punta Gouda

$$q_c = 7,5 \div 10 q_u = 15 \div 20 c_u$$

PENETRÓMETRO DINÁMICO

C Se hince por una serie de golpes de una maza.

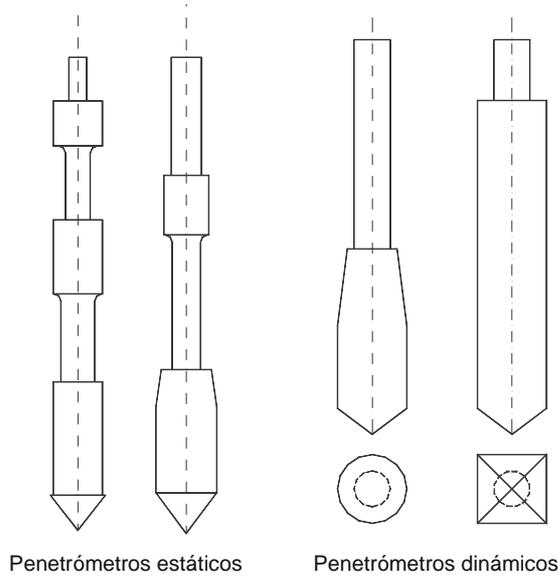


PENETRÓMETRO DINÁMICO.- TIPOS DE PENETRÓMETROS.

NORMA	TIPO	Masa (kg)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Ángulo
DIN4094	LR5	10	50	5	90
	LR10	10	50	10	90
	LR10	10	50	10	90
	MRSA	30	20	10	90
	MRSB	30	50	10	90
	SRS10	50	50	10	90
	SRS15	50	50	15	90
IRTP/ DP	DPL	10	50	10	90
	DPM	30	50	10	90
	DPH	50	50	10	90
	DPSH	63,5	75	20	90
	BORROS	63,5	60 - 50	11,34 - 16	90



PENETRÓMETROS.- PUNTAS UTILIZADAS

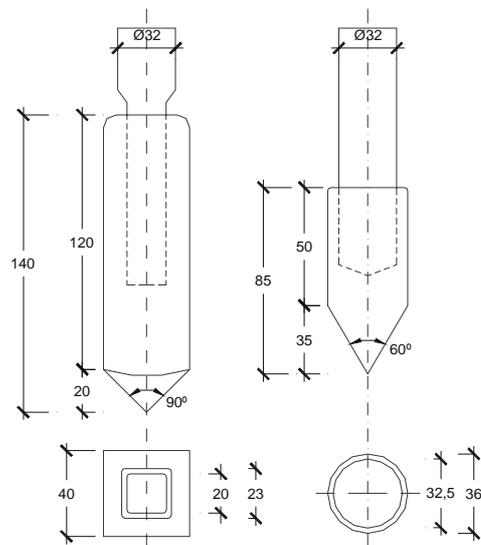


Penetrómetros estáticos

Penetrómetros dinámicos



PENETRÓMETRO DINÁMICO.- PUNTAS UTILIZADAS



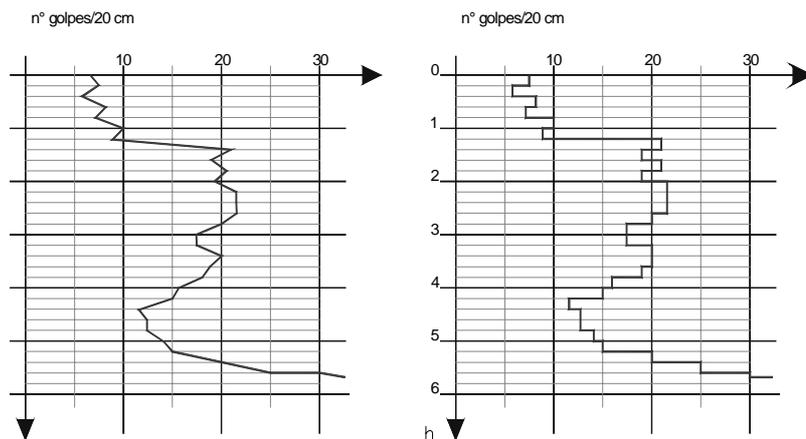


ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

Directos sobre el terreno	ö	Borros
En el interior del sondeo	ö	S.P.T.
Penetrómetro Borros		
w = peso maza	ö	63,5 kp
h = altura de caída	ö	60 ÷ 50 cm
S = superficie punta	ö	11,34 ÷ 16 cm²
e = longitud a hincar	ö	20 cm



Se obtiene un registro continuo



Energía

$$W' = \frac{N_{60} \cdot e}{60} \cdot \frac{c_{din}}{Se}$$

$$q_{din} = \frac{N_{60}}{Se}$$



Estimación de la tensión admisible Meyerhof (1956) y Bowles (1982)

Terrenos de arenas y gravas.

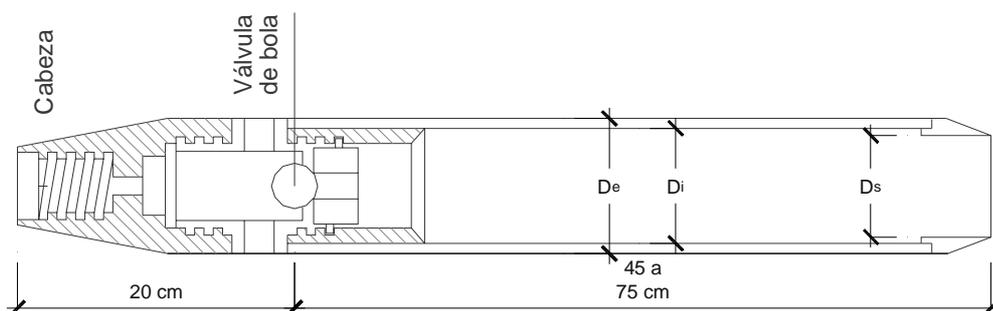
$$\sigma_{adm} = \frac{N}{8} \cdot s \cdot K \cdot \left(\frac{b+0,3}{b} \right)^2 \quad \text{siendo} \quad K = \left(1 + \frac{d}{3b} \right) \leq 1,33$$

- s** Asiento tolerable en pulgadas.
- N** nº de golpes medio en la zona de influencia de la cimentación.
- b** Ancho del cimiento en m.
- d** Profundidad de cimentación en m.

Esta fórmula se introduce en el C.T.E.

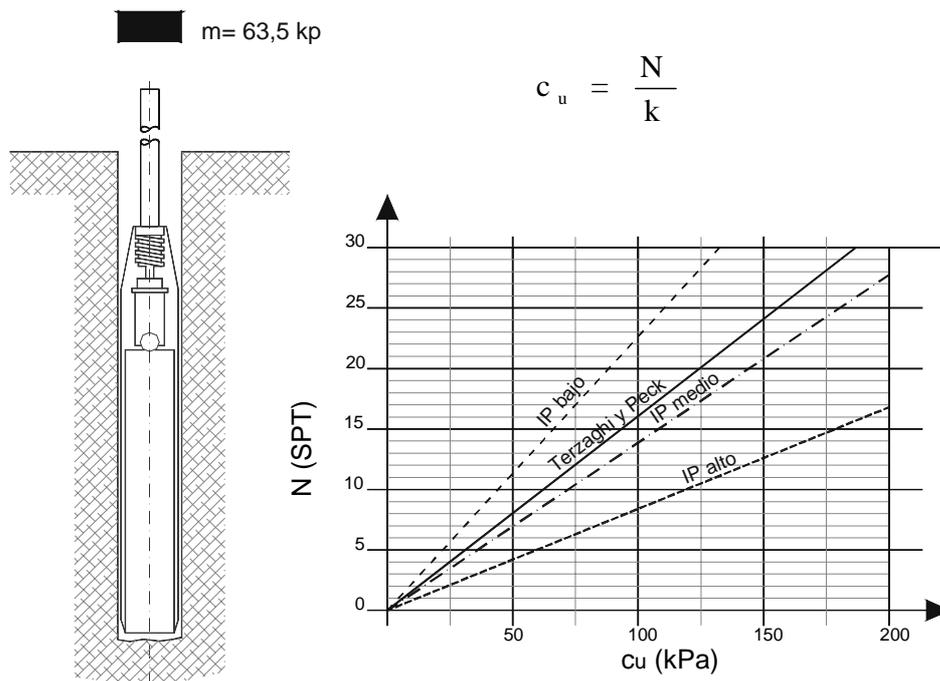


ENSAYOS DE PENETRACIÓN NORMAL (S.P.T.) (Standard Penetration Test)



- ☐ Normalmente se realiza en el fondo de un sondeo.
- ☐ Muy adecuado para arenas. Puede utilizarse en arcillas.
- ☐ Sondeos entubados. Según ASTM $i_{sondeo} \ 57 \div 150 \text{ mm}$.
- ☐ El agua en el sondeo debe alcanzar el mismo nivel que fuera.

