



HESSLER & DEL CUERPO

Abogados

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Hacienda e Interior, y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día quince de julio de mil novecientos setenta y ocho.

DISPONGO:

Artículo primero.—El Plan de Obras y Servicios a que se refiere el artículo primero, número uno, del Real Decreto seiscientos ochenta y ocho/mil novecientos setenta y ocho, de diecisiete de febrero, comprenderá los antiguos Planes de Servicios Técnicos, Planes de Cooperación y Planes de Conservación y Reparación de Caminos Vecinales y Provinciales, todos los cuales quedan suprimidos.

Artículo segundo.—A los efectos de la excepción contemplada en el número tres del artículo primero del Real Decreto seiscientos ochenta y ocho/mil novecientos setenta y ocho, de diecisiete de febrero, podrá considerarse la ejecución de obras en barriadas periféricas de tales municipios para resolver problemas de equipamiento comunitario.

Artículo tercero.—En la financiación de las obras de electrificación rural que se incluyan en los Planes Provinciales de Obras y Servicios deberán intervenir las Empresas suministradoras de energía eléctrica, tal como se determina en la Orden ministerial de veintitrés de diciembre de mil novecientos cincuenta y dos y Decreto de veinticinco de junio de mil novecientos cincuenta y cuatro, y las aportaciones realizadas por este concepto se computarán dentro del porcentaje de participación de las Corporaciones en la financiación de los Planes.

Artículo cuarto.—El importe de las contribuciones especiales, en cuanto se refiere a las obras y servicios incluidos en el Plan Provincial, podrá oscilar en su aplicación entre los porcentajes recogidos en el artículo séptimo del Real Decreto seiscientos ochenta y ocho/mil novecientos setenta y ocho, de diecisiete de febrero, y los fijados en los artículos veintinueve y ciento cuarenta y cuatro del Real Decreto tres mil doscientos cincuenta/mil novecientos setenta y seis, de treinta de diciembre, correspondiendo a las Corporaciones Locales determinar la cuantía y aplicación de los porcentajes aludidos.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Primera.—Uno. Fijada para mil novecientos setenta y ocho la aportación del crédito oficial, a través del Banco de Crédito Local de España, en el ciento cienouenta por ciento de la subvención con cargo a los Presupuestos Generales del Estado, la financiación de cada Plan Provincial se efectuará de la forma siguiente:

- a) Subvención del Estado.
- b) Aportación del crédito oficial, en cuantía del ciento cincuenta por ciento de la subvención del Estado.
- c) Participación de las Corporaciones Locales a que se refiere el artículo sexto del Real Decreto seiscientos ochenta y ocho/mil novecientos setenta y ocho, de diecisiete de febrero, en cuantía mínima del ciento veinticinco por ciento de la subvención del Estado (cincuenta por ciento de la subvención del Estado más la aportación del crédito oficial).

La financiación con cargo al crédito oficial podrá disminuirse en la misma cuantía en que se aumente la participación de las Corporaciones Locales, pero en ningún caso la suma de ambas será inferior al doscientos setenta y cinco por ciento de la subvención del Estado. Caso contrario, la subvención del Estado se reducirá en la cuantía necesaria para que se mantenga el citado porcentaje.

Dos. Para las comarcas de acción especial, el porcentaje a que se refiere la letra c) del número anterior se reducirá al veinticinco por ciento.

Segunda.—Para el ejercicio de mil novecientos setenta y ocho se proroga hasta el quince de septiembre el plazo a que hace referencia el artículo once, apartado uno, del Real De-

creto seiscientos ochenta y ocho/mil novecientos setenta y ocho, de diecisiete de febrero.

En todo caso, las obras y servicios incluidos en el Plan debidamente aprobado deberán ser objeto de contratación antes del día quince de diciembre de mil novecientos setenta y ocho.

