

Artículo dieciséis.—La documentación para la obtención del pasaporte será la siguiente:

Primero.—Dos fotografías, de cada titular, tamaño carné, en blanco y negro o color, en posición de frente y descubierto, habiendo de medir la parte correspondiente al rostro un mínimo de dos centímetros de alto por uno y medio de ancho.

Segundo.—Documento nacional de identidad para los pasaportes expedidos en España, debiendo acreditar el interesado su residencia habitual cuando sea distinta a la que figure en el mismo.

Tercero.—Los varones solicitantes de pasaportes en edad militar deberán acreditar haber cumplido lo que acerca de ello dispone la Ley General del Servicio Militar, su Reglamento y disposiciones complementarias. En estos casos el plazo de validez del pasaporte y países para los que es válido quedará condicionado a la autorización que conceda la Autoridad militar correspondiente.

Cuarto.—Para los menores de edad, permiso de la persona que tenga la patria potestad o, en su caso, autorización judicial. Dicho permiso se otorgará por comparecencia ante la Oficina donde se solicite el pasaporte, o ante el Juzgado, Notario, Alcalde o Comandante de Puesto de la Guardia Civil.

Lo dispuesto en el párrafo anterior será de aplicación a las personas que ejerzan la tutela con respecto a sus pupilos.

Quinto.—Certificado de matrimonio o libro de familia si el pasaporte es familiar.

Sexto.—Certificado de antecedentes penales los mayores de dieciséis años para los pasaportes expedidos en España.

Los documentos reseñados en los apartados segundo y quinto serán devueltos en el acto una vez comprobados.

Artículo diecisiete.—Los funcionarios públicos, civiles o militares en activo podrán obtener pasaporte con la sola presentación, junto a la solicitud, de una declaración jurada suscrita por el peticionario, con el visto bueno del superior de quien dependan, en la que consten sus datos de filiación, que se encuentran en servicio activo o no se hallan sometidos a procedimiento judicial o disciplinario.

Podrán ser incluidos en dicha declaración la esposa e hijos menores de catorce años.

Artículo dieciocho.—El titular de un pasaporte que no denunciare su hurto o extravío tan pronto lo descubriera, será sancionado con multa de dos mil pesetas, que podrá alcanzar hasta diez mil pesetas, si se probase la concurrencia de mala fe o negligencia en su custodia.

Quien saliere o intentare salir del territorio nacional sin estar provisto de pasaporte o documento equivalente, o con pasaporte cuya validez haya sido suspendida de acuerdo con la presente disposición, será sancionado por los Gobernadores civiles con multa de hasta cincuenta mil pesetas.

La multa será de hasta cien mil pesetas cuando el infractor a que se refiere el párrafo anterior le hubiese sido previamente denegado o retirado el pasaporte.

Cuando el infractor fuere alguna de las personas comprendidas en el apartado d) del artículo tercero, será sancionado con multa de hasta doscientas cincuenta mil pesetas.

Los Gobernadores civiles impondrán las sanciones a que se refieren los párrafos anteriores, sin perjuicio de pasar el tanto de culpa a los Tribunales de Justicia cuando hubiere lugar.

Artículo diecinueve.—Los pasaportes diplomáticos y oficiales continuarán sometidos a las disposiciones vigentes y a aquellas otras impuestas por acuerdos o normas internacionales.

Los pasaportes para emigrantes, a que se alude en el párrafo segundo del artículo veintidós de la Ley treinta y tres mil novecientos setenta y uno, de veintiuno de julio, se regirán por las normas que específicamente se refieren a ello, además de las contenidas en el presente Real Decreto.

DISPOSICION FINAL

Por el Ministerio del Interior se dictarán las normas o disposiciones que sean necesarias para el desarrollo y cumplimiento del presente Real Decreto.

El Ministerio del Interior editará los impresos necesarios, dictará instrucciones complementarias sobre sus características y determinará los requisitos para el mejor cumplimiento de lo dispuesto al respecto por las normas internacionales en vigor y por el presente Real Decreto. Las libretas de pasaportes serán elaboradas por la Fábrica Nacional de la Moneda y Timbre.

DISPOSICION TRANSITORIA

Los pasaportes expedidos con anterioridad a la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto conservarán su validez durante el tiempo para el que hubieren sido concedidos.

DISPOSICION DEROGATORIA

Queda derogado el Decreto tres mil doscientos setenta y seis/mil novecientos setenta y uno, de veintitrés de diciembre, y cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo preceptuado en el presente Real Decreto.

Dado en Madrid a veintitrés de septiembre de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Ministro del Interior,
RODOLFO MARTIN VILLA

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO

29667

ORDEN de 25 de noviembre de 1977 por la que se aprueba la Norma Tecnológica NTE-CPI/1977. «Cimentaciones. Pilotes. In situ».

Ilustrísimo señor:

De conformidad con lo dispuesto en el Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre («Boletín Oficial del Estado» de 15 de enero de 1973), y Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio («Boletín Oficial del Estado» de 9 de julio), a propuesta de la Dirección General de Arquitectura y Tecnología de la Edificación y previo informe del Ministerio de Industria y Energía y del Consejo Superior de la Vivienda,

Este Ministerio ha resuelto:

Artículo primero.—Se aprueba la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-CPI/1977. «Cimentaciones. Pilotes. In situ».

Artículo segundo.—La presente norma tecnológica regula las actuaciones de Diseño, Cálculo, Construcción, Control, Valoración y Mantenimiento.

Artículo tercero.—La presente Norma entrará en vigor a partir de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado» y podrá ser utilizada a los efectos de lo establecido en el Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre, con la excepción prevista en la disposición final 3.ª del Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre Normativa Básica de la Edificación.

Artículo cuarto.—En el plazo de seis meses, a partir de la publicación de la presente Orden ministerial en el «Boletín Oficial del Estado», podrán ser remitidas a la Dirección General de Arquitectura y Tecnología de la Edificación (Subdirección General de Tecnología de la Edificación, Sección de Normalización) las sugerencias y observaciones que puedan mejorar el contenido o aplicación de la presente Norma.

Artículo quinto.—Estudiadas y, en su caso, consideradas las sugerencias remitidas, y a la vista de la experiencia derivada de su aplicación, la Dirección General de Arquitectura y Tecnología de la Edificación propondrá a este Ministerio las modificaciones pertinentes a la Norma aprobada por la presente Orden.

Lo que comunico a V. I. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a V. I.

Madrid, 25 de noviembre de 1977.

GARRIGUES WALKER

Ilmo. Sr. Director general de Arquitectura y Tecnología de la Edificación.



NTE

Diseño

Cimentaciones

Pilotes In situ

Foundations. Cast-in place piles. Design



CPI

1977

1. Ambito de aplicación

Cimentaciones de edificios de estructura porticada, mediante grupos de pilotes de hormigón armado ejecutado in situ, de sección circular, dispuestos verticalmente en el terreno bajo los soportes del edificio; enterrados en su totalidad y ejecutados mediante extracción de las tierras o desplazamiento de las mismas, con profundidades comprendidas entre los 8 diámetros y los 60 diámetros y no mayores de 40 m.

Los encepados de los grupos y elementos de arriostramiento se tratan en la NTE "CPE-Cimentaciones. Pilotes. Encepados".

2. Información previa

Estructural

Planos de la estructura del edificio y tipo de estructura.
Solicitaciones a que se encuentran sometidos los grupos de pilotes.

Geotécnica

Informe geotécnico según NTE "CEG-Cimentaciones. Estudios Geotécnicos".
Profundidad estimada para la cimentación.

Del entorno

Cargas que actúan en el terreno de las inmediaciones.

3. Criterio de diseño

Estratos

Identificación, a efectos de esta NTE, de los estratos del terreno de cimentación en función de su naturaleza según clasificación de Casagrande, obtenida del Informe Geotécnico.

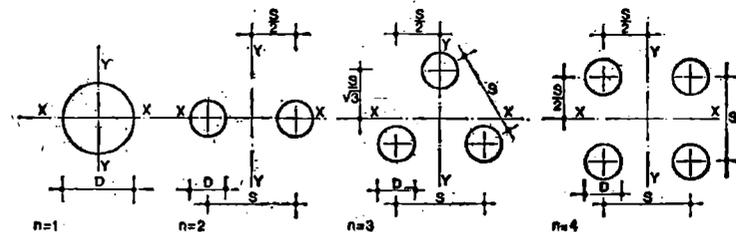
Naturaleza del estrato	Identificación del terreno
Roca sana, masiva o diaclasada	Roca
GW, GP, GS, GC o GM Roca milonitizada	Granular de gravas
SW, SP, SM o SC Roca descompuesta	Granular de arenas
ML, CL, OL, MH, CH, u OH	Coherente

Grupo de pilotes

Compuesto por n pilotes de igual diámetro D, longitud L, dispuestos en el terreno con separaciones entre ejes S, y con tipo de Hormigonado y Cemento. Los parámetros n.D.L.S. se determinan en el apartado de Cálculo.

Disposición de los n pilotes

Las disposiciones de los pilotes se ajustarán a los esquemas siguientes:



La disposición de n=1 es de aplicación únicamente cuando el diámetro D del pilote sea igual o superior a 100 cm.

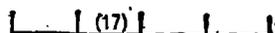
En función del sistema de puesta en obra se consideran los siguientes diámetros.