ENSAYOS DE PENETRACIÓN NORMAL (S.P.T.) (Standard Penetration Test)



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

ENSAYOS DE PENETRACIÓN NORMAL (S.P.T.) (Standard Penetration Test)

Características del ensayo

w = peso maza	ö	65 kp
h = altura de caída	ö	75 cm
S = superficie punta	ö	• 20 cm ²
e = longitud a hincar	ö	30 cm

Método de ejecución del ensayo

Q Limpieza del fondo del sondeo.

C Se hincan 15 cm y el resultado se desprecia.

C Se hincan 30 cm con N golpes.

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

ENSAYOS DE PENETRACIÓN NORMAL (S.P.T.) (Standard Penetration Test)

Resultados del ensayo.- Valores del número de golpes N

0 ÷ 10	ö	Arena muy floja
10 ÷ 15	ö	Arena floja
15 ÷ 30	ö	Arena densidad media
30 ÷ 50	ö	Arena densa
>50	ö	Arena muy densa

Correlación con el ensayo Borros

$$q_{din} = \frac{N_p \cdot w_p \cdot h_p}{\underbrace{S_p \cdot e_p}_{\text{Borros}}} = \frac{N \cdot 65 \cdot 75}{\underbrace{20 \cdot 30}_{\text{S.P.T.}}}$$

ENSAYOS DE PENETRACIÓN NORMAL (S.P.T.): CORRELACIONES.

Arenas: Correlación bastante clara entre N y la compacidad

N	Tipo de arena
0 ÷ 10	Arena muy floja
10 ÷ 15	Arena floja
15 ÷ 30	Arena densidad media
30 ÷ 50	Arena densa
>50	Arena muy densa

Arcillas saturadas: La resistencia a compresión simple puede relacionarse con N por la fórmula empírica.

$$q_u \text{ (MPa)} = \frac{N}{80}$$

En arenas puede encontrarse una correlación con el módulo de Young (Appolonia, 1970)

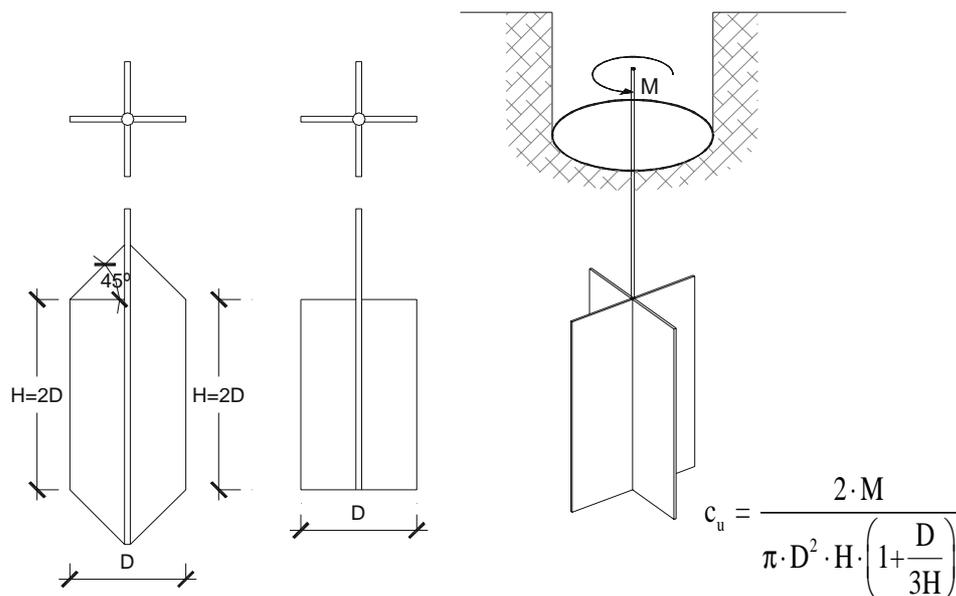
$$E \text{ (MPa)} = 21 + 1,06 \cdot N$$

ENSAYOS DE PENETRACIÓN NORMAL (S.P.T.): CORRELACIONES

Arenas: Correlación con el CPT (Mitchell y Katti, 1981).

Arena	Muy suelta	Suelta	Media	Densa	Muy densa
N SPT	4	4-10	10-30	30-50	50
q _c CPT (MPa)	5	5-10	10-15	15-20	20
Dens. relativa (%)	15	15-35	35-65	65-85	85-100
Peso esp. seco (g/cm ³)	1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	1,8-2,0	2,0
Ángulo de fricción	30	30-32	32-35	35-38	38

ENSAYOS DE MOLINETE (Vane Test).





ENSAYOS DE MOLINETE (Vane Test).



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel



SISTEMAS GEOFÍSICOS

C Sísmica de refracción: para obtener información sobre la profundidad a la que se encuentran el nivel freático y la unidad geotécnica resistente, siempre y cuando se trate de formaciones relativamente horizontales (buzamiento inferior a 15°) y la velocidad v_p de las ondas P aumente con la profundidad. El valor v_p que se obtenga en cada una de las capas analizadas podrá utilizarse para estimar su grado de ripabilidad.

C Resistividad eléctrica: técnica SEV “sondeo eléctrico vertical” para obtener información sobre la profundidad del nivel freático y los espesores de las distintas capas horizontales del terreno (ASTM: G 57-78). Técnica tomografía eléctrica para identificar los diferentes niveles del subsuelo y sus cambios laterales, identificación del nivel freático (detección de cavidades o desarrollos cársticos).

C Técnicas geofísicas tales como Geo-radar (para obtener información sobre servicios enterrados, conducciones, depósitos, fluidos, nivel freático, unidades geológicas y cambios laterales de las litologías), magnetometría, VLF, calicateo electromagnético, gravimetría, etc.; que puedan aportar una información adicional.

C En zonas cársticas o cuando se sospeche la existencia de cavidades relativamente superficiales se podrán utilizar, además de las antes mencionadas, técnicas microgravimétricas siempre y cuando se den las condiciones ambientales adecuadas y se utilicen equipos que permitan expresar los perfiles finales de las anomalías de Bouguer en unidades de 10⁻⁷ m/s².

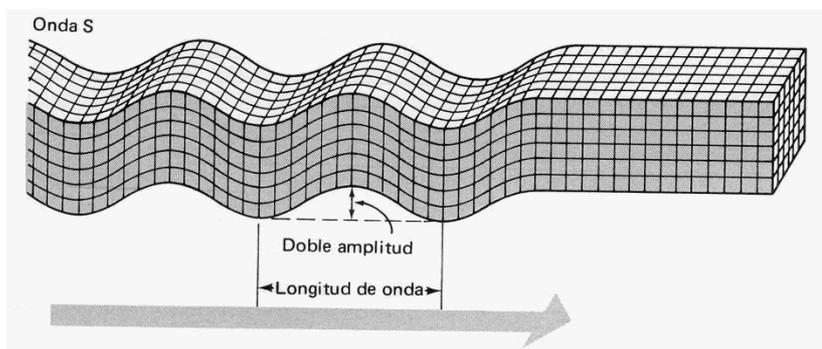
E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

SISTEMAS GEOFÍSICOS: Ensayos “down-hole” o “cross-hole”

En zonas sísmicas y para edificios de los tipos C-1 y C-2 se recomienda la utilización de ensayos “down-hole” o “cross-hole” (norma ASTM: D 4428) con el fin de identificar la velocidad de propagación vs de las ondas S que permite clasificar las distintas unidades geotécnicas de acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE vigente. Para edificios de los tipos C-2 y C-3 será obligatoria la realización de dicho tipo de ensayos cuando la aceleración sísmica básica sea superior a 0,08 g.

Los ensayos “cross-hole” y “down-hole” podrán también utilizarse para caracterizar la deformabilidad de arcillas preconsolidadas y suelos con un porcentaje apreciable de grava gruesa, cantos y bolos.