DISPOSICION FINAL

Por los Ministerios de Hacienda y del Interior se dictarán las disposiciones necesarias para la ejecución de lo dispuesto en el presente Real Decreto, que entrará en vigor el día de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid a quince de julio de mil novecientos setenta y ocho.

JUAN CARLOS

El Ministro de la Presidencia,
JOSE MANUEL OTERO NOVAS

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO

19242 ORDEN de 6 de julio de 1978 por la que se aprueba la Norma Tecnológica NTE-CPP/1978, «Cimentaciones pilotes: Prefabricados».

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 Vivienda y previo informe del Ministerio de Industria y Energía y del Consejo Superior de la Vivienda,

Esté Ministerio ha resuelto:

Artículo 1.º Se aprueba la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-CPP/1978, «Cimentaciones pilotes: Prefabricados».

Art. 2.º La presente Norma Tecnológica regula las actuaciones de Diseño, Cálculo, Construcción y Control, Valoración y Mantenimiento.

Art. 3.º 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 tercera del Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre normativa básica de la edificación.

Art. 4.º 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 Vivienda (Subdirección General de Edificación, Servicio de Normativa) las sugerencias y observaciones que puedan mejorar el contenido o aplicación de la presente Norma.

Art. 5.º 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 Vivienda 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, 6 de julio de 1978.

GARRIGUES WALKER

Ilmo. Sr. Director general de Arquitectura y Vivienda.



Cimentaciones

Pilotes Prefabricados

Foundations. Prefabricated concrete piles. Design



1978

1. Ambito de aplicación

Cimentaciones de edificios de estructura porticada, mediante grupos de pilotes de hormigón armado prefabricados en instalaciones permanentes y fijas o fabricados en instalaciones de obra, hincados verticalmente en el terreno en su totalidad y a profundidades comprendidas entre los 8 diámetros y los 60 diámetros.
Los encáspedes de los grupos y elementos de arriostramiento, se tratan en la NTE "CPE-Cimentaciones Pilotes. Encáspedes".

2. Información previa

Estructural

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

Geotécnica

Informe Geotécnico según la 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 y obtenida del Informe Geotécnico.

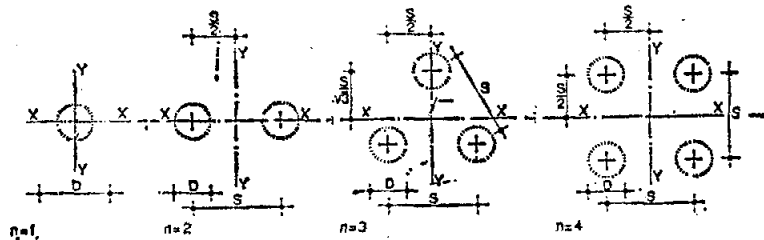
Naturaleza del estrato	Identificación
Roca sana, masiva o diaclasada	Roca
GW, GP, GS o GM Roca mitonilizada	Granular de gravas
SW, SP, SM, o SC Roca descompuesta	Granular de arenas
ML, CL, OL, MH, CH, u OH	Coherente

Grupo de pilotes

Compuesto por n pilotes de diámetro equivalente D, longitud L y resistencia estructural T, dispuestos con separación S entre ejes y tipo de Azuche y Cemento.
Los parámetros n.D.L.T.S., se determinan en el apartado de Cálculo.

Disposición de los n pilotes

La disposición de los pilotes dentro del grupo, se ajustará a los esquemas siguientes:



Tipología de diámetros

Tipología de diámetros equivalentes:

D en cm: 22,5 25 27,5 30 32,5 35 37,5 40 42,5
Diámetro equivalente D, es el diámetro de un círculo que iguala el área de la sección transversal del pilote.

Tipo de azuche

- Azuche especial. De aplicación cuando la punta de los pilotes del grupo se apoya en roca inclinada.
- Azuche normal. De aplicación en el resto de los casos.