Sistema de puesta en obra	Diámetro D, en cm							
Pilotes de extracción	—	35	45	55	65	85	100	125
Pilotes de desplazamiento	30	35	45	55	65	—	—	—

Tipología de diámetros

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo - España

CI/SfB



CDU 624.155

Tipo de Hormigonado

En seco.
Para pilotajes en terrenos cuyo nivel freático está por debajo de la profundidad de la punta de los pilotes; o cuando se consiga dejar en seco la perforación durante la operación de hormigonado mediante una entubación.
En agua.
Para pilotajes en terrenos cuyo nivel freático está por encima de la profundidad de la punta de los pilotes y los no incluidos en el caso anterior.
El hormigonado en lodos tixotrópicos, se considerará a estos efectos como en agua.

Tipo de Cemento

Portland-P.
De aplicación cuando la agresividad del terreno o del agua freática, según el Informe Geotécnico, sea nula o débil.
Puzolánico-PUZ.
De aplicación cuando, la agresividad del terreno según el Informe Geotécnico sea moderada, o en ambientes marinos.
Portland resistente al yeso-PAS.
De aplicación cuando el terreno o el agua freática tengan alto contenido en yeso y estén exentos de sulfato magnésico.

Elección del pilotaje

El siguiente cuadro permite hacer, con carácter orientativo, la elección del pilotaje recomendable, en función de la naturaleza de los estratos de terreno, de la relación entre la resistencia por punta P y la resistencia por fuste F, obtenidas en el apartado de Cálculo, de la carga media por pilar y del número de pilares del edificio.
El tipo de pilotaje más adecuado coincide con la puntuación más alta, suma de la puntuación básica y de los sumandos correctores.

Terreno de cimentación		Puntuación							
Relación entre P y F	$P > 3F$	Estrato de apoyo. Roca sana masiva 10-20 o diaclasada a profundidad, en m., 20-40 entre	3	1	4	3	2	3	2
			2	0	3	3	2	2	1
		Estrato de apoyo. Coherente de consistencia dura a profundidad, en m., 20-40 entre	3	3	3	3	2	4	3
	$P \leq 3F$	Estrato de apoyo. Granular de gravas o arenas compactas a profundidad, 20-40 en m, entre	4	4	2	3	2	2	3
			3	3	2	2	2	2	2
		Estrato coherente de consistencia media prácticamente homogéneo en profundidad	2	2	2	2	2	2	2
		Estrato coherente de consistencia firme o muy firme prácticamente homogéneo en profundidad	2	2	4	1	3	5	4
		Estratos alternados coherentes medios y granulares sueltos en profundidad	3	4	2	3	2	2	3
		Estrato granular de gravas finas o arenas sueltas en profundidad	3	5	1	2	1	NO	1
		Estrato granular de gravas en profundidad	2	3	3	2	2	2	3
Atraviesa antes de llegar a las capas portantes o en las mismas									
Capas de gravas sin cementar, capas finas de areniscas, etc. bolos pequeños		-1,5	-1,0	+1,0	+1,0	+0,5	+0,5	+0,5	
Bolos grandes, cimientos antiguos, gravas cementadas		NQ	NO	+1,5	+1,5	+0,5	NO	NO	
Capas de terreno granular fino en presencia de agua		-1,5	-1,0	-1,5	+0,5	-1,5	-2,0	-1,5	
Flujo de agua en el terreno.		-2,0	-1,5	-2,0	0,0	-2,0	NO	-2,0	
Medio agresivo para el hormigón fresco		-2,0	-1,5	-2,5	0,0	-2,0	-2,5	-2,0	
Carga media por pilar de la estructura, en t	0-200	+0,5	+0,5	+1,0	+1,0	+0,5	0,0	+0,5	
	200-500	0,0	0,0	+0,5	+0,5	0,0	+0,5	0,0	
	Número de pilares del edificio	< 20	-1,0	-1,0	+2,0	+1,0	+0,5	+0,5	+1,0
	20-100	0,0	0,0	+1,0	+0,5	0,0	+0,5	+0,5	
	> 100	+0,5	-0,5	0,0	0,0	-0,5	+1,0	0,0	
		CPI-2	CPI-3	CPI-4	CPI-5	CPI-6	CPI-7	CPI-8	
		Especificación							

La indicación NO en el cuadro, equivale a considerar que no debe emplearse el tipo de pilotaje a que se hace referencia en las circunstancias que se consideran.



2

NTE

Diseño

Especificación

CPI- 2 Grupo de pilotes de desplazamiento con azuche -n-D-L-S-Hormigonado-Cemento

CPI- 3 Grupo de pilotes de desplazamiento con tapón de gravas-n-D-L-S-Hormigonado-Cemento

CPI- 4 Grupo de pilotes de extracción con entubación recuperable-n-D-L-S-Hormigonado-Cemento

CPI- 5 Grupo de pilotes de extracción con camisa perdida-n-D-L-S-C-Hormigonado-Cemento

CPI- 6 Grupo de pilotes perforados sin entubación con lodos tixotrópicos-n-D-L-S-Hormigonado-Cemento

CPI- 7 Grupo de pilotes barrados sin entubación-n-D-L-S-Hormigonado-Cemento

CPI- 8 Grupo de pilotes barrados. Hormigonado por tubo central de barrena -n-D-L-S-Hormigonado-Cemento

4. Planos de obra

CPI-Plantas

CPI-Detalles

Cimentaciones

Pilotes In situ

Foundations. Cast-in place piles. Design



2

CPI

1977

Símbolo Aplicación

CPI-2

Usualmente como pilotaje de poca profundidad trabajando por punta, apoyado en roca o capas duras de terreno, después de atravesar capas blandas. También como pilotaje trabajando por fuste y punta en terrenos granulares medios o flojos, o en terrenos de capas alternadas coherentes y granulares de alguna consistencia.

CPI-3

Usualmente como pilotaje trabajando por fuste en terrenos granulares de compactad media o en terrenos con capas alternadas coherentes y granulares de alguna consistencia.

CPI-4

Usualmente como pilotaje de poca profundidad trabajando por punta, apoyado en roca. También como pilotaje trabajando por fuste en terreno coherente de consistencia firme, prácticamente homogéneo.

CPI-5

Usualmente como pilotaje trabajando por punta apoyado en roca o capas duras de terreno y siempre que se atraviesen capas de terreno incoherente fino en presencia de agua, o exista flujo de agua y en algunos casos con capas de terreno coherente blando; cuando existan capas agresivas al hormigón fresco. Camisa. Se utilizará para proteger un tramo de los pilotes expuesto a la acción de un terreno agresivo al hormigón fresco o a un flujo de agua. La longitud C del tubo que constituye la camisa, será tal que suspendida desde la boca de la perforación profundice dos diámetros por debajo de la capa peligrosa.

CPI-6

Usualmente como pilotaje trabajando por punta, apoyado en roca o capas duras de terreno. Cuando se atraviesen capas blandas que se mantengan sin desprendimientos por efecto de los lodos.

CPI-7

Usualmente como pilotaje trabajando por punta, apoyado en capa de terreno coherente duro. También como pilotaje trabajando por fuste en terreno coherente de consistencia firme prácticamente homogéneo o coherente de consistencia media en el que no se produzcan desprendimientos de las paredes.

CPI-8

Usualmente como pilotaje trabajando por punta, apoyado en roca o capas duras de terreno. También como pilotaje trabajando por fuste y punta en terrenos de compactad o consistencia media, o en terrenos de capas alternadas coherentes y granulares de alguna consistencia.

Escala

Representación de cada grupo de pilotes numerado, en la planta de cimentación con indicación de la especificación utilizada. Relación de la especificación correspondiente a cada grupo numerado, con expresión del valor dado a sus parámetros.

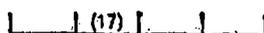
1:100

Representación gráfica de los detalles de elementos para los cuales no se haya adoptado o no exista especificación NTE.

1:20

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo - España

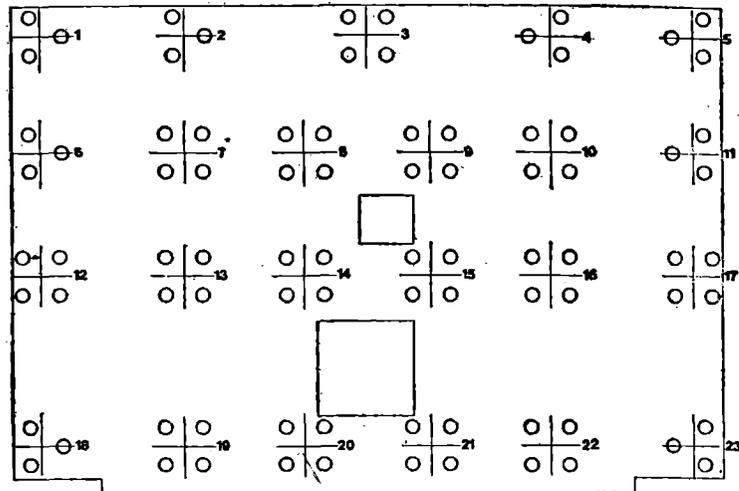
CI/S1B



CDU 624.155

5. Esquema

Esquema realizado con expresión en planta de los pilotes e indicación de la especificación utilizada.



Planta

Especificación	Grupo de pilotes	n	D cm	L m	C m	S cm	Hormigonado	Cemento
CPI-4	1, 2, 4, 5, 6, 11, 18	3	45	21		90	En seco	Portland-P
	3, 8, 9, 12, 19, 20	4	45	21		90	En seco	Portland-P
	7, 10, 13, 14, 15, 16	4	65	21		130	En seco	Portland-P
CPI-5	23	3	45	21	16	90	En agua	Portland-P
	17, 21, 22	4	45	21	16	90	En agua	Portland-P



NTE

Cálculo

Cimentaciones

Pilotes In situ

Foundations. Cast-in place piles. Calculation



CPI

1977

1. Bases de cálculo

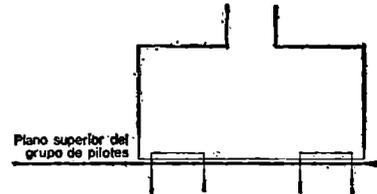
Solicitaciones en el grupo de pilotes

Conjunto de esfuerzos, sin mayorar, a que se encuentra sometido el grupo de pilotes en su plano superior, según se indicará en el esquema adjunto.