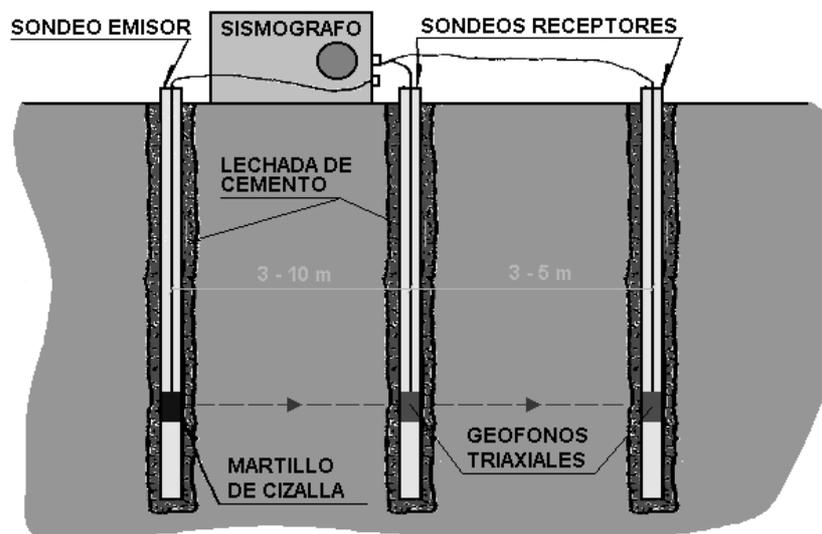
Ambas técnicas se han desarrollado fundamentalmente con el fin de determinar la velocidad de propagación de las ondas tangenciales o S



SISTEMAS GEOFÍSICOS: Ensayo “cross-hole”

Sirve para detectar los tiempos de transmisión de las ondas tangenciales SV (vibración de las partículas del terreno en la dirección vertical).

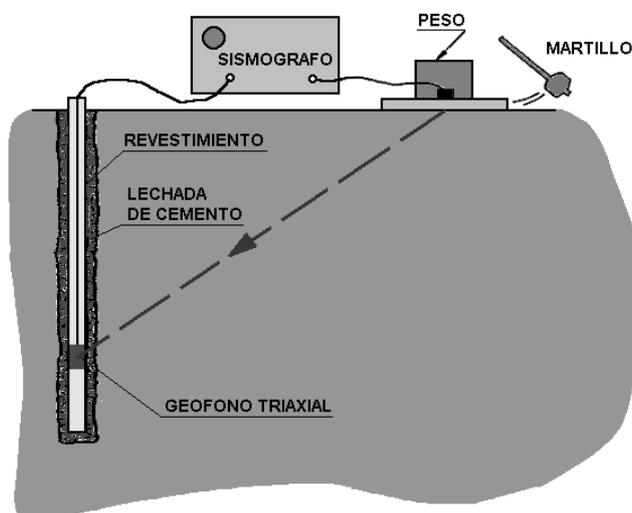
- Sentido horizontal.
- Se registra el tiempo de transmisión desde un martillo de cizalla en el terreno.
- Distancias entre 3 y 10 m.



SISTEMAS GEOFÍSICOS: Ensayo “down-hole”

Sirve para detectar los tiempos de transmisión de las ondas tangenciales SH (vibración de las partículas del terreno en la dirección horizontal).

- Sentido horizontal.
- Se registra el tiempo de transmisión desde un martillo exterior.
- Distancias entre 2 y 5 m. Profundidad hasta 15÷20 m



SE- C Cimientos

Anejo D

•Tabla D.6. Utilización de las pruebas de penetración

•Tipo de Penetrómetro	•Principio de Funcionamiento	•Tipo	•Suelo más idóneo	•Terreno en que es Impracticable
•Estático	•Medición de la resistencia a la penetración de una punta y un vástago mediante presión	•CPTU •CPTU •UNE 103804 :1993	•Arcillas y limos muy blandos. Arenas finas sueltas a densas sin gravas	•Rocas, bolos, gravas, suelos cementados. Arcillas muy duras. Arenas muy compactas. Suelos muy preconsolidados y/o cementados
•Dinámico	•Medición de la resistencia a la penetración de una puntaza mediante golpeo con una energía normalizada	•DPH •UNE 103802:1998	•Arenas sueltas a medias. Limos arenosos flojos a medios	•Rocas, bolos, costras, suelos muy cementados. Conglomerados
		•BORRO •DPSH •UNE 103801:1994	•Arenas medias a muy compactas. Arcillas preconsolidadas sobre el N.F. Gravas arcillosas y arenosas	

SE- C Cimientos

Anejo D

Tabla D.22. Agresividad de suelos, rocas y aguas (EHE)

•Tipo de •Medio •agresivo	•Parámetros ⁽¹⁾	•Tipo de exposición		
		•Qa	•Qb	•Qc
		Ataque débil	Ataque medio	Ataque fuerte
•Agua	•Valor del pH	6,5-5,5	5,5-4,5	< 4,5
	•CO ₂ agresivo (mg CO ₂ /l)	15-40	40-100	> 100
	•Ión Amonio (mg NH ₄ ⁺ /l)	15-30	30-60	> 60
	•Ión magnesio (mg Mg ²⁺ /l)	300-1000	1000-3000	> 3000
	•Ión sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /l)	200-600	600-3000	> 3000
	•Residuo seco a 110° C (mg/l)	75-150	50-75	< 50
•Suelo	•Grado de Acidez Baumann-Gully	> 20		
	•Ión Sulfato	2000-3000	3000-12000	> 12000
	•(mg SO ₄ ²⁻ /Kg de suelo seco)			

SE- C Cimientos

Anejo D

Tabla D.23. Valores orientativos de NSPT, resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad de suelos

Tipo de suelo	N _{SPT}	q _u (kN/m ²)	E (MN/m ²)
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	20 - 150	8 – 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 – 100
Suelos compactos o duros	50 – Rechazo	300 - 500	100 – 500
Rocas blandas	Rechazo	500 – 5.000	500 – 8.000
Rocas duras	Rechazo	5.000 – 40.000	8.000 – 15.000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	>15.000

Tabla D.24. Valores orientativos del coeficiente de Poisson

Tipo de suelo	Coficiente de Poisson
Arcillas blandas normalmente consolidadas	0,40
Arcillas medias	0,30
Arcillas duras preconsolidadas	0,15
Arenas y suelos granulares	0,30

SE- C Cimientos

Anejo D

Tabla D.25. Presiones admisibles a efectos orientativos

•Terreno	•Tipos y condiciones	•Presión •admisible •[Mpa]	•Observaciones
•Rocas	•Rocas ígneas y metamórficas sanas ⁽¹⁾ (Granito, diorita, basalto, gneis)	10	•Los valores apuntados asumen que la cimentación se sitúa sobre roca no meteorizada
	•Rocas metamórficas foliadas sanas ^{(1), (2)} (Esquistos, pizarras)	3	
	•Rocas sedimentarias sanas ^{(1), (2)} : Pizarras cementadas, limolitas, areniscas, calizas sin karstificar, conglomerados cementados	1 a 4	
	•Rocas arcillosas sanas ^{(2), (4)}	0,5 a 1	
	•Rocas diaclasadas de cualquier tipo con espaciamiento de discontinuidades superior a 0,30m, excepto rocas arcillosas	1	
	•Calizas, areniscas y rocas pizarrosas con pequeño espaciamiento de los planos de estratificación ⁽³⁾	-	
	•Rocas muy diaclasadas o meteorizadas ⁽³⁾	-	
•Suelos granulares •(% finos inferior al 35% en peso)	•Gravas y mezclas de arena y grava, muy densas	>0,6	•Para anchos de cimentación (B) mayor o igual a 1 m y nivel freático situado a una profundidad mayor al ancho de la cimentación (B) por debajo de ésta
	•Gravas y mezclas de grava y arena, medianamente densas a densas	0,2 a 0,6	
	•Gravas y mezclas de arena y grava, sueltas	<0,2	
	•Arena muy densa	>0,3	
	•Arena medianamente densa	0,1 a 0,3	
	•Arena suelta	<0,1	

•(1) Los valores indicados serán aplicables para estratificación o foliación subhorizontal. Los macizos rocosos con discontinuidades inclinadas, especialmente en las cercanías de taludes, deben ser objeto de análisis especial.

•(2) Se admiten pequeñas discontinuidades con espaciamiento superior a 1 m.