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 o del agua freática según el Informe geotécnico, sea fuerte.
 En ambientes marinos.
 Portland resistente al yeso P-350-Y
 De aplicación cuando el terreno o el agua freática tengan alto contenido en yeso y estén exentos de sulfato magnésico.

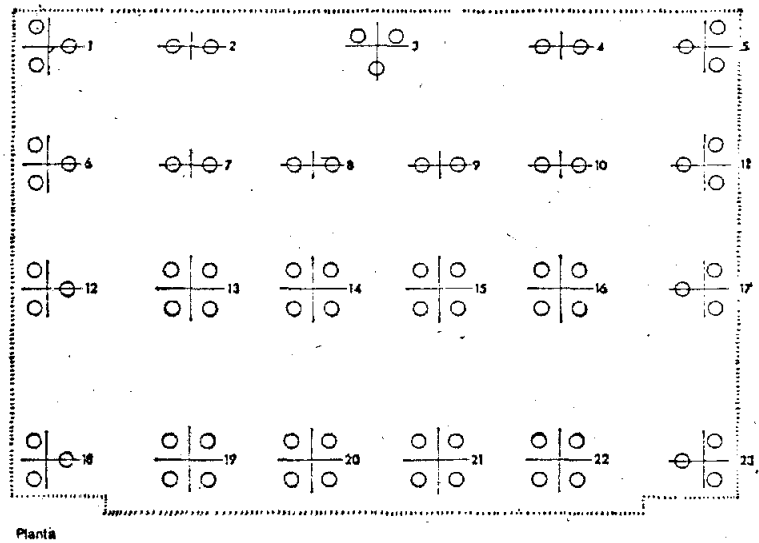
Especificación **Símbolo Aplicación**

CPP- 2 Grupo de pilotes prefabricados-n.D.-I.-S.-T.-Azuche-Cemento CPP- 2 No es de aplicación cuando sea necesario atravesar bolos grandes, cimientos o gravas cementadas. No es recomendable su aplicación cuando sea necesario atravesar capas de gravas gruesas sin cementar, capas finas de arenisca o bolos medianos.

4. Planos de obra

CPP - Plantas Escala 1:100
 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.
CPP - Detalles Escala 1:20
 Representación gráfica de los detalles de elementos para los cuales no se haya adoptado o no exista especificación NTE.

5. Esquema



Especificación	Grupo de pilotes	n	D cm	L m	S cm	T t	Azuche	Cemento
CPP-2	1, 3, 5, 6, 11, 12, 17, 18, 23	3	35	21	120	75	Normal	Portland-P
	2, 4, 7, 8, 9, 10	2	35	21	120	80	Normal	Portland-P
	13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22	4	35	21	120	85	Normal	Portland-P



NTE

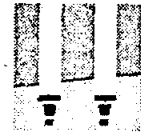
Cálculo

1

Cimentaciones

Pilotes Prefabricados

Foundations. Preformed concrete piles.
Calculation



CPP

1978

2

1. Bases de cálculo

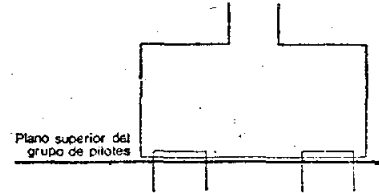
Solicitaciones en el grupo de pilotes

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

Q: Carga axial 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 y a los que se hace referencia, son los indicados en el apartado de Diseño para cada grupo de n pilotes.

Esfuerzos horizontales

Las soluciones constructivas y el cálculo del pilotaje en la presente NTE, hace posible prescindir de la consideración de dichos esfuerzos, siempre que la máxima componente horizontal sea inferior al 5% de la menor componente vertical compatible con ella.