Q Carga axil resultante sobre el grupo, en t.

M_x Momento resultante respecto al eje x del grupo, en mt.

M_y Momento resultante respecto al eje y del grupo, en mt.



Los ejes x e y a los que se hace referencia, son los indicados en el apartado de Diseño para cada grupo de n pilotes.
Si M_x y/o M_y son nulos, significa que dichos momentos han sido equilibrados a nivel de encepados, por elementos estructurales dispuestos al efecto.

Limitaciones en los esfuerzos horizontales.

Son los esfuerzos debidos al viento y efectos sísmicos.
Las soluciones constructivas y el cálculo del pilotaje en la presente NTE, hacen posible, al prescindir de la consideración de dichos esfuerzos horizontales, siempre que la máxima componente horizontal sea inferior al 5% de la menor componente vertical compatible con ella.

Características de los materiales

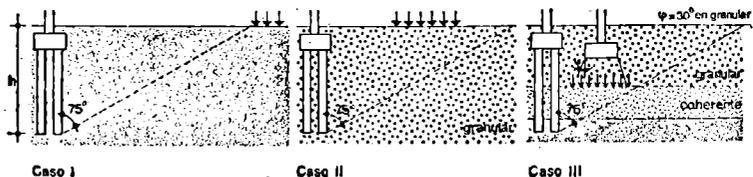
Hormigón: H-175. Resistencia característica a compresión a los 28 días, 175 kg/cm².
Acero: AE-42 en barras corrugadas. Límite elástico 4.200 kg/cm².
AE-22L en barras lisas. Límite elástico 2.200 kg/cm².

Características del terreno

Características del terreno de cimentación, por estrato:
- Naturaleza y estado natural.
- Posición de los niveles freáticos.
- Características mecánicas definidas por alguna de las siguientes determinaciones:
R_u Tensión de rotura a compresión simple, en kg/cm².
R_p Resistencia a la penetración estática, en kg/cm².
N Número de golpes en el ensayo estándar de penetración dinámica.

Esfuerzos laterales en el pilotaje

Esfuerzos laterales sobre los pilotes, producidos por cargas actuando en el terreno de las inmediaciones.
El cálculo de esta NTE es de aplicación en los siguientes casos:
Caso I. Cuando las cargas están situadas a una distancia de los pilotes $\geq h \cdot \text{tg } 75^\circ$, de acuerdo con el esquema adjunto.
Caso II. Cuando las cargas están situadas a una distancia de los pilotes $< h \cdot \text{tg } 75^\circ$ y el terreno es granular, de acuerdo con el esquema adjunto.
Caso III. Cuando las cargas están situadas a una distancia de los pilotes $< h \cdot \text{tg } 75^\circ$, el terreno contiene alguna capa coherente, y la carga unitaria aplicada sobre ella es igual o menor de vez y media su resistencia a compresión simple, de acuerdo con el esquema adjunto.



Rozamiento negativo

El cálculo de esta NTE es de aplicación cuando el rozamiento negativo sobre los pilotes es producido por la consolidación de una capa de terreno coherente de consistencia blanda o muy blanda, debida a:

- Caso a) Colocación reciente de un relleno sobre dicha capa.
- Caso b) Asentamiento de la capa de terreno coherente de consistencia blanda o muy blanda, por tratarse de un relleno reciente.
- Caso c) Hincas de pilotes, cuando la capa de terreno coherente de consistencia blanda o muy blanda tenga susceptibilidad tixotrópica elevada, en general con contenido de humedad igual o mayor que el límite líquido.
- Caso d) Rebajamiento reciente del nivel piezométrico del agua freática.

Estrato de roca de pequeño espesor

Quando el Informe Geotécnico indique la existencia de capas de terreno granular o coherente por debajo de un estrato de roca que tenga un espesor menor de 4D por debajo de la punta de los pilotes del grupo, se precisa un estudio especial, no contemplado en el Cálculo de esta NTE, para comprobar la resistencia al hundimiento de dicha capa y el posible punzonamiento del estrato de roca.

Capas blandas

Quando el Informe Geotécnico indique la existencia de capas de terreno de consistencia blanda, o muy blanda, o de compacidad suelta, o muy suelta, por debajo de la profundidad estimada para la cimentación al determinar la profundidad de la campaña de reconocimiento, se precisa un estudio especial, no contemplado en el Cálculo de esta NTE, para comprobar la resistencia al hundimiento de dicha capa y los posibles asientos suplementarios.

2. Proceso de cálculo

El número de pilotes del grupo n , el diámetro D , en cm, la longitud L , en m, la separación entre ejes de pilotes del grupo S , en cm, y la resistencia estructural T , en t, se determinan de forma que se cumplan las relaciones siguientes: $E \leq c(P+F)$ y $E \leq c'T$

Siendo:

- E Carga axil equivalente determinada en la Tabla 1.
- c Coeficiente determinado en la Tabla 2.
- P Resistencia de un pilote por punta, determinada en las Tablas 3 a 6, para cada tipo de terreno.
- F Resistencia de un pilote por fuste, determinada en las Tablas 7 a 9, para cada tipo de terreno.
- c' Coeficiente determinado en la Tabla 15.
- T Resistencia estructural de un pilote determinado en la Tabla 16.

Rozamiento negativo

En los pilotes con rozamiento negativo se comprobará, además:

Si $P > 3F$; $E \leq c(P+F-R_1)$, y $E \leq c'(T-0,4R_1)$

Si $P \leq 3F$; $E \leq c(P+F-R_2)$, y $E \leq c'(T-0,4R_2)$

Siendo:

- R_1 Rozamiento negativo determinado en las Tablas 10 y 11, para cada caso.
- R_2 Rozamiento negativo determinado en la Tabla 12.

Comprobación de asientos

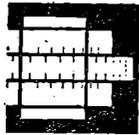
Quando la punta de los pilotes del grupo no quede dispuesta en roca, o en terreno granular de compacidad densa o muy densa sin capas por debajo de menor compacidad, se comprobará que los asientos, determinados para cada tipo de terreno en las Tablas 13 y 14, son admisibles.

El asiento total máximo admisible se determina en el siguiente cuadro en función del tipo de estructura de la modulación media entre apoyos de la misma y del tipo de terreno de cimentación.

Tipo de estructura	Modulación media entre apoyos, en m	Terreno	
		Granular	Coherente
De hormigón armado de gran rigidez	5	25	35
	7	35	50
	10	50	75
De hormigón armado de pequeña rigidez. De acero, hiperestática	5	45	60
	7	55	85
	10	80	120
De acero, isostática	5	60	90
	7	75	125
	10	100	180
		Asiento total máximo admisible A , en mm	

Separación entre ejes de pilotes

La separación entre ejes de pilotes del grupo dependiendo de la forma de trabajo calculada se determina en la Tabla 17.



2

NTE

Cálculo

Cimentaciones

Pilotes In situ

Foundations. Cast-in place piles. Calculation



4

CPI

1977

3. Cálculo de n, D y L

Predimensionado

El predimensionado de n y D de un grupo de pilotes, se concreta con la aplicación de las condiciones siguientes:

a) La relación que se establece en el cuadro adjunto entre el número de pilotes n, el diámetro D en cm, de los mismos y la carga axil Q en t.

Número de pilotes n	Carga axil Q, en t															
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550
1							100	100	100	100	125	125	125	125		
2	30	35	45	55	55	55	65	65	65	85	85	85	85	100	100	100
3	30	30	35	45	45	45	55	55	55	65	65	65	65	85	85	85
4	30	30	35	45	45	45	45	55	55	55	55	55	65	65	65	85

Diámetro D, en cm

b) Las limitaciones que tiene el grupo de pilotes para absorber los momentos Mx y My, según varíe el número n, de los pilotes.

Si se utiliza n=1, que Mx=My=0

Si se utiliza n=2, que Mx=0

Si se utiliza n=3, que Mx ≥ 1,75 My

Si se utiliza n=4, no existe limitación específica dada la doble simetría del grupo.

Se tomarán para Mx y My los valores de la combinación posible más desfavorable.

El predimensionado de la longitud L en m, de los pilotes del grupo, se fija a partir de la profundidad estimada para el pilotaje al determinar la profundidad de la campaña de reconocimiento en la NTE "CEG-Cimentaciones. Estudios Geotécnicos".

Carga axil equivalente E

La carga axil equivalente E, en t, del grupo de n pilotes, se determina en la Tabla 1 en función del diámetro de los pilotes D en cm, de la carga axil Q, en t, y del momento equivalente M, en mt.