•(3) Estos casos deben ser investigados "in situ"

SE- C Cimientos

Anejo D

Tabla D.25. Presiones admisibles a efectos orientativos

•Terreno	•Tipos y condiciones	•Presión •admisible •[Mpa]	•Observaciones
•Suelos finos •(% de finos superior al 35% en peso)	•Arcillas duras	•0,3 a 0,6	•Los suelos finos normalmente consolidados y ligeramente sobreconsolidados en los que sean de esperar asientos de consolidación habrán de ser objeto de un estudio especial. Los suelos arcillosos potencialmente expansivos serán objeto de estudio especial
	•Arcillas muy firmes	•0,15 a 0,3	
	•Arcillas firmes	•0,075 a 0,15	
	•Arcillas y limos blandos	•<0,075	
	•Arcillas y limos muy blandos		
•Suelos orgánicos		•Estudio especial	
•Rellenos		•Estudio especial	

SE- C Cimientos

Anejo D

Tabla D.26. Valores orientativos de densidades de suelos

Tipo de suelo	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)
Grava	20 – 22	15 – 17
Arena	18 – 20	13 – 16
Limo	18 – 20	14 – 18
Arcilla	16 – 22	14 – 21

Tabla D.28. Valores orientativos del coeficiente de Permeabilidad

Tipo de suelo	k_z (m/s)
Grava limpia	$> 10^{-2}$
Arena limpia y mezcla de grava y arena limpia	$10^{-2} - 10^{-5}$
Arena fina, limo, mezclas de arenas, limos y arcillas	$10^{-5} - 10^{-9}$
Arcilla	$< 10^{-9}$

SE- C Cimientos

Anejo D

Tabla D.27. Propiedades básicas de los suelos

•Clase de suelo	•Peso específico aparente (kN/m ³)	•Ángulo de rozamiento interno
•Terreno natural	•Grava	19 – 22
	•Arena	17 – 20
	•Limo	17 – 20
	•Arcilla	15 – 22
•Rellenos	•Tierra vegetal	17
	•Terraplén	17
	•Pedraplén	18

SE- C Cimientos

Estudios geotécnicos: Generalidades.

- 1 **El Estudio Geotécnico es el compendio de información cuantificada en cuanto a las características del terreno en relación con la tipología del edificio previsto y el entorno donde se ubica, que es necesaria para proceder al análisis y dimensionado de los cimientos de éste u otras obras.**
- 2 **Las características del terreno de apoyo se determinarán mediante una serie de actividades que en su conjunto se denomina reconocimiento del terreno y cuyos resultados quedarán reflejados en el estudio geotécnico.**
- 3 **El reconocimiento del terreno, que se fijará en el estudio geotécnico en cuanto a su intensidad y alcance, dependerá de la información previa del plan de actuación urbanística, de la extensión del área a reconocer, de la complejidad del terreno y de la importancia de la edificación prevista. Salvo justificación el reconocimiento no podrá ser inferior al establecido en este DB.**
- 4 **Para la realización del estudio deben recabarse todos los datos en relación con las peculiaridades y problemas del emplazamiento, inestabilidad, deslizamientos, uso conflictivo previo tales como hornos, huertas o vertederos, obstáculos enterrados, configuración constructiva y de cimentación de las construcciones limítrofes, la información disponible sobre el agua freática y pluviometría, antecedentes planimétricos del desarrollo urbano y, en su caso, sismicidad del municipio, de acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE vigente.**
- 5 **Dado que las conclusiones del estudio geotécnico pueden afectar al proyecto en cuanto a la concepción estructural del edificio, tipo y cota de los cimientos, se debe acometer en la fase inicial de proyecto y en cualquier caso antes de que la estructura esté totalmente dimensionada.**
- 6 **La autoría del estudio geotécnico corresponderá al proyectista, a cualquier otro técnico competente o, en su caso, al Director de Obra y debe ser visado por el colegio profesional correspondiente.**

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

SE- C Cimientos

Estudios geotécnicos

De acuerdo con el tipo de terreno y del tipo de construcción se define detalladamente el contenido del estudio geotécnico. (DB SE-C art. 3.2.1)

Tabla 3.1. Tipo de construcción

•Tipo	•Descripción (1)
•C-0	•Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m ²
•C-1	•Construcciones de menos de 4 plantas
•C-2	•Construcciones de altura máxima entre 4 y 10 plantas
•C-3	•Construcciones de altura máxima entre 11 a 20 plantas
•C-4	•Conjuntos monumentales o singulares, o de más de 20 plantas.

•(1) En el cómputo de plantas se incluyen los sótanos.

SE- C Cimientos

Estudios geotécnicos

Tabla 3.2. Grupo de terreno

• Grupo	• Descripción
• T-1	• Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.
• T-2	• Terrenos intermedios: los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3,0 m.
• T-3	• Terrenos desfavorables: los que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores. De forma especial se considerarán en este grupo los siguientes terrenos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Suelos expansivos 2. Suelos colapsables 3. Suelos blandos o sueltos 4. Terrenos kársticos en yesos o calizas 5. Terrenos variables en cuanto a composición y estado 6. Rellenos antrópicos con espesores superiores a 3 m 7. Terrenos en zonas susceptibles de sufrir deslizamientos 8. Rocas volcánicas en coladas delgadas o con cavidades 9. Terrenos con desnivel superior a 15° 10. Suelos residuales 11. Terrenos de marismas

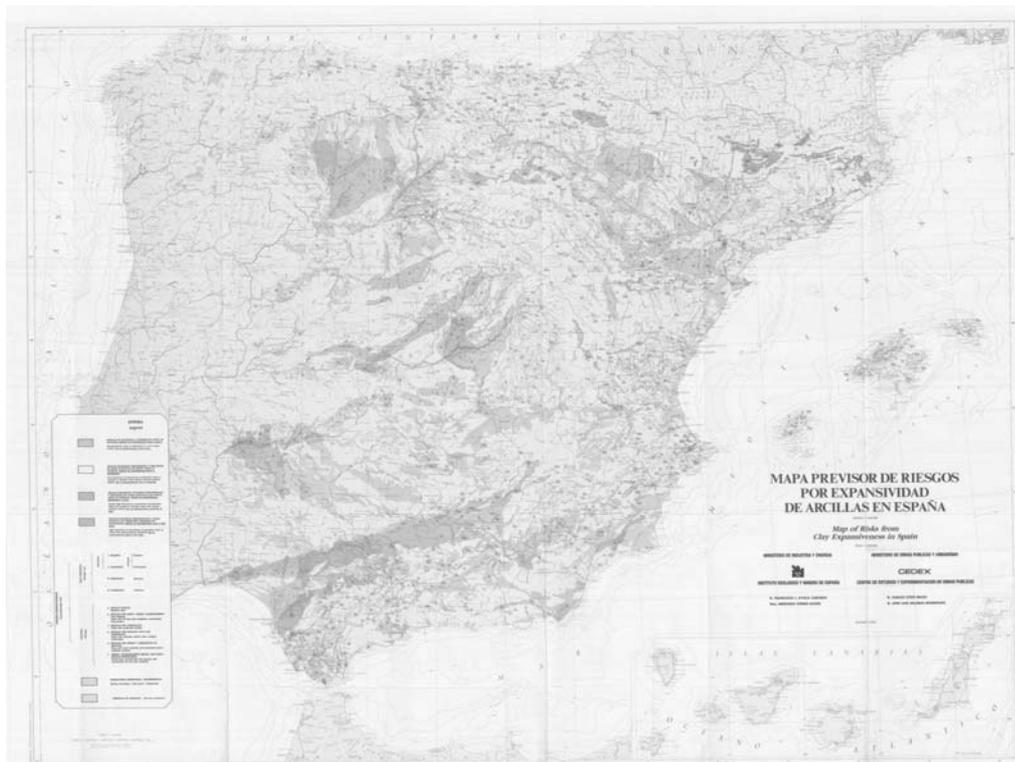
SE- C Cimientos

Estudios geotécnicos.- Terrenos kársticos



SE- C Cimientos

Estudios geotécnicos.- Arcillas expansivas



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

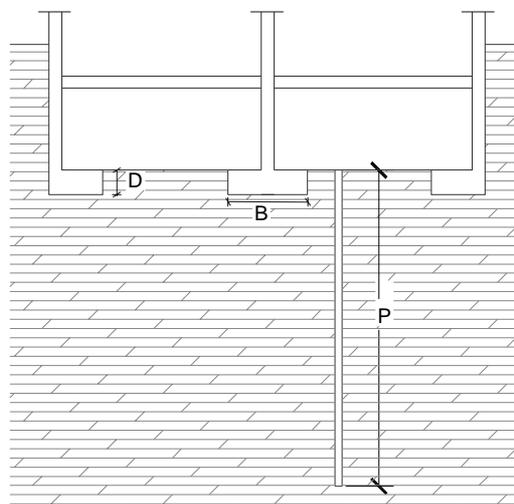
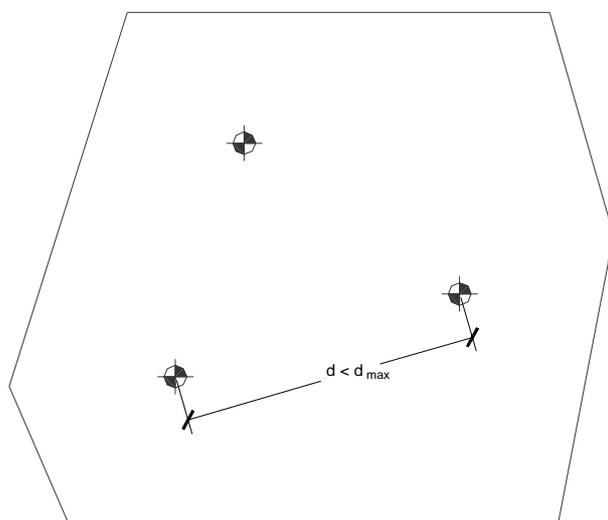
LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.