Características del terreno

Características del terreno de cimentación según NTE "CEG-Cimentaciones. Estudios Geotécnicos" por estrato:

- Naturaleza y estado natural
- Posición de los niveles freáticos
- Existencia de rozamiento negativo
- 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

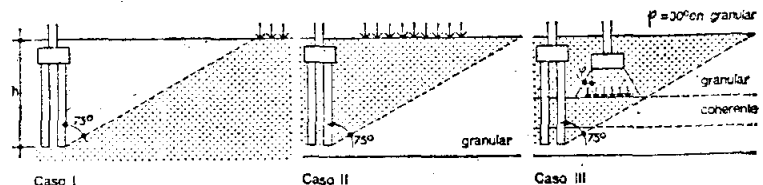
> h. tg 75°, de acuerdo con el esquema adjunto.

Caso II. Cuando las cargas estando situadas a una distancia de los pilotes

< h. tg 75°, el terreno es granular, de acuerdo con el esquema adjunto.

Caso III. Cuando las cargas estando situadas a una distancia de los pilotes

< h. tg 75°, y el terreno contiene alguna capa coherente la carga unitaria aplicada sobre ella es igual o menor de 1,5 R_u, 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, debido 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 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

Cuando 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.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo - España

C/SFB

(17)

CDU 624.154

Capas blandas

Cuando 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 equivalente D , en cm, la longitud L , en m, la separación entre ejes de pilotes del grupo S , en cm, y la resistencia estructural necesaria T , en t, se determinan de forma que se cumpla la relación siguiente:

$$E \leq c (P+F)$$

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, 4 y 5 para cada tipo de terreno.
- F. Resistencia de un pilote por fuste, determinada en las Tablas 6, 7 y 8 para cada tipo de terreno.

Rozamiento negativo

En los pilotes con rozamiento negativo se comprobará, además:

$$\text{Si } P > 3F; E \leq c (P+F-R_1)$$

$$\text{Si } P \leq 3F; E \leq c (P+F-R_2)$$

Siendo:

- R_1 . Rozamiento negativo determinado en las Tablas 9 y 10, para cada caso.
- R_2 . Rozamiento negativo determinado en la Tabla 11.

Comprobación de asientos

Cuando 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 12 y 13, 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	Terreno coherente
De hormigón armado de gran rigidez	5	25	35
	7	35	50
	10	50	75
De hormigón armado de pequeña rigidez	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, en mm	

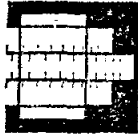
3. Cálculo

Predimensionado de n , D y L

El predimensionado de n y D de un grupo de pilotes, se realiza 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 equivalente D , en cm, 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	
1	32,5	37,5	42,5	42,5										
2	22,5	27,5	32,5	35,0	40,0	40,0	42,5							
3	22,5	22,5	25,0	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	40,0	42,5	42,5			
4	22,5	22,5	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	32,5	35,0	37,5	37,5	40,0	42,5	
Diámetro equivalente D , en cm														



2

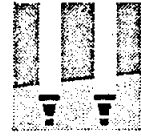
NTE

Cálculo

Cimentaciones

Pilotes Prefabricados

Foundations. Preformed concrete piles. Calculation



3

CPP

1978

b) Las limitaciones que tiene el grupo de pilotes para absorber los momentos M_x y M_y , según varíe el número n de los pilotes. Estas son:

Si se utiliza $n=1$, que $M_x=M_y=0$

Si se utiliza $n=2$, que $M_x=0$

Si se utiliza $n=3$, que $1,75.M_y=M_x$

Si se utiliza $n=4$, no existe limitación para los valores M_x y M_y

Se tomarán para M_x y M_y 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 en la campaña de reconocimiento según NTE "CEG-Cimentaciones. Estudios Geotécnicos". La determinación de la longitud L debe tomarse como una previsión a confirmar en obra pilote a pilote mediante el rechazo, según se indica en el apartado de Construcción.