El valor del momento M, en mt, se establece a continuación, en función del número de pilotes del grupo n, y de los momentos Mx y My, en mt, de manera que:

Si n = 2, M = My

Si n = 3, M = 1,75 Mx

Si n = 4, M = Mx + My

Tabla 1



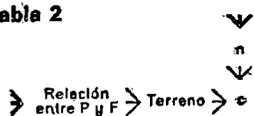
Diámetro D, en cm	Momento equivalente M, en mt														
	30	35	45	55	65	75	85	90	10,5	12,0	13,5	15,0	16,5	18,0	20,0
30	0	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0				
35	0	1,7	3,5	5,2	7,0	8,7	10,5	12,2	14,0	15,7	17,5				
45	0	2,2	4,5	6,7	9,0	11,2	13,5	15,7	18,0	20,2	22,5				
55	0	2,7	5,5	8,2	11,0	13,7	16,5	19,2	22,0	24,7	27,5				
65	0	3,2	6,5	9,7	13,0	16,2	19,5	22,7	26,0	29,2	32,5				
85	0	4,2	8,5	12,7	17,0	21,2	25,5	29,7	34,0	38,5	42,5				
100	0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0				
50	50	55	60												
75	75	80	85	90											
100	100	105	110	115	120										
125	125	130	135	140	145	150									
150	150	155	160	165	170	175	180								
175	175	180	185	190	195	200	205	210							
200	200	205	210	215	220	225	230	235	240						
225	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270					
250	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300				
275	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325				
300	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350				
350	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395	400				
400	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445	450				
450	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500				
500	500	505	510	515	520	525	530	535	540	545	550				
550	550	555	560	565	570	575	580	585	590	595					

Carga axil equivalente E, en t

Coefficiente c

El coeficiente c, se determina en la Tabla 2, en función de la relación entre la resistencia de un pilote por punta P y la resistencia por fuste F, del terreno, y del número de pilotes del grupo n.

Tabla 2



Relación entre P y F	Terreno	Número de pilotes del grupo, n			
		1	2	3	4
P > 3 F	cualquiera	0,33	0,67	1,00	1,33
P ≤ 3 F	granular	0,33	0,67	1,00	1,33
	coherente	0,29	0,57	0,86	1,14

Coeficiente c

Resistencia por punta P

La resistencia de un pilote por punta P, en t, se determina a continuación para cada tipo de terreno.

Roca

El valor de P, en t, se determina en la Tabla 3, en función del tipo de roca, de la penetración en número de diámetros y del diámetro del pilote D, en cm.

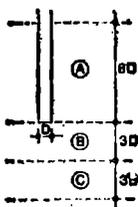
Tabla 3



Tipo de roca	Penetración en número de diámetros	Diámetro D, en cm							
		30	35	45	55	65	85	100	125
Granito, pórfido, diabasa y granodioritas sanas masivas o moderadamente diaclasadas	1,00 D	100,5	135,6	221,5	328,3	466,1	774,4	1.068,1	1.662,4
	0,50 D	80,0	118,7	193,8	287,3	399,0	677,6	934,6	1.454,6
Caliza compacta no margosa	1,50 D	107,4	149,9	236,7	350,9	487,4	827,6	1.141,6	1.776,7
	0,75 D	89,5	120,8	197,3	292,4	406,2	689,7	951,3	1.480,6
Arenisca compacta, aceptable como material de construcción	1,50 D	99,0	133,5	218,0	323,2	448,9	762,3	1.051,5	1.536,5
	1,00 D	88,0	118,7	193,8	287,3	399,0	677,6	934,6	1.454,6
Pizarra dura aceptable como material de construcción	2,00 D	94,3	127,1	207,6	307,8	427,6	726,0	1.001,4	1.558,5
	1,50 D	84,8	114,4	186,9	277,0	384,8	653,4	901,2	1.402,7
	1,00 D	75,4	101,7	166,1	246,2	342,0	580,8	801,1	1.246,8
Pizarra arcillosa, micacita y rocas esquistosas blandas	4,00 D	74,8	100,9	164,7	244,2	339,2	576,0	794,4	1.236,4
	3,00 D	64,0	86,5	141,2	209,3	290,7	493,7	680,9	1.059,8
	2,50 D	58,8	79,3	129,4	191,8	266,5	452,5	624,2	971,5
	2,00 D	53,4	72,0	117,7	174,4	242,3	411,4	567,5	883,2
	1,50 D	48,1	64,8	105,9	157,0	218,1	370,3	510,7	794,8

Resistencia por punta P, en t

Los valores de esta tabla incluyen, además de la resistencia por la punta propiamente dicha, la resistencia correspondiente al trozo de fuste empotrado en la roca.



Granular de arenas

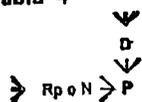
El valor de P, en t, se determina en la Tabla 4, en función de la resistencia a la penetración estática Rp, en kg/cm², o del número de golpes en el ensayo estándar de penetración dinámica N, y del diámetro del pilote D, en cm.

Se consideran tres zonas de terreno:

A. zona activa superior, B. zona activa inferior y C. zona de seguridad de acuerdo con el esquema adjunto. La zona C; sólo se considera cuando su resistencia es inferior a la de la zona B.

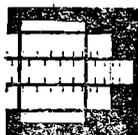
El valor de Rp o N para entrar en la Tabla 4, es la media aritmética de los Rp o N, de las zonas A y B + C. El valor de Rp o N en las zonas A y B + C, se determina con el cociente entre la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos que la componen, por sus Rp o N, y la suma de dichos espesores.

Tabla 4



Rp en kg/cm²	N	Diámetro D, en cm							
		30	35	45	55	65	85	100	125
20	5	14,1	19,2	31,8	45,8	63,5	106,9	146,3	222,7
30	7	21,2	28,9	47,7	67,4	93,1	155,8	212,1	319,3
40	10	28,3	38,5	63,6	88,3	121,6	201,9	273,7	407,7
50	14	42,4	56,7	95,4	128,0	175,0	287,1	385,6	563,5
60	18	56,5	77,0	127,2	165,0	224,2	363,8	484,8	697,3
100	22	70,7	96,2	159,0	199,7	269,8	433,2	573,3	812,7
120	26	84,8	115,5	190,8	230,7	309,2	490,6	646,4	901,2
140	30	99,0	134,7	222,7	259,5	345,1	541,9	711,2	977,3
160	34	118,1	154,0	254,5	286,2	378,2	588,0	769,1	1.043,8
180	37	127,2	173,2	286,3	311,2	408,6	629,7	821,0	1.101,2
200	40	141,4	192,4	318,1	334,6	436,6	667,6	867,9	1.152,3

Resistencia por punta P, en t



3

NTE

Cálculo

Cimentaciones

Pilotes In situ

Foundations. Cast-in place piles. Calculation



5

CPI

1977

Reglas complementarias

- Estrato coherente intercalado en la zona A. Si es de consistencia blanda o muy blanda, la zona A queda reducida a los estratos situados por debajo del estrato coherente. Si es de consistencia media o superior, se considera que el estrato es granular y con el valor de R_p que realmente tiene.
- Estrato coherente intercalado en la zona B o C. Si es de consistencia media o superior, el valor de la resistencia por punta P , se establece a continuación, en función del espesor del estrato e , y de la zona en que esté situado.

$e \geq D$, en la zona B: El menor de los valores P_1 y P_2

$e \geq D$, en la zona C: Si $P_1 \leq P_2$, se considera.

Si $P_1 > P_2$,

$$P = P_1$$

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

$e < D$, en la zona B: Si $P_1 \leq P_2$,

Si $P_1 > P_2$,

$$P = P_1$$

$$P = P_1 - \frac{e}{D}(P_1 - P_2)$$

$e < D$, en la zona C: Si $P_1 \leq P_2$,

Si $P_1 > P_2$,

$$P = P_1$$

$$P = P_1 - \frac{e}{2D}(P_1 - P_2)$$

El valor P_1 , se determina considerando que el estrato coherente es granular, y que su R_p o N , es el menor entre los de los estratos que lo limitan.

El valor P_2 , se determina de acuerdo con el apartado de terreno coherente, considerando que la zona B + C es coherente y que su resistencia a la penetración estática R_p , es la del estrato coherente.

Granular de gravas

El valor de P en t, se determina en la Tabla 5, en función del tipo de gravas según el Informe Geotécnico, de la penetración en número de diámetros de pilotes en dicha capa de gravas, y del diámetro del pilote D , en cm.

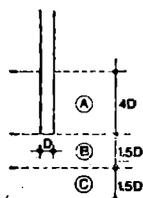
Tabla 5



Tipo de gravas	Penetración en número de diámetros	Diámetro D, en cm							
		30	35	45	55	65	85	100	125
Limpias GW o GP	2 D	84,1	114,4	189,1	199,0	259,6	397,0	516,1	685,2
	4 D	100,0	136,0	224,9	236,6	308,7	472,1	613,7	814,8
	6 D	118,9	161,8	267,6	281,4	367,1	561,4	729,8	969,0
	8 D	141,4	192,4	318,1	334,6	436,6	667,6	867,9	1152,3
Arenosas GS	2 D	50,4	68,7	113,6	137,2	183,9	291,7	384,4	535,9
	4 D	60,0	81,7	134,6	163,1	218,6	346,9	457,1	637,2
	6 D	71,3	97,1	160,4	194,0	260,0	412,5	543,6	757,8
	8 D	84,8	115,6	190,8	230,7	309,2	490,6	646,4	901,2
Arcillosas o limosas GC o GM	2 D	25,2	34,3	56,7	76,1	104,1	170,7	229,3	335,2
	4 D	30,0	40,8	67,6	90,6	123,7	203,0	272,7	398,7
	6 D	35,7	48,6	80,2	107,6	147,2	241,4	324,2	474,1
	8 D	42,4	57,7	95,4	128,0	176,0	287,1	385,6	563,8

Resistencia por punta P , en t

Los valores de esta Tabla, no incluyen la resistencia correspondiente al trozo de fuste empotrado en la capa de gravas.



Coherente

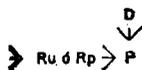
El valor de P, en t, se determina en la Tabla 6, en función de la tensión de rotura a compresión simple Ru en kg/cm², o de la resistencia a la penetración estática Rp, en kg/cm², y del diámetro del pilote D, en cm.