- Nivel reducido.
- Nivel normal.
- Nivel intenso.



Se definen puntos de reconocimiento

- Por separación.
- Por profundidad.



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO: PUNTOS A RECONOCER.

- Tres puntos como mínimo.

NIVEL REDUCIDO

- Edificio C-0 y terreno T1
- Tres puntos a elección del Técnico.
- Distancia inferior a 35 m.

NIVEL INTENSO

- Se define a partir de un nivel normal.
- Se intercalan puntos hasta definir adecuadamente el terreno.
- El número de puntos puede igualar o superar al de pilares.

NIVEL NORMAL

- Tres puntos como mínimo.
- Distancias menores que las definidas en la tabla.
- Profundidad de reconocimiento menor que la definida en la tabla.

LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO: PUNTOS A RECONOCER.

NIVEL NORMAL

- Tres puntos como mínimo a las distancias y profundidades de la tabla.

Distancias entre puntos y profundidad				
Edificio	Terreno			
	T1		T2	
	d _{max} (m)	P (m)	d _{max} (m)	P (m)
C-1	35	6	30	18
C-2	30	12	25	25
C-3	25	14	20	30
C-4	20	16	17	35

Nº mínimo de sondeos y % de sustitución por penetros				
Edificio	Terreno			
	T1	T2	T1	T2
C-1	1	2	70	50
C-2	2	3	70	50
C-3	3	3	50	40
C-4	3	3	40	30

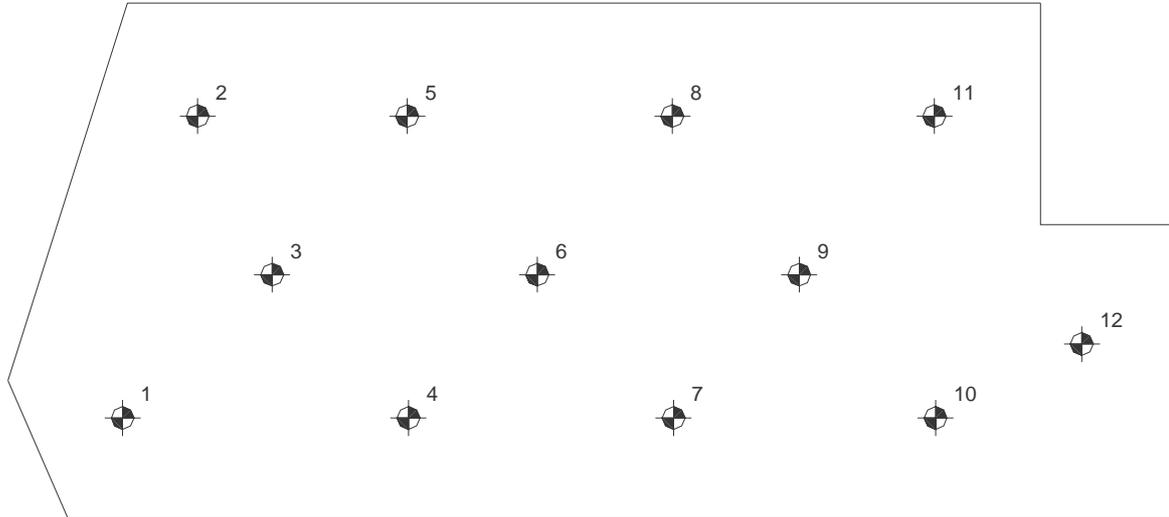


LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO: EJEMPLO.

EDIFICIO C-3

TERRENO T-2

12 puntos



E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel



LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO: EJEMPLO.

EDIFICIO C-3

TERRENO T-2

12 puntos

Nº mínimo de sondeos y % de sustitución por penetros				
Edificio	Terreno			
	T1	T2	T1	T2
C-1	1	2	70	50
C-2	2	3	70	50
C-3	3	3	50	40
C-4	3	3	40	30

Número mínimo de sondeos = 3

% sustitución 40% 12.0,4 = 4,8

Se admiten 4 ensayos de penetración

Restan 8 sondeos

E.T.S. ARQUITECTURA DE A CORUÑA – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – Juan Pérez Valcárcel

LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.

En el caso de que las distancias $d_{m\acute{a}x}$ excedan las dimensiones de la superficie a reconocer, deben disminuirse hasta que se cumpla con el número de puntos mínimos requeridos.

En el caso de edificios con superficies en planta superiores a los 10.000 m² se podrá reducir la densidad de puntos. Esta reducción tendrá como límite el 50% de los obtenidos mediante la regla anterior aplicada sobre el exceso de la superficie.

Las condiciones fijadas anteriormente no son de aplicación en los reconocimientos del terreno para la elaboración de los estudios geotécnicos de los proyectos de urbanización.

En la tabla 3.4 se establece el número mínimo de sondeos mecánicos y el porcentaje del total de puntos de reconocimiento que pueden sustituirse por pruebas continuas de penetración cuando el número de sondeos mecánicos exceda el mínimo especificado en dicha tabla.

LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.

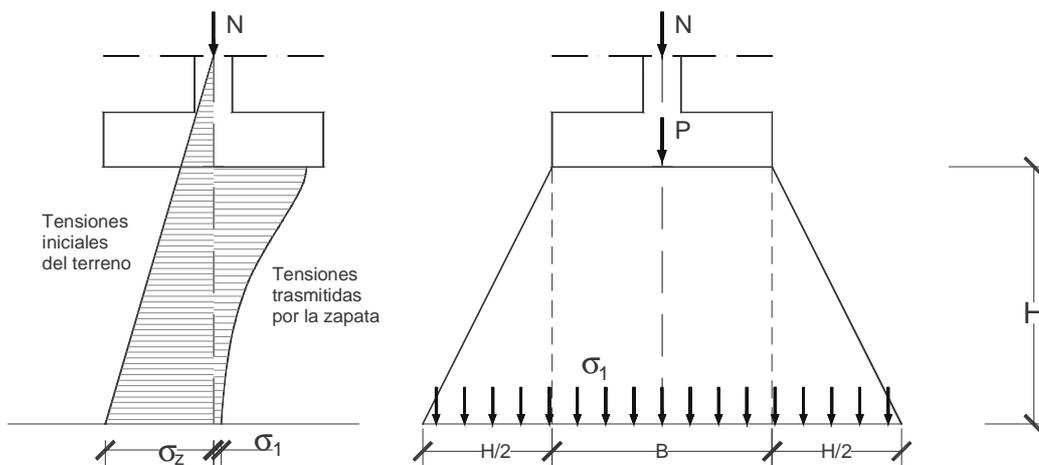
Debe comprobarse que la profundidad planificada de los reconocimientos ha sido suficiente para alcanzar una cota en el terreno por debajo de la cual no se desarrollarán asientos significativos bajo las cargas que pueda transmitir el edificio, tal y como se indica en los distintos capítulos de este DB.

Dicha cota podrá definirse como la correspondiente a una profundidad tal que en ella el aumento neto de tensión en el terreno bajo el peso del edificio sea igual o inferior al 10% de la tensión efectiva vertical existente en el terreno en esa cota antes de construir el edificio, a menos que se haya alcanzado una unidad geotécnica resistente tal que las presiones aplicadas sobre ella por la cimentación del edificio no produzcan deformaciones apreciables.

La unidad geotécnica resistente a la que se hace referencia en el apartado anterior debe comprobarse en una profundidad de al menos 2 m, más 0,3 m adicionales por cada planta que tenga la construcción.

El aumento neto de tensión en el terreno, al que se hace referencia en el párrafo 11 de este apartado, podrá determinarse utilizando los ábacos y tablas existentes en la literatura geotécnica de uso habitual ó también, de forma aproximada, suponiendo que la carga del edificio se distribuye uniformemente en cada profundidad sobre una superficie definida por planos que, buzando hacia el exterior del área cargada en la superficie del terreno, alcanzan dicha profundidad con líneas de máxima pendiente 1H:2V.

LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO:
PROFUNDIDAD A RECONOCER.



$$\sigma_z \leq 0,1 \cdot \sigma_1$$

$$\sigma_z = \frac{N+P}{(A+H) \cdot (B+H)} \leq 0,1 \cdot \sigma_1$$

DB SE-C art. 3.2.1.11

PROFUNDIDAD A RECONOCER. EJEMPLO

Zapata 110x110x50

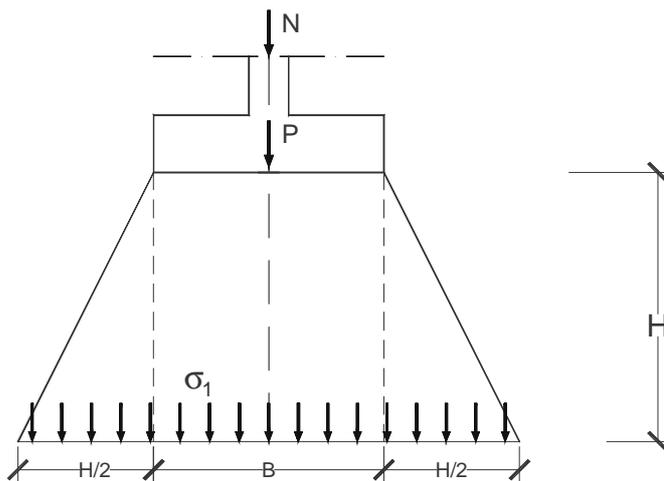
Carga 200 kN

Cota excavación 1m

$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

$N = 200 \text{ kN}$

$P = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,1^2 \cdot 0,5 = 15,125 \text{ kN}$



$$\sigma_z = \gamma \cdot z + q = 18 \cdot (H + 1)$$

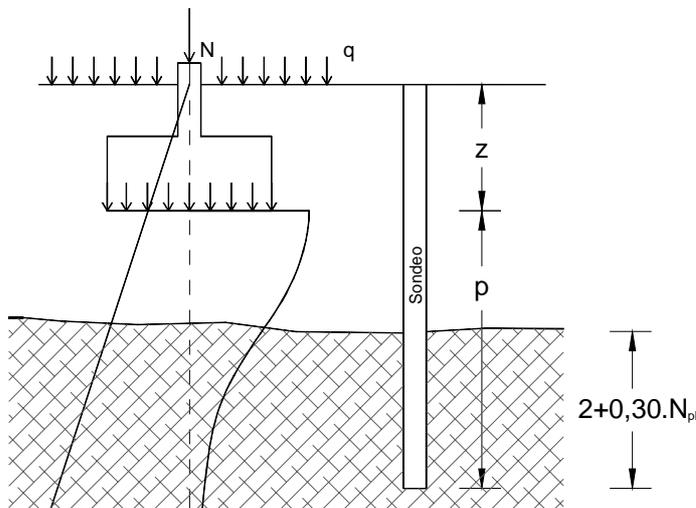
$$H = 2,2 \text{ m} \quad \sigma_z = \frac{215,125}{3,3^2} = 19,75 < 59,4 \text{ kN/m}^2$$

$$H = 1,4 \text{ m} \quad \sigma_z = \frac{215,125}{2,5^2} = 34,42 < 45,0 \text{ kN/m}^2$$

$$H = 1,2 \text{ m} \quad \sigma_z = \frac{215,125}{2,3^2} = 40,66 < 41,4 \text{ kN/m}^2$$

Sería suficiente $H = 1,2 \text{ m}$

**LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO:
PROFUNDIDAD A RECONOCER.**



Si hay un estrato resistente que sea prácticamente incompresible se profundizará una distancia d

$$d \geq 2 \text{ m} + 0,30 \cdot N_{\text{plantas}}$$

DB SE-C art. 3.2.1.12

LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.

En el caso de que se prevean cimentaciones profundas se llevarán a cabo las comprobaciones indicadas en los anteriores párrafos 10 y 11 suponiendo que la cota de aplicación de la carga del edificio sobre el terreno es la correspondiente a una profundidad igual a las dos terceras partes de la longitud de los pilotes. Salvo justificación, en el caso de pilotes columnas se comprobará que la profundidad investigada alcanza aproximadamente cinco diámetros (5D) por debajo de la punta del pilote previsible a utilizar.

En caso de terrenos del grupo T-3 o cuando el reconocimiento se derive de otro que haya resultado insuficiente, se intercalarán puntos de reconocimiento en las zonas problemáticas hasta definir las adecuadamente.

LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.- PROSPECCIÓN

La prospección del terreno podrá llevarse a cabo mediante calicatas, sondeos mecánicos, pruebas continuas de penetración y geofísica. En el anejo C se describen las principales técnicas de prospección así como su aplicabilidad, que se llevarán a cabo de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

En reconocimientos de tipo de construcción C-0 y grupo de terreno T-1, las pruebas de penetración deben complementarse siempre con otras técnicas de reconocimiento como podrían ser calicatas. En otros casos, en el reconocimiento se podrán utilizar las pruebas de penetración para la identificación de unidades geotécnicas, que deben contrastarse mediante sondeos mecánicos.

En el marco del presente DB no se pueden utilizar exclusivamente métodos geofísicos para caracterizar el terreno, debiendo siempre contrastarse sus resultados con los sondeos mecánicos.

En general, se podrán aplicar las técnicas geofísicas para la caracterización geotécnica y geológica, con el objeto de complementar datos, mejorar su correlación, acometer el estudio de grandes superficies y determinar los cambios laterales de facies, no siendo aconsejable en cascos urbanos consolidados.

LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.- ENSAYOS DE CAMPO

Son ensayos que se ejecutan directamente sobre el terreno natural y que proporcionan datos que pueden correlacionarse con la resistencia, deformabilidad y permeabilidad de una unidad geotécnica a una determinada profundidad. Se distinguen, como más usuales, los siguientes:

- en sondeo: ensayo de penetración estándar (SPT), ensayo de molinete (Vane Test), ensayo presiométrico (PMT), ensayo Lefranc, ensayo Lugeon;
- en superficie o en pozo: ensayo de carga con placa;
- en pozo: ensayo de bombeo.

En el caso de suelos con un porcentaje apreciable de grava gruesa, cantos y bolos y cuando la importancia del edificio lo justifique, se pueden contrastar los valores de resistencia SPT con los valores de velocidad de transmisión de las ondas S obtenidas mediante ensayos de tipo “cross-hole” o “down-hole”.

En el apartado 4.2.3.1 se proporcionan algunas de las correlaciones más frecuentemente utilizadas entre las pruebas continuas de penetración estáticas y el ensayo SPT.

La descripción y condiciones de utilización de estos ensayos se indican en la tabla D.7.

Tabla D.7. Utilización de los ensayos in situ

En sondeo	Tipo	Descripción	Utilización para determinar
En sondeo	•Ensayo de penetración estándar (SPT) •UNE 103800:1992	•Nº de golpes N para hincar 30 cm de un cilindro hueco de dimensiones normalizadas. •Golpeo con maza de 63,5 kg cayendo desde 76 cm	•Compacidad de suelos granulares. Densidad relativa. •Ángulo de rozamiento interno en suelos granulares •Resistencia de arcillas preconsolidadas por encima del nivel freático
	•Ensayo de molinete (Vane Test) •ENV-199-3	•Rotación de unas aspas dispuestas a 90º e introducidas en el terreno, midiendo el par necesario para hacerlas girar hasta que se produce el corte del suelo	•Para determinar resistencia al corte de arcillas blandas por encima o por debajo del nivel freático
	•Ensayo presiométrico (P.M.T.) •ENV-199-3	•Dilatación por gas a presión de una célula cilíndrica contra las paredes de un sondeo midiendo la deformación volumétrica correspondiente a cada presión hasta llegar eventualmente a la rotura del terreno	•Presión límite y deformabilidad de suelos granulares, arcillas duras, etc.
	•Ensayo Lefranc	•Medida del caudal de agua bombeada al terreno a través de un tramo de sondeo de 50 cm	•Permeabilidad de suelos
	•Ensayo Lugeon	•Medida de caudales bombeados a un tramo de sondeo a presiones escalonadas durante un tiempo de 10 min.	•Permeabilidad de rocas moderadamente fisuradas
	En superficie o pozo	•Ensayo de carga con placa ⁽¹⁾ •ENV-199-3	•Medida de los asentos de una placa rígida cuadrada o circular al ir aplicando cargas crecientes, llegando o no a la rotura del terreno
En pozo		•Ensayo de bombeo	•Medida de la transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero en la zona de influencia del pozo •Capacidad de agotamiento o rebaje del nivel freático

•⁽¹⁾ El ensayo de carga con placa debe interpretarse con las lógicas reservas debidas a la diferencia entre las dimensiones de la placa y la de la cimentación proyectada (véase apartado E.5; Figura E.8).

LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.- TOMA DE MUESTRAS

- 1 El objetivo de la toma de muestras es la realización, con una fiabilidad suficiente, de los ensayos de laboratorio pertinentes según las determinaciones que se pretendan obtener. Por tanto en la toma de muestras se deben cumplir unos requisitos diferentes según el tipo de ensayo que se vaya a ejecutar sobre la muestra obtenida.
- 2 Se especifican tres categorías de muestras:
 - a) muestras de categoría A: son aquellas que mantienen inalteradas las siguientes propiedades del suelo: estructura, densidad, humedad, granulometría, plasticidad y componentes químicos estables;
 - b) muestras de categoría B: son aquellas que mantienen inalteradas las siguientes propiedades del suelo: humedad, granulometría, plasticidad y componentes químicos estables
 - c) muestras de categoría C: todas aquellas que no cumplen las especificaciones de categoría B.
- 3 En la tabla 3.5 se señala la categoría mínima de la muestra requerida según los tipos de ensayos de laboratorio que se vayan a realizar.

LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.- TOMA DE MUESTRAS

Tabla 3.5. Categoría de las muestras de suelos y rocas para ensayos de laboratorio

•Propiedades a determinar	•Categoría mínima de la muestra
•- Identificación organoléptica	C
•- Granulometría	C
•- Humedad	B
•- Límites de Atterberg	C
•- Peso específico de las partículas	B
•- Contenido en materia orgánica y en CaCO ₃	C
•- Peso específico aparente. Porosidad	A
•- Permeabilidad	A
•- Resistencia	A
•- Deformabilidad	A
•- Expansividad	A
•- Contenido en sulfatos solubles	C

LA CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.- TOMA DE MUESTRAS

Caracterización de macizos rocosos

A los efectos de este DB, un macizo rocoso se caracteriza por la resistencia de la roca matriz, que debe matizarse con otras propiedades de su discontinuidad, como son:

- apertura,
- rugosidad,
- tipo de relleno,
- espaciamiento,
- índice de fracturación,
- persistencia,
- clase RQD,
- presencia de agua.

Dichos parámetros podrán utilizarse para determinar otros índices, tales como el RMR, indicativos del comportamiento global del macizo rocoso. En las tablas D.9 a D.17 se indican criterios para esta caracterización.

EL ESTUDIO GEOTÉCNICO.

- Descripción de las características geológicas del terreno en cuestión.
- Definición de la campaña de reconocimiento realizada.
- Descripción de los ensayos realizados generalmente calicatas, ensayos de penetración y sondeos.
- Estimación de la capacidad resistente del terreno. Normalmente se hace una estimación de la tensión admisible y del asiento máximo previsto.
- Análisis del nivel freático y de los problemas previsibles por efecto del agua.
- Recomendaciones de cimentación.

EL ESTUDIO GEOTÉCNICO. DEFICIENCIAS.

- Descripción de las características geológicas del terreno en cuestión.

" Los materiales presentes se atribuyen al Dominio Migmatítico y de Rocas Graníticas compuesto por una asociación de rocas orientadas, graníticas, neísticas, glandulares y esquistosas, muy tectonizadas y milonizadas"
- Definición de la campaña de reconocimiento realizada.
- Descripción de los ensayos realizados generalmente calicatas, ensayos de penetración y sondeos.
- Estimación de la capacidad resistente del terreno. Normalmente se hace una estimación de la tensión admisible y del asiento máximo previsto.
 - Abuso de correlaciones para compensar la ausencia de ensayos.
 - Parámetros de ángulo de rozamiento interno y cohesión erróneos por ensayos incorrectos de corte directo.
 - Análisis inadecuado de expansividad y colapso.
- Análisis del nivel freático y de los problemas previsibles por efecto del agua.

Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N.F.	-91.5	-93.0	-94.5	-93.0	-94.0	No	No	-92.0	-94.0

EL ESTUDIO GEOTÉCNICO. DEFICIENCIAS.

Recomendaciones de cimentación.

- Conclusiones de presiones a partir de ensayos de compresión simple en suelos para los que no es adecuado, como los suelos limosos o con alto contenido granular. Las presiones de trabajo recomendadas suelen ser absurdas.
- Asientos calculados por el método edométrico en arcillas firmes o duras.
- Las correlaciones en los ensayos de penetración dinámica suelen ser muy peligrosas: en algunos estudios hemos visto presiones admisibles cada 20 cm.
- No se tiene en cuenta la viabilidad o los efectos no deseables de las soluciones propuestas.
 - Pilotajes en lugares donde no entra la maquinaria.
 - Losas con riesgo de cabeceo.
- Muchas veces se limitan a analizar la capacidad portante del terreno, sin estudiar otras cuestiones como empujes sobre estructuras de contención, rellenos, etc.

EL ESTUDIO GEOTÉCNICO. DEFICIENCIAS.

Recomendaciones de cimentación.

- No se tienen en cuenta edificaciones próximas: asientos inducidos, sistema más adecuado para ejecución de sótanos, sistemas de arriostramiento. (El CTE obliga a considerarlas)
- Muchos terrenos agresivos no son más que rellenos superficiales marginales. En cambio, faltan indicaciones para edificaciones próximas al mar, piscinas, o construcciones próximas a ellas.
- Se omiten las condiciones del solar. Es necesario incorporar un plano topográfico con curvas de nivel. Para pendientes inferior al 5%, bastará un planimétrico. Faltan linderos, uso del terreno, obras anteriores, existentes, situación, disposición de acequias y drenajes. En los planos, la ubicación prevista para las obras.
- Se ignora sistemáticamente la existencia de taludes próximos. Como mínimo debería de tenerse en cuenta su influencia en la carga de hundimiento (coeficiente reductor) y la estabilidad general del conjunto. Coeficiente de seguridad de los taludes debe de ser al menos 1.5 ante cargas estáticas y 1.25 ante acciones sísmicas. Conviene tomar 2 para prevenir deformaciones.
- Falta siempre la determinación de la máxima profundidad de excavación sin entibación, o el estudio de los cortes para realización de sótanos.

ENSAYOS DE LABORATORIO

- 1 De todas las muestras obtenidas en catas o sondeos se hará una descripción detallando aquellos aspectos que no son objeto de ensayo, como el color, olor, litología de las gravas o trozos de roca, presencia de escombros o materiales artificiales, etc, así como eventuales defectos en la calidad de la muestra, para ser incluida en algunas de las categorías A o B.
- 2 El número de determinaciones del valor de un parámetro de una unidad geotécnica investigada será el adecuado para que éste sea fiable. Para una superficie de estudio de hasta 2000 m², en cada unidad de importancia geotécnica se considera orientativo el número de determinaciones que se indica en la tabla 3.7.
- 3 Deberá procurarse que los valores se obtengan de muestras procedentes de puntos de investigación diferentes, una vez que se hayan identificado como pertenecientes a la misma capa. Las determinaciones se podrán obtener mediante ensayos en laboratorio, o si es factible con ensayos in situ, aplicando las oportunas correlaciones si fueran necesarias.
- 4 Para superficies mayores se multiplicarán los números de la tabla 3.7 por $(s/2000)^{1/2}$

ENSAYOS DE LABORATORIO

Tabla 3.7. Número orientativo de determinaciones in situ o ensayos de laboratorio para superficies de estudio de hasta 2000 m²

Propiedad	Terreno	
	T-1	T-2
Identificación		
Granulometría	3	6
Plasticidad	3	5
Deformabilidad		
Arcillas y limos	4	6
Arenas	3	5
Resistencia a compresión simple		
Suelos muy blandos	4	6
Suelos blandos a duros	4	5
Suelos fisurados	5	7
Resistencia al corte		
Arcillas y Limos	3	4
Arenas	3	5
Contenido de sales agresivas	3	4