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 equivalente 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 , se establece a continuación, en función del número de pilotes del grupo n , y de los momentos M_x y M_y , en mt, de manera que:

Si: $n=2$, $M=M_y$

Si: $n=3$, $M=1,75.M_x$

Si: $n=4$, $M=M_x+M_y$

Tabla 1

$\triangleright D \triangleright M$
 $\triangleright Q \triangleright E$

Diámetro equivalente D , en cm	Momento equivalente M , en mt															
	0	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0	16,5	18,0	21,0	24,0	
30	0	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0	16,5	18,0	21,0	24,0	
32,5	0	1,8	3,2	4,8	6,5	8,1	9,7	11,3	12,9	14,6	16,2	17,8	19,5	22,7	26,0	
35	0	1,7	3,5	5,2	7,0	8,7	10,5	12,2	14,0	15,7	17,5	19,2	21,0	24,5	28,0	
37,5	0	1,8	3,7	5,6	7,5	9,3	11,2	13,1	15,0	16,8	18,7	20,6	22,5	26,2	30,0	
40	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	28,0	32,0	
42,5	0	2,1	4,2	6,3	8,5	10,6	12,7	14,8	17,0	19,1	21,2	23,3	25,5	29,7	34,0	
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	330				
300	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360			
350	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395	400	405	410	420		
400	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445	450	455	460	470	480	
450	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505	510	520	530	
500	500	505	510	515	520	525	530	535	540	545	550	555	560	570	580	
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 el número de pilotes del grupo n .

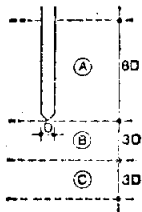
Tabla 2

\triangleright Relación entre P y F \triangleright Terreno \triangleright c

Relación entre P y F	Terreno	Número de pilotes del grupo n			
		1	2	3	4
$P > 3F$	Cualquiera	0,33	0,57	1,00	1,33
$P \leq 3F$	Granular Coherente	0,33	0,67	1,00	1,33
		0,29	0,57	0,86	1,14

Coefficiente 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, será igual a tres veces la resistencia estructural del pilote T, siempre que se obtenga el apoyo adecuado, lo cual se comprobará mediante el rechazo r obtenido según se indica en las Condiciones Generales de Ejecución del apartado de Construcción de la presente NTE.

Granular de arenas

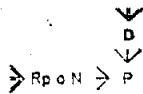
El valor de P, en t, se determina en la Tabla 3, en función de la resistencia a la penetración estática R_p , en kg/cm^2 , o del número de golpes en el ensayo estándar de penetración dinámica N, y del diámetro equivalente del pilote D, en cm.

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 R_p o N para entrar en la Tabla 3, es la media aritmética de los R_p o N, de las zonas A y (B+C). El valor de R_p o N en las Zonas A y (B+C), se determina con el coeficiente entre la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos que la componen, por sus R_p o N, y la suma de dichos espesores.

Tabla 3



R_p en kg/cm^2	N	Diámetro equivalente D, en cm									
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	
20	5	8,0	9,8	11,9	14,1	16,6	19,2	22,1	25,1	28,4	
30	7	11,9	14,7	17,8	21,2	24,9	28,9	33,1	37,7	42,6	
40	10	15,9	19,6	23,8	28,3	33,2	38,5	44,2	50,3	56,7	
60	14	23,9	29,5	35,6	42,4	49,8	57,7	66,3	75,4	85,1	
80	18	31,8	39,3	47,5	56,5	66,4	77,0	88,4	100,5	113,5	
100	22	39,8	49,1	59,4	70,7	83,0	96,2	110,4	125,7	141,9	
120	26	47,7	58,9	71,3	84,8	99,5	115,5	132,5	150,8	170,2	
140	30	55,7	68,7	83,2	99,0	116,1	134,7	154,6	175,9	198,6	
160	34	63,6	78,5	95,0	113,1	132,7	154,0	176,7	201,1	227,0	
180	37	71,6	88,4	106,9	127,2	149,3	173,2	198,8	226,2	255,4	
200	40	79,5	98,2	118,8	141,4	165,9	192,4	220,9	251,3	283,7	

Resistencia por punta P, en t

Reglas complementarias cuando existen estratos coherentes intercalados

- Estrato coherente intercalado en la Zona A.