Se consideran tres zonas de terreno:

A. zona activa superior, B. zona activa inferior y C. zona de seguridad, de acuerdo con el esquema adjunto. La zona C, sólo se considera cuando su resistencia es inferior a la de la zona B.

El valor de Ru o Rp, para entrar en la Tabla 6, es la media aritmética de los Ru o Rp, de las zonas A y B + C. El valor de Ru o Rp en las zonas A y B + C, se determina con el cociente entre, la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos que la componen, por sus Ru o Rp, y la suma de dichos espesores.

Tabla



Ru, en kg/cm ²	Rp, en kg/cm ²	Diámetro D, en cm							
		30	35	45	55	65	85	100	125
2,5	19	7,9	10,8	17,8	26,7	37,3	63,8	88,3	138,0
5,0	38	15,9	21,6	35,7	53,4	74,6	127,6	176,7	276,1
7,5	57	23,8	32,4	53,6	80,1	111,9	191,5	265,0	414,1
10,0	75	31,8	43,2	71,5	106,9	149,8	255,3	353,4	552,2
12,5	94	39,7	54,1	89,4	133,5	186,6	319,1	441,7	690,2
15,0	113	47,7	64,9	107,3	160,3	223,9	383,0	530,1	828,3
17,5	132	55,6	75,7	125,2	187,0	261,3	446,8	618,4	966,4
20,0	150	63,6	86,5	143,1	213,7	298,6	510,7	706,8	1.104,0

Resistencia por punta P, en t

Regla complementaria

- Estrato granular intercalado en la zona A, B o C.

Se considera que el estrato es coherente, y que su Ru ó Rp es la menor entre las de los estratos que lo limitan.

Resistencia por fuste F

La resistencia de un pilote por fuste F, en t, se determina a continuación para cada tipo de terreno.

Granular de arenas

El valor de F, en t, se determina con la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos por su resistencia unitaria por fuste Fi, en t/m, determinada en la Tabla 7, en función de la resistencia a la penetración estática Rp, en kg/cm², o del número de golpes en el ensayo estandar de penetración dinámica N, y del diámetro del pilote D, en cm.

Tabla 7



Rp en kg/cm ²	N	Diámetro D, en cm							
		30	35	45	55	65	85	100	125
20	5	2,8	3,3	4,2	5,2	6,1	8,0	9,4	11,8
30	7	3,5	4,1	5,3	6,5	7,7	10,0	11,8	14,7
40	10	3,9	4,5	5,8	7,1	8,4	10,9	12,9	16,1
60	14	4,8	5,6	7,2	8,8	10,4	13,6	16,0	20,0
80	18	5,6	6,6	8,5	10,4	12,2	16,0	18,8	23,6
100	22	6,5	7,5	9,7	11,9	14,1	18,4	21,7	27,1
120	26	7,2	8,5	10,9	13,3	15,7	20,6	24,2	29,0
140	30	8,0	9,3	12,0	14,7	17,3	22,7	26,7	33,4
160	34	8,6	10,0	12,9	15,7	18,6	24,3	28,6	35,7
180	37	9,0	10,5	13,6	16,6	19,6	25,6	30,1	37,7
200	40	9,4	11,0	14,1	17,3	20,4	26,7	31,4	39,3

Resistencia unitaria por fuste Fi, en t/m

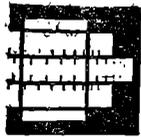
Regla complementaria

- Estrato coherente intercalado.

Si es de consistencia blanda o muy blanda, el valor Fi de los estratos situados por encima, se considera no mayor del triple del correspondiente al estrato coherente.

Granular de gravas

El valor de F, en t, se determina con la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos por su resistencia unitaria por fuste Fi, en t/m, determinada en la Tabla 8, en función del tipo de gravas y del diámetro del pilote D, en cm.



4

NTE

Cálculo

Cimentaciones

Pilotes In situ

Foundations. Cast-in place piles. Calculation



6

CPI

1977

Tabla 8



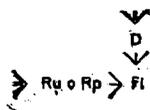
Tipo de gravas	Diámetro D, en cm.							
	30	35	45	55	65	85	100	125
Limpias GW ó GP	9,4	11,0	14,1	17,3	20,4	26,7	31,4	39,3
Arenosas GS	7,3	8,5	10,9	13,3	15,7	20,6	24,2	30,2
Arcillosas o limosas GC ó GM	4,8	5,6	7,2	8,8	10,4	13,6	16,0	20,0

Resistencia unitaria por fuste Fi, en t/m

Coherente

El valor de F, en t, se determina con la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos por su resistencia unitaria por el fuste Fi, en t/m, determinada en la Tabla 9, en función de la tensión de rotura a compresión simple Ru, en kg/cm², o de la resistencia a la penetración estática Rp, en kg/cm², y del diámetro del pilote D, en cm.

Tabla 9



Ru, en kg/cm ²	Rp, en kg/cm ²	Diámetro D, en cm							
		30	35	45	55	65	85	100	125
0,10	0,75	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,3	1,5	1,9
0,20	1,50	0,9	1,0	1,4	1,7	2,0	2,6	3,1	3,9
0,30	2,25	1,4	1,6	2,1	2,5	3,0	4,0	4,7	6,8
0,40	3,00	1,7	2,0	2,8	3,2	3,8	5,0	5,9	7,4
0,50	4,00	2,1	2,5	3,2	3,9	4,6	6,1	7,2	9,0
0,75	6,00	2,8	3,2	4,2	5,1	6,1	8,0	9,4	11,7
1,00	7,50	3,2	3,8	4,9	6,0	7,1	9,3	10,9	13,7
1,25	9,50	3,5	4,1	5,3	6,5	7,7	10,1	11,9	14,8
1,50	12,00	3,8	4,4	5,7	7,0	8,3	10,9	12,8	16,0
2,00	15,00	4,2	4,9	6,3	7,7	9,1	12,0	14,1	17,6
2,50	18,50	4,5	5,2	6,8	8,3	9,8	12,9	15,2	19,0
3,00	22,50	4,9	5,7	7,4	9,0	10,7	14,0	16,4	20,6
4,00	30,00	5,6	6,5	8,4	10,3	12,2	16,0	18,8	23,6
5,00	37,00	6,2	7,2	9,3	11,4	13,5	17,7	20,8	26,0
7,50	56,00	7,8	9,0	11,7	14,2	16,9	22,1	26,0	32,5
10,00	75,00	9,4	10,9	14,1	17,2	20,4	26,7	31,4	39,2

Resistencia unitaria por fuste Fi, en t/m

Reglas complementarias.

- Estrato coherente de consistencia blanda o muy blanda. El valor Fi de los estratos situados por encima, se considera no mayor del triple del correspondiente al estrato coherente de consistencia blanda o muy blanda.
- Estrato granular intercalado. El valor Fi, se determina de acuerdo con el apartado de terreno granular, considerándose un valor no mayor del doble del correspondiente a los estratos inferiores.
- Estratos superiores de consistencia media o superior, y con límite líquido >40. El valor Fi de los estratos comprendidos en los dos metros superiores del terreno, se considera nulo.

Rozamiento negativo

Determinación de R_t

Cuando $P > 3F$ el rozamiento negativo R_t en t, sobre un pilote, se determina del modo siguiente:

- En los casos a, b y c, señalados en las Bases de Cálculo de esta NTE, el valor de R_t se obtiene como producto del espesor de la capa blanda por el rozamiento negativo unitario R_i , en t/m determinado en la Tabla 10, en función de p, u y D.

Siendo:

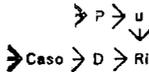
p: Sobrecarga sobre la capa, en t/m².

D: Diámetro del pilote, en cm.

u: Producto del espesor de la capa, en m, por su peso específico efectivo en t/m³.

El peso específico es, por encima del nivel piezométrico, el real del terreno húmedo; por debajo, el del terreno saturado menos el peso específico del agua.

Tabla 10



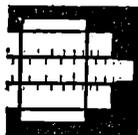
		Producto del espesor de la capa por su peso específico efectivo u, en t/m ³															
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Sobrecarga p, en t/m ²	1																
	2																
	3																
	4																
	5																
	6																
	7																
	8																
	9																
	10																
	Caso a o b	30	0,24	0,47	0,71	0,94	1,18	1,41	1,65	1,88	2,12	2,36	2,59	2,83	3,06	3,30	3,53
35		0,27	0,55	0,82	1,10	1,37	1,65	1,92	2,20	2,47	2,75	3,02	3,30	3,57	3,85	4,12	
45		0,35	0,71	1,06	1,41	1,77	2,12	2,47	2,83	3,18	3,53	3,89	4,24	4,59	4,95	5,30	
55		0,43	0,86	1,30	1,73	2,16	2,59	3,02	3,46	3,89	4,32	4,75	5,18	5,62	6,05	6,48	
65		0,51	1,02	1,53	2,04	2,55	3,06	3,57	4,08	4,59	5,11	5,62	6,13	6,64	7,15	7,66	
85		0,66	1,33	2,00	2,67	3,33	4,00	4,67	5,34	6,00	6,67	7,34	8,01	8,67	9,34	10,01	
100		0,78	1,57	2,35	3,14	3,92	4,71	5,49	6,28	7,06	7,85	8,63	9,42	10,21	10,99	11,78	
125	0,98	1,96	2,94	3,92	4,90	5,89	6,87	7,85	8,83	9,81	10,79	11,78	12,76	13,74	14,72		
Caso c	30	0,09	0,18	0,28	0,37	0,47	0,56	0,65	0,75	0,84	0,94	1,03	1,13	1,22	1,31	1,41	
	35	0,10	0,21	0,32	0,43	0,54	0,65	0,76	0,87	0,99	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	
	45	0,14	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	0,98	1,13	1,27	1,41	1,55	1,69	1,83	1,97	2,12	
	55	0,17	0,34	0,51	0,69	0,86	1,03	1,20	1,38	1,55	1,72	1,90	2,07	2,24	2,41	2,59	
	65	0,20	0,40	0,61	0,81	1,02	1,22	1,42	1,63	1,83	2,04	2,24	2,45	2,65	2,85	3,06	
	85	0,26	0,53	0,80	1,06	1,33	1,60	1,86	2,13	2,40	2,67	2,93	3,20	3,47	3,73	4,00	
	100	0,31	0,62	0,94	1,25	1,57	1,88	2,19	2,51	2,82	3,14	3,45	3,76	4,08	4,39	4,71	
125	0,39	0,78	1,17	1,57	1,96	2,35	2,74	3,14	3,53	3,92	4,31	4,71	5,10	5,49	5,89		
D en cm		Rozamiento negativo unitario R_i , en t/m															

• En el caso d, el valor de R_t en t, se obtiene directamente en la Tabla 11, en función de la longitud l en m, de pilote hincado en las capas que puedan asentar (lo que incluye todas las blandas y las que se encuentren sobre ellas), del diámetro D en cm, y del rebajamiento relativo, definido como cociente entre el rebajamiento del nivel piezométrico t en m, y la longitud l, en m, antes definida.