ENSAYOS DE LABORATORIO

- 5 Los ensayos indicados en la tabla 3.7 corresponden a cada unidad geotécnica que pueda ser afectada por las cimentaciones. El número de determinaciones in situ o ensayos indicados corresponde a edificios C-1 ó C-2. Para edificios C-3 ó C-4 los valores del cuadro se recomienda incrementarlos en un 50%.
- 6 Para terrenos tipo T-3 se decidirá el tipo y número de determinaciones, que nunca serán inferiores a las indicadas para el T-2.
- 7 En la tabla D.18 se indican ensayos considerados adecuados para la determinación de las propiedades más usuales de un suelo o de una roca matriz.
- 8 Los resultados de los ensayos granulométricos de suelos permitirán matizar los criterios de clasificación denominándolos con una palabra según su componente principal que podrá acompañarse de calificativos y sufijos según los componentes secundarios teniendo en cuenta el baremo de proporción en % de peso de cada fracción de suelo según se indica en las tablas D.20 y D.21.
- 9 Para la comprobación de los Estados Límite considerados en los distintos capítulos de este DB se distinguirá entre aquellos suelos cuya proporción en finos (limo + arcilla) sea inferior al 35% y los que superen dicha proporción, pudiéndose denominar unos y otros tal y como se indica en las tablas D.20 y D.21.
- 10 La acidez Baumann-Gully y el contenido en sulfatos, detectados en muestras de suelo y rocas, así como determinados componentes químicos, presentes en el agua freática, permiten clasificar la agresividad química del terreno frente al hormigón. En la tabla D.22 figura la clasificación de la agresividad química recogida en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

ENSAYOS DE LABORATORIO

- 11 Para caracterizar la agresividad del agua freática se tomará como mínimo una muestra en el 50% de los sondeos.
- 12 La normativa EHE recomienda el empleo de cementos que posean resistencia adicional a los sulfatos, según la norma UNE 80303:96, para una exposición tipo Qb, es decir, siempre que el contenido en sulfatos del terreno sea igual o mayor a 3000 mg/kg (SO_4^{2-} en suelos ≥ 3000 mg/kg) y de 600 mg/kg en el agua freática (SO_4^{2-} en aguas ≥ 600 mg/l).

CONTENIDO DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

- 1 El estudio geotécnico incluirá los antecedentes y datos recabados, los trabajos de reconocimiento efectuados, la distribución de unidades geotécnicas, los niveles freáticos, las características geotécnicas del terreno identificando en las unidades relevantes los valores característicos de los parámetros obtenidos y los coeficientes sismorresistentes si fuere necesario.
- 2 En el estudio se recogerá la distribución de unidades geotécnicas diferentes, sus espesores, extensión e identificación litológica, hasta la profundidad establecida en los reconocimientos. Para ello se elegirán los perfiles geotécnicos longitudinales y transversales que mejor representen la distribución de estas unidades. Para los edificios de categoría C-0 y C-1 el número de perfiles mínimo será de dos y para el resto de categorías será de cuatro, dos longitudinales y dos transversales. Se determinará en su caso la unidad geotécnica resistente, así como las agrupaciones de unidades geotécnicas de similares características. Igualmente se recogerá la profundidad de las aguas freáticas y, en su caso, las oscilaciones de las mismas.
- 3 De cada una de las unidades geotécnicas relevantes se dará su identificación, en los términos de las tablas de este DB, y de acuerdo con los ensayos y otra información de contraste utilizada, los parámetros esenciales para determinar la resistencias de cada unidad geotécnica, tales como densidad, rozamiento, cohesión, y los de deformabilidad, expansividad, colapso, y parámetros de agresividad de agua y terreno.

CONTENIDO DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

- 4 En municipios con aceleración sísmica de al menos 0,08 g, o si se ha solicitado expresamente, de cada sondeo, se identificará la clasificación de cada unidad geotécnica o estrato a efectos de su comportamiento sísmico, según la NSCE. Si no se ha explorado hasta 30 m de profundidad, se justificará el valor asignado a los estratos por debajo de la profundidad explorada. El coeficiente C de cada sondeo se establecerá como promedio del valor de cada estrato, ponderado con su espesor. Si los resultados de los distintos sondeos son diferentes, se concluirá, justificadamente, el valor C con el que debe obtenerse tanto la acción sísmica del emplazamiento, como el cálculo de dicho efecto en el edificio y sus cimientos. La justificación será tanto más matizada cuanto más se aparte el valor de C de 1,15
- 5 Los resultados del estudio, incluyendo la descripción del terreno, se referirán a las distintas unidades geotécnicas. Las posibles alternativas de solución de cimentación, excavación o elementos de contención en su caso, técnica y económicamente viables, se establecerán de acuerdo con los problemas planteados así como en la posible interacción con otros edificios y servicios próximos.
- 6 El estudio geotécnico contendrá un apartado expreso de conclusiones y, en su caso, a petición del proyectista o del Director de Obra, de recomendaciones constructivas en relación con la cimentación e incluirá los anejos necesarios. En el apartado de conclusiones y recomendaciones se recogerán éstas de tal forma que se puedan adoptar las soluciones más idóneas para la realización del proyecto para el que se ha hecho el estudio geotécnico. Asimismo se indicarán los posibles trabajos complementarios a realizar en fases posteriores, antes o durante la obra, a fin de subsanar las limitaciones que se hayan podido observar.
- 7 Las recomendaciones antedichas serán cualitativas y cuantitativas, concretando todos los valores necesarios con la precisión requerida para ser utilizados para el análisis y dimensionado de los cimientos, los elementos de contención o el movimiento de tierras.

CONTENIDO DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

- 8** El estudio, en cada caso, debe establecer los valores y especificaciones necesarios para el proyecto relativos a:
- a) tipo de cimentación;
 - b) cota de cimentación;
 - c) presión vertical admisible (y de hundimiento) en valor total y, en su caso, efectivo, tanto bruta como neta;
 - d) presión vertical admisible de servicio (asientos tolerables) en valor total y, en su caso, efectivo, tanto bruta como neta;
 - e) en el caso de pilotes, resistencia al hundimiento desglosada en resistencia por punta y por fuste;
 - f) parámetros geotécnicos del terreno para el dimensionado de elementos de contención. Empujes del terreno: activo, pasivo y reposo;
 - g) datos de la ley “tensiones en el terreno-desplazamiento” para el dimensionado de elementos de pantallas u otros elementos de contención;
 - h) módulos de balasto para idealizar el terreno en cálculos de dimensionado de cimentaciones y elementos de contención, mediante modelos de interacción suelo-estructura;
 - i) resistencia del terreno frente a acciones horizontales;
 - j) asientos y asientos diferenciales, esperables y admisibles para la estructura del edificio y de los elementos de contención que se pretende cimentar;

CONTENIDO DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

- 8** El estudio, en cada caso, debe establecer los valores y especificaciones necesarios para el proyecto relativos a:
- k) calificación del terreno desde el punto de vista de su ripabilidad, procedimiento de excavación y terraplenado más adecuado. Taludes estables en ambos casos, con carácter definitivo y durante la ejecución de las obras;
 - l) situación del nivel freático y variaciones previsibles. Influencia y consideración cuantitativa de los datos para el dimensionado de cimentaciones, elementos de contención, drenajes, taludes e impermeabilizaciones;
 - m) la proximidad a ríos o corrientes de agua que pudieran alimentar el nivel freático o dar lugar a la socavación de los cimientos, arrastres, erosiones o disoluciones;
 - n) cuantificación de la agresividad del terreno y de las aguas que contenga, para su calificación al objeto de establecer las medidas adecuadas a la durabilidad especificada en cimentaciones y elementos de contención, de acuerdo con los Documentos Básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales o la instrucción EHE;
 - o) caracterización del terreno y coeficientes a emplear para realizar el dimensionado bajo el efecto de la acción sísmica;
 - p) cuantificación de cuantos datos relativos al terreno y a las aguas que contenga sean necesarios para el dimensionado del edificio, en aplicación de este DB, otros Documentos Básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales o la instrucción EHE, y a otros DB, especialmente al DB-HS (Habitabilidad: Salubridad);

CONTENIDO DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

8 El estudio, en cada caso, debe establecer los valores y especificaciones necesarios para el proyecto relativos a:

q) cuantificación de los problemas que pueden afectar a la excavación especialmente en el caso de edificaciones o servicios próximos existentes y las afecciones a éstos;

r) relación de asuntos concretos, valores determinados y aspectos constructivos a confirmar después de iniciada la obra, al inicio de las excavaciones, o en el momento adecuado que así se indique, y antes de ejecutar la cimentación, los elementos de contención o los taludes previstos.

CONFIRMACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO ANTES DE LA EJECUCIÓN

Una vez iniciada la obra e iniciadas las excavaciones, a la vista del terreno excavado y para la situación precisa de los elementos de la cimentación, el **Director de Obra** apreciará la validez y suficiencia de los datos aportados por el Estudio Geotécnico, adoptando en casos de discrepancia las medidas oportunas para la adecuación de la cimentación y de la estructura a las características geotécnicas del terreno.



FIN

RECONOCIMIENTO DE SUELOS