Si es de consistencia blanca 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 .

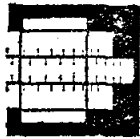
$e \geq D$, en la zona C: Si $P_1 \leq P_2$, se considera $P = P_1$
 Si $P_1 > P_2$, $P = \frac{P_1 + P_2}{2}$

$e < D$, en la zona B: Si $P_1 \leq P_2$, $P = P_1$
 Si $P_1 > P_2$, $P = P_1 - \frac{e}{D}(P_1 - P_2)$

$e < D$, en la zona C: Si $P_1 \leq P_2$, $P = P_1$
 Si $P_1 > P_2$, $P = P_1 - \frac{e}{2D}(P_1 - P_2)$

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.



3

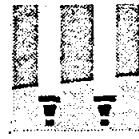
NTE

Cálculo

Cimentaciones

Pilotes Prefabricados

Foundations. Preformed concrete piles. Calculation



4

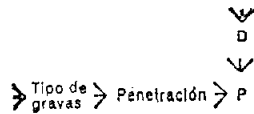
CPP

1978

Granular de gravas

El valor P, en t, se determina en la Tabla 4, en función del tipo de gravas, del diámetro equivalente del pilote D, en cm, y de la penetración en número de diámetros D.

Tabla 4



Tipo de gravas	Penetración en nº de diámetros	Diámetro equivalente D, en cm								
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5
Limpias GW o GP	2D	47,3	58,4	70,7	84,1	98,7	114,4	131,4	149,5	168,8
	4D	56,2	69,4	84,0	100,0	117,4	136,0	155,2	177,8	200,7
	6D	66,9	82,6	99,9	118,9	139,5	161,8	185,8	211,4	238,6
	8D	79,5	98,2	118,8	141,4	165,9	192,4	220,9	251,4	283,3
Arenosas GS	2D	28,3	35,0	42,3	50,4	59,1	68,7	78,7	89,6	101,1
	4D	33,8	41,7	50,4	60,0	70,4	81,7	93,8	106,7	120,4
	6D	40,1	49,5	59,9	71,3	83,7	97,1	111,4	126,8	143,1
	8D	47,7	58,9	71,3	84,8	99,5	115,5	132,5	150,9	170,2
Arcillosas o limosas GC o GM	2D	14,2	17,5	21,2	25,2	29,6	34,3	39,4	44,8	50,6
	4D	16,9	20,8	25,2	30,0	35,2	40,8	46,9	53,5	60,2
	6D	20,1	24,8	30,0	35,7	41,9	48,5	55,8	63,5	71,6
	8D	23,9	29,4	35,6	42,4	49,8	57,7	66,3	75,4	85,1

Resistencia por punta P, en t

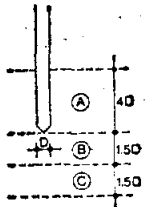
Los valores de la Tabla, no incluyen la resistencia correspondiente al trozo de fuste empotrado en la capa de gravas.

Coherente

El valor de P, en t, se determina en la Tabla 5, 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 equivalente del pilote D, en cm.

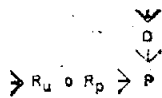
Se consideran tres zonas de terreno:

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 R_u o R_p , para entrar en la Tabla 5, es la media aritmética de los R_u o R_p , de las Zonas A y (B+C). El valor de R_u o R_p , de 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 R_u o R_p , y la suma de dichos espesores.