Tabla 11



Longitud l, en m	Rebajamiento relativo r/l				Diámetro D, en cm							
	0,2	0,4	0,6	1,0	30	35	45	55	65	85	100	125
4,9	4,4	4,2	4	3,8	4,4	5,7	6,9					
7,3	6,6	6,3	6	8,5	9,9	12,7	15,6	18,4	24,0			
9,7	8,8	8,3	8	15,1	17,6	22,6	27,6	32,7	42,7	50,3	62,8	
12,1	11,0	10,4	10	23,6	27,5	35,3	43,2	51,1	66,8	78,5	93,2	
14,6	13,3	12,5	12	33,9	39,6	50,9	62,2	73,5	96,1	113,1	141,4	
17,0	15,5	14,6	14	46,2	53,9	69,3	84,7	100,1	130,8	163,9	192,4	
19,4	17,7	16,7	16	60,3	70,4	90,5	110,6	130,7	170,9	201,1	251,3	
21,8	19,9	18,8	18		89,1	114,5	140,0	165,4	216,3	254,5	318,1	
24,3	22,1	20,9	20				172,8	204,2	267,0	314,2	392,7	
30,3	27,6	26,1	25					319,1	417,2	490,9	613,6	
36,4	33,1	31,3	30							706,9	883,6	
42,4	38,7	36,5	35								1202,6	
												Rozamiento negativo R_t , en t



5

NTE

Cálculo

Cimentaciones

**Pilotes
In situ**

Foundations. Cast-in place piles. Calculation



7

CPI

1977

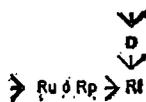
Regla complementaria.

No se adoptará para R_1 un valor superior a la resistencia por fuste del pilote, en la capa coherente de consistencia blanda o muy blanda, determinada de acuerdo con el apartado correspondiente del presente Cálculo.

Determinación de R_1 .

Cuando $P < 3F$, el rozamiento negativo R_1 , en t, sobre un pilote, se determina, para cualquiera de los casos a, b, c y d contemplados en el apartado anterior, con el producto del espesor de la capa coherente de consistencia blanda o muy blanda, por el rozamiento negativo unitario R_1 en t/m, determinado en la Tabla 12, en función de la tensión de rotura a compresión simple, R_u en kg/cm^2 , o de la resistencia a la penetración estática, R_p en kg/cm^2 , y del diámetro del pilote D , en cm.

Tabla 12



Ru, en kg/cm^2	Rp en kg/cm^2	Diámetro D, en cm							
		30	35	45	55	65	85	100	125
0,1	0,75	0,23	0,27	0,35	0,43	0,51	0,66	0,78	0,98
0,2	1,50	0,47	0,54	0,70	0,86	1,02	1,33	1,57	1,96
0,3	2,25	0,70	0,82	1,06	1,29	1,53	2,00	2,35	2,94
0,4	3,00	0,89	1,04	1,34	1,64	1,93	2,53	2,98	3,73
0,5	4,00	1,08	1,26	1,62	1,98	2,34	3,07	3,61	4,51

Rozamiento negativo unitario R_1 , en t/m

Asiento A

El asiento de un grupo de pilotes A, en mm, se determina a continuación para cada tipo de terreno.

Granular

El valor de A, en mm, se determina en la Tabla 13, en función de n , $\frac{Q_t}{Q_r}$ y D

Siendo:

n : Número de pilotes del grupo

Q_t : Carga media de trabajo de un pilote, en t, determinada para cada caso con las expresiones siguientes:

• Sin rozamiento negativo

$$Q_t = \frac{Q}{n}$$

• Con rozamiento negativo, si $P > 3F$

$$Q_t = \frac{Q}{n} + R_1$$

si $P \leq 3F$

$$Q_t = \frac{Q}{n} + R_1$$

Q , R_1 y R_2 determinados de acuerdo con los apartados correspondientes del presente Cálculo.

Q_r : Resistencia de un pilote, en t, determinada con la expresión $Q_r = P + F$

P y F determinados de acuerdo con los apartados correspondientes del presente Cálculo.

D : Diámetro del pilote, en cm.

Tabla 13



$\frac{Q_t}{Q_r}$	n	Diámetro D, en cm							
		30	35	45	55	65	85	100	125
0,35	1	—	—	—	—	—	—	13	16
	2	10	12	16	19	22	29	33	—
	3	15	17	22	27	32	41	—	—
	4	18	21	27	33	39	50	—	—
0,40	1	—	—	—	—	—	—	16	23
	2	14	17	21	26	31	40	49	—
	3	20	24	30	37	44	57	—	—
	4	25	29	37	46	54	70	—	—
0,45	1	—	—	—	—	—	—	23	29
	2	18	21	27	33	39	51	59	—
	3	26	30	39	47	56	73	—	—
	4	32	37	48	58	69	90	—	—
0,50	1	—	—	—	—	—	—	28	35
	2	22	26	33	40	48	62	72	—
	3	32	37	47	58	68	89	—	—
	4	39	45	58	71	84	110	—	—

Asiento A, en mm

Coherente

El valor de A, en mm, se determina en la Tabla 14, en función Q_t, R_p, L y n

Siendo:

Q_t Carga media de trabajo de un pilote, en t, determinada para cada caso con las expresiones siguientes:

- Sin rozamiento negativo

$$Q_t = \frac{Q}{n}$$

- Con rozamiento negativo, si P > 3 F

$$Q_t = \frac{Q}{n} + R_1$$

si P ≤ 3 F

$$Q_t = \frac{Q}{n} + R_2$$

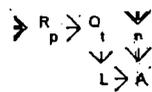
Q, R₁ y R₂ determinados de acuerdo con los apartados correspondientes del presente Cálculo.

R_p Resistencia a la penetración estática del terreno, en kg/cm², determinada con el cociente entre, la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos que lo componen por sus R_p, y la suma de dichos espesores.

L Longitud del pilote, en m.

n Número de pilotes del grupo.

Tabla 14



Carga media de trabajo de un pilote Q_t, en t.

R _p en kg/cm ²	5	25	33	41	50	58	66	75	83	91	100	108	116	125	133	141	150	158	166	175	183	191	
	6	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	230
	7	35	46	58	70	81	93	105	116	128	140	151	163	175	186	198	210	221	233	245	256	268	268
	8	28	40	53	66	80	93	106	120	133	146	160	173	186	200	213	226	240	253	266	280	293	306
	9	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345
	10	33	50	66	83	100	116	133	150	166	183	200	216	233	250	266	283	300	316	333	350	366	383
	11	38	55	73	91	110	128	146	165	183	201	220	238	256	275	293	311	330	348	366	385	403	403
	12	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400			
	13	48	65	86	108	130	151	173	195	216	238	260	281	303	325	346	368	390					
	14	46	70	93	116	140	163	186	210	233	256	280	303	328	350	373							
	15	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375								

Número de pilotes del grupo n

	1	2	3	4
180				
170				
160				
150				
140				
130				
120	192			
110	176			
100	160			
90	144	198		
80	128	176		
70	112	154	162	
60	96	132	162	
50	80	110	135	
40	64	88	108	
30	48	66	81	
20	32	44	54	
10	16	22	27	

Longitud del pilote L, en m.

Asiento A, en mm

4. Cálculo de la resistencia estructural del grupo de pilotes

La resistencia estructural del grupo de pilotes se obtiene con la expresión c' T.

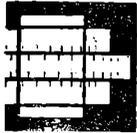
Coefficiente c'

El coeficiente c' se determina en la Tabla 15 en función del número de pilotes n, del grupo.

Tabla 15



Número de pilotes del grupo n	1	2	3	4
Coefficiente c'	0,75	1,75	3,00	4,00



6

NTE

Cálculo

Cimentaciones

Pilotes In situ

Foundations. Cast-in place piles. Calculation



8

CPI

1977

Determinación de T

La resistencia estructural T en t, de cada pilote del grupo se determina en la Tabla 16, en función del tipo de hormigonado y del diámetro D, en cm.

Tabla 16



Tipo de hormigonado	Diámetro D, en cm							
	30	35	45	55	65	85	100	125
En seco	28,3	38,5	63,6	95,0	132,7	227,0	314,2	490,9
En agua	24,7	33,7	55,7	83,2	116,1	198,6	274,9	429,5

Resistencia estructural del pilote T, en t

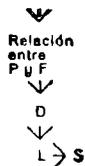
5. Cálculo de S

La separación entre ejes de los pilotes del grupo S, en cm, se determina en la Tabla 17, en función de la relación entre P y F, del diámetro del pilote D, en cm, y de su longitud L, en m.

Siendo:

- P Resistencia por punta de un pilote, determinada de acuerdo con los apartados correspondientes del presente Cálculo.
- F Resistencia por fuste de un pilote, determinada de acuerdo con los apartados correspondientes del presente Cálculo.
- D Diámetro del pilote, en cm.
- L Longitud del pilote, en m.

Tabla 17

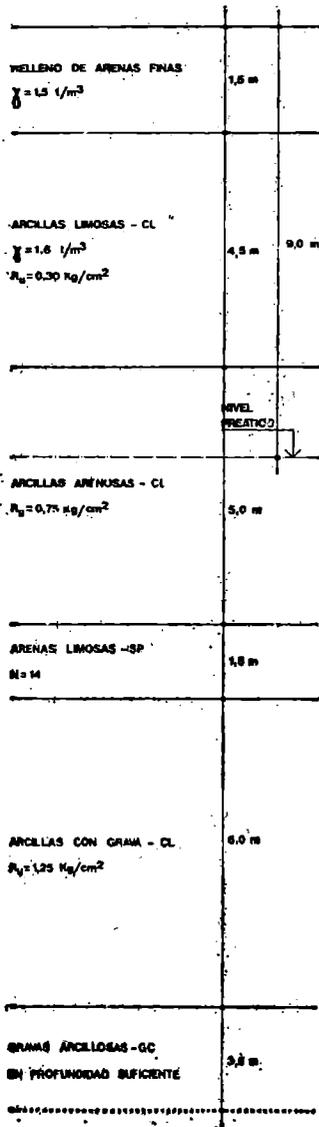


Relación entre P y F

Diámetro D en cm	P ≥ 3F							P < 3F							Separación S en cm
	30	35	45	55	65	85	100	30	35	45	55	65	85	100	
6,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	60
13,5	9,5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	6,0	↓	↓	↓	↓	↓	↓	75
21,0	17,0	9,0	↓	↓	↓	↓	↓	13,5	8,2	↓	↓	↓	↓	↓	90
	27,0	19,0	11,0	↓	↓	↓	↓	23,5	18,2	7,7	↓	↓	↓	↓	110
		31,5	23,5	15,5	↓	↓	↓	30,7	20,2	9,7	↓	↓	↓	↓	135
			41,0	33,0	17,0	↓	↓		37,7	27,2	16,7	↓	↓	↓	170
				53,0	37,0	25,0	↓			47,2	36,7	15,7	↓	↓	210
					57,0	45,0	↓				56,7	35,7	20,0	↓	250
												60,7	45,0	↓	300

Longitud de los pilotes L, en m

6. Ejemplo



Datos:

Esfuerzos en el plano superior del grupo de pilotes:
Características del terreno:

$Q = 200 \text{ t}$; $M_x = 10 \text{ mt}$; $M_y = 3,5 \text{ mt}$

Las especificadas en el esquema adjunto. Existe rozamiento negativo por consolidación de la capa blanda de ARCILLAS LIMOSAS-CL al disponer un relleno de ARENAS de 1,5 m de espesor.

Hormigonado de los pilotes:

Utilización de CPI-5, y hormigonado con agua en la entubación.
Hormigonado en agua

Cálculo

Predimensionado

$n = 4$; $D = 45 \text{ cm}$; $L = 19,5 \text{ m}$ -apoyo en gravas

Carga axial equivalente E:

$M = 10 + 3,5 = 13,5 \text{ mt}$
En la Tabla 1, $E = 230 \text{ t}$

Resistencia por punta, P:

Para $L = 19,5 \text{ m}$, se tiene una penetración en las gravas de $1 \text{ m} \cong 2 D$
En la Tabla 5, $P = 56,7 \text{ t}$

Resistencia por fuste, F:

Estrato granular entre estratos coherentes (aplicación de la regla complementaria).
En las Tablas 8, 9 y 7
 $F = 1 \times 7,2 + 6 \times 5,3 + 1,5 \times 7,2 + 5 \times 4,2 + 4,5 \times 2,1 = 80,25 \text{ t}$

Coefficiente, c:

En la Tabla 2, $P < 3 F$, $c = 1,14$

Rozamiento negativo, R_i :

En la Tabla 10, $R_i = 4,5 \times 2,12 = 9,54 \text{ t}$

Comprobación $E < c(P + F - R_i)$:

$230 > 1,14(56,7 + 80,25 - 9,54)$
 $230 \text{ t} > 145,2 \text{ t}$. No se cumple

Coefficiente, c' :

En la Tabla 15, $c' = 4$

Resistencia estructural, T:

En la Tabla 16, $T = 55,7$

Comprobación $E < c'(T - 0,4 R_i)$:

$230 > 4(55,7 - 0,4 \times 9,54)$
 $230 \text{ t} > 184,6 \text{ t}$. No se cumple

Corrección de los parámetros del predimensionado:

$n = 4$; $D = 55 \text{ cm}$; $L = 22 \text{ m}$

Carga axial equivalente E:

$M = 13,5 \text{ mt}$
En la Tabla 1, $E = 225 \text{ t}$

Resistencia por punta P:

Para $L = 22 \text{ m}$, se tiene una penetración en las gravas de $3,50 \text{ m} \cong 6 D$
En la Tabla 5, $P = 107,6 \text{ t}$

Resistencia por fuste, F:

Estrato granular entre estratos coherentes (aplicación de la regla complementaria)
En las Tablas 8, 9 y 7
 $F = 3,5 \times 8,8 + 6 \times 6,5 + 1,5 \times 8,8 + 5 \times 5,1 + 4,5 \times 2,5 = 119,75 \text{ t}$

Coefficiente, c:

En la Tabla 2, $P < 3 F$, $c = 1,14$

Rozamiento negativo, R_i :

En la Tabla 10, $R_i = 4,5 \times 2,59 = 11,65 \text{ t}$

Comprobación $E < c(P + F - R_i)$:

$225 < 1,14(107,6 + 119,75 - 11,65)$
 $225 \text{ t} < 248 \text{ t}$. Se cumple

Coefficiente, c' :

En la Tabla 15, $c' = 4$

Resistencia estructural, T:

En la Tabla 16, $T = 83,2 \text{ t}$

Comprobación $E < c'(T - 0,4 R_i)$:

$225 < 4(83,2 - 0,4 \times 11,65)$
 $225 \text{ t} < 314 \text{ t}$. Se cumple

Asientos

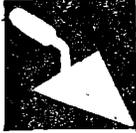
No es necesaria la comprobación de asientos por estar empotrada la punta de los pilotes en gravas con profundidad suficiente.

Separación,

En la Tabla 17, $S = 160 \text{ cm}$

Resultados:

$n = 4$; $D = 55 \text{ cm}$; $L = 22 \text{ cm}$; $S = 160 \text{ cm}$



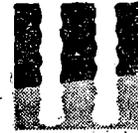
**NTE
Construcción**

1

Cimentaciones

Pilotes In situ

Foundations. Cast-in place piles. Construction.



CPI

9

1977

1. Especificaciones

CPI-1 Camisa perdida-C

Tubo metálico de sección circular de 2 mm de espesor como mínimo u otro material, y longitud C, en m con la misión de garantizar la continuidad del fuste y fraguado del hormigón en presencia de corrientes de agua, coqueadas o zonas blandas de terreno y agentes agresivos.

CPI-2 Grupo de pilotes de desplazamiento con azuche-n.D.L.S.Hormigonado-Cemento

EFH-7 Hormigón.
De resistencia característica 175 kg/cm².

Consistencia medida en cono de Abrams: 10 a 15 cm.

Se hincará en el terreno la entubación de diámetro exterior D, en cm, hasta una profundidad L, en m, para los n pilotes del grupo a separación S, en cm, según Documentación Técnica y en el tiempo y orden previsto. La entubación para su hincará estará provista en su extremo inferior de un azuche de punta cónica o plana, metálica o de hormigón prefabricado de diámetro exterior mayor que el del pilote en 5 cm, con su parte superior cilíndrica preparada para encajar con el extremo inferior de la entubación.

La hincará se hará mediante golpeo con maza o martillo, en la parte superior de la entubación, introduciéndola hasta la profundidad prevista para el pilotaje, tal profundidad será refrendada por el rechazo obtenido como se indica en las Condiciones Generales de Ejecución del apartado de Construcción de la presente NTE.

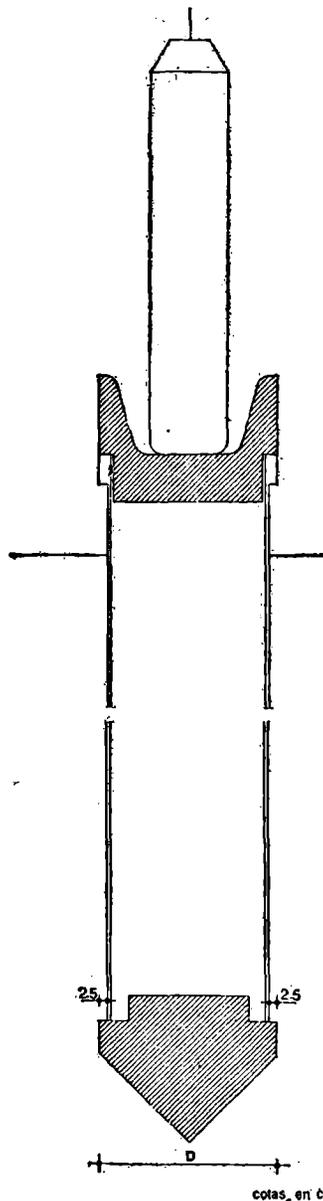
El hormigonado se realizará en seco de forma continua o discontinua.

La entubación se extraerá de manera que siempre quede un mínimo de 2 D de hormigón dentro de ella, que impida la entrada de agua por la parte inferior de la entubación.

La extracción de la entubación se simultaneará con un golpeo en cabeza, para conseguir un efecto de vibrado del hormigón.

EFH-5 Armadura.
De acero AE-42 ó AE-22 L formando una jaula para pilote de diámetro D, en cm, compuesta por:

- Armadura longitudinal. Constituida por barras dispuestas uniformemente en el perímetro de la sección. El número de barras y el diámetro ϕ_b de las mismas, en función del diámetro D del pilote será el siguiente:

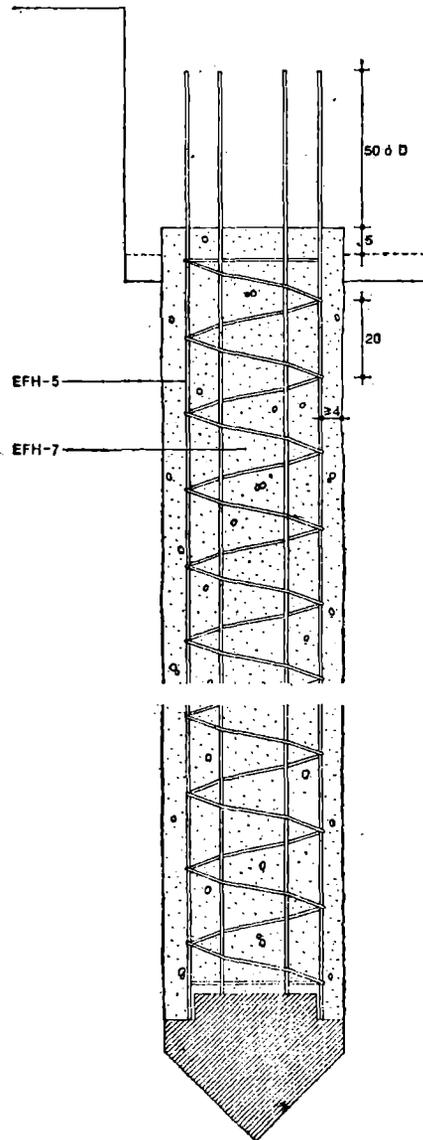


Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo - España

C/SfB

(17)

CDU 624.155



D, en cm	30	35	45	55	65
N.º de barras	5	5	6	7	6
Diámetro Φ_b , en mm	12	12	12	12	14

La longitud de la armadura será tal que después del descabezado del pilote sobresalga la mayor de las siguientes longitudes:

D o 60 cm.

La longitud mínima de la armadura será el mayor de los siguientes valores:

6 m o 9 D.

- Armadura transversal.

Constituida por zuncho en espiral o cercos de redondos de 6 mm de diámetro, con paso o separación de 20 cm.

El diámetro exterior del zuncho o de los cercos, será igual al diámetro del pilote menos 8 cm para lograr un recubrimiento mínimo de 4 cm.

El pilote representado no presupone tipo cotas en cm



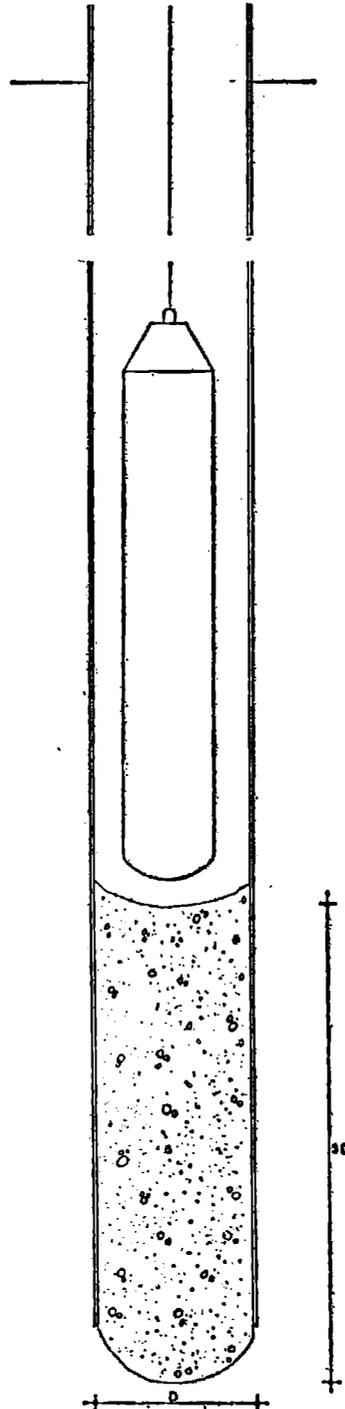
Cimentaciones
**Pilotes
In situ**

Foundations. Cast-in place piles. Construction



CPI-3 Grupo de pilotes de desplazamiento con tapón de gravas n-D. L.S. Hormigonado · Cemento

EFH-7 Hormigón.
De resistencia característica 175 kg/cm².



Consistencia medida en cono de Abrams: 1 a 5 cm. Se hincará en el terreno la entubación de diámetro exterior D, en cm, hasta una profundidad L, en m; para los n pilotes del grupo de separación S_r, en cm, según Documentación Técnica y en el tiempo y orden previsto.

La hincada de la entubación se hará por golpeo sobre un tapón de gravas, arena u hormigón introducido previamente en la entubación, dispuesto en tongadas pequeñas y compactado fuertemente hasta obtener un tapón de espesor de 3D mínimo. El hormigón del tapón de gravas tendrá una consistencia cero en el cono de Abrams (consistencia de tierra húmeda).

El golpeo sobre el tapón con la maza arrastrará a la entubación hasta la profundidad prevista para el pilotaje. Tal profundidad será refrendada por el rechazo r obtenido como se indica en las Condiciones Generales de Ejecución del apartado de Construcción de la presente NTE.

En todos los casos al final de la hincada, el golpeo de la maza desalojará el tapón de la entubación quedando como punta de los pilotes un ensanchamiento.

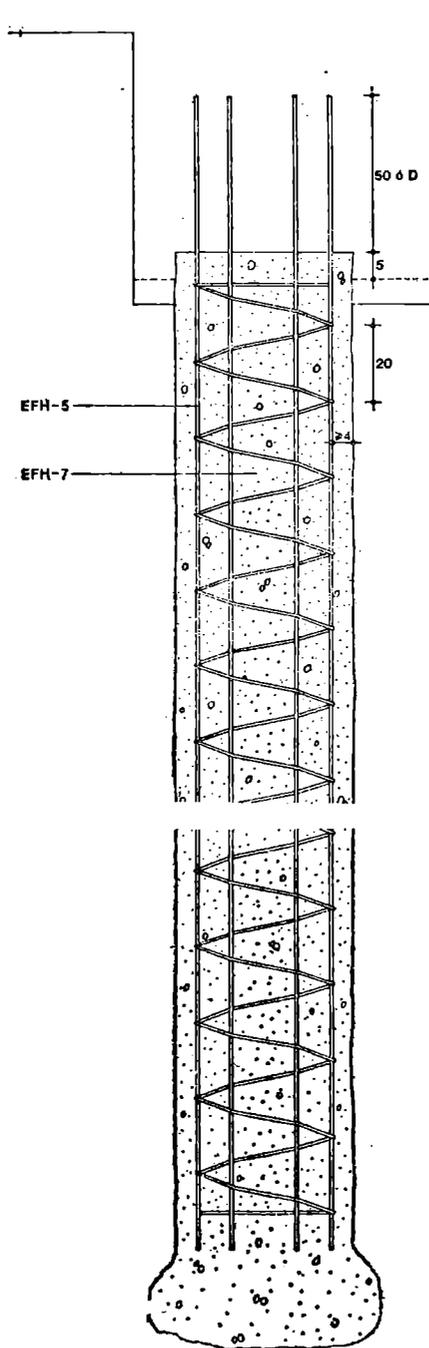
El hormigonado se realizará en seco, por tongadas y sometido a un apisonado o vibrado para garantizar la continuidad del fuste.

La entubación se extraerá de manera que siempre quede un mínimo de 2D de hormigón dentro de ella, que impida la entrada de agua por la parte inferior de la entubación.

EFH-5 Armadura.
De acero AE-42 ó AE-22 L, formando una jaula para cada pilote de diámetro D, en cm, compuesta por:

- Armadura longitudinal. Constituida por barras dispuestas uniformemente en el perímetro de la sección. El número de barras y el diámetro ϕ_b de las mismas, en función del diámetro D del pilote será el siguiente:

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo - España



D' en cm	30	35	45	55	65
N.º de barras	5	5	6	7	6
Diámetro ϕ en mm	12	12	12	12	14

La longitud de la armadura será tal que después del descabezado del pilote sobresalga la mayor de las siguientes longitudes:
 D ó 50 cm.
 La longitud mínima de la armadura será el mayor de los siguientes valores:
 6 m ó 9 D.

- Armadura transversal.
 Constituida por zuncho en espiral o cercos de redondos de 6 mm de diámetro, con paso o separación de 20 cm.
 El diámetro exterior del zuncho o de los cercos, será igual al diámetro del pilote menos 8 cm para lograr un recubrimiento mínimo de 4 cm.

El pilote representado no presupone tipo cotas en cm