Tabla 5



R_u en kg/cm^2	R_p en kg/cm^2	Diámetro equivalente D, en cm								
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5
2,5	19	4,5	5,5	6,7	7,9	9,3	10,8	12,4	14,1	15,9
5,0	38	8,9	11,0	13,4	15,9	18,7	21,8	24,8	28,3	31,9
7,5	57	13,4	16,6	20,0	23,8	28,0	32,5	37,3	42,4	47,9
10,0	75	17,9	22,1	26,7	31,8	37,3	43,3	49,7	56,5	63,8
12,5	94	22,4	27,6	33,4	39,8	46,7	54,1	62,1	70,7	79,8
15,0	113	26,8	33,1	40,1	47,7	56,0	64,9	74,5	84,8	95,8
17,5	132	31,3	38,6	46,8	55,7	65,3	75,8	87,0	99,0	111,7
20,0	150	35,8	44,2	53,4	63,6	74,7	86,6	99,4	113,1	127,7

Resistencia por punta P, en t

Regla complementaria cuando existen estratos granulares intercalados.

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

Se considera que el estrato es coherente, y que su R_u o R_p es el menor valor entre los de los estratos que lo limitan.

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

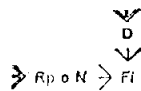
Granular de arenas

El valor de F, en t, se determina con la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos en m, por su resistencia unitaria por fuste F_u , en t/m, determinada en la Tabla 6, en función de la resistencia a la penetración estática R_p , en kg/cm^2 , o del número de golpes en el ensayo estándar de penetración dinámica N, y del diámetro equivalente del pilote D, en cm.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo - España

Resistencia por fuste F

Tabla 6



Rp en kg/cm ²	N	Diámetro equivalente D, en cm									
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	
20	5	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,8	4,0	
30	7	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	
40	10	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2	5,5	
60	14	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,4	6,8	
80	18	4,2	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,0	7,5	8,0	
100	22	4,9	5,4	6,0	6,5	7,0	7,6	8,1	8,7	9,2	
120	26	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,5	9,0	9,6	10,2	
140	30	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,3	10,0	10,7	11,3	
160	34	6,4	7,2	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7	11,4	12,2	
180	37	6,8	7,5	8,3	9,0	9,8	10,5	11,3	12,0	12,8	
200	40	7,1	7,8	8,6	9,4	10,2	11,0	11,8	12,6	13,3	

Resistencia unitaria por fuste Fi, en t/m

Regla complementaria cuando existen estratos coherentes intercalados.
 - Si es de consistencia blanda o muy blanda, el valor Fi de los estratos situados por encima del estrato coherente, se considera no mayor del triple del correspondiente a dicho estrato.

Granular de gravas

El valor de Fi, en t, se determina con la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos en m, por su resistencia unitaria por fuste Fi en t/m, determinada en la Tabla 7, en función del tipo de gravas y del diámetro del pilote D, en cm:

Tabla 7



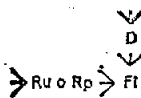
Tipo de gravas	Diámetro equivalente D, en cm									
	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	
Limpias GW o GP	7,0	7,8	8,6	9,4	10,2	11,0	11,7	12,5	13,3	
Arenosas GS	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,7	10,3	
Arcillosas o limosas GC o GM	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,4	6,8	

Resistencia unitaria por fuste Fi, en t/m

Coherente

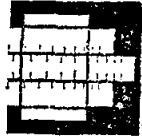
El valor de Fi, en t, se determina con la suma de los productos de los espesores de los diferentes estratos en m, por su resistencia unitaria por fuste Fi, en t/m, determinada en la Tabla 8, en función de la tensión de rotura a compresión simple Ru, en kg/cm², o de la resistencia a la penetración estática Rp, en kg/cm², y del diámetro equivalente del pilote D, en cm.

Tabla 8



Ru en kg/cm ²	Rp en kg/cm ²	Diámetro equivalente D, en cm									
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	
0,10	0,75	0,35	0,39	0,43	0,47	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67	
0,20	1,50	0,71	0,78	0,86	0,94	1,02	1,10	1,18	1,26	1,33	
0,30	2,25	1,06	1,18	1,29	1,41	1,53	1,65	1,77	1,88	2,00	
0,40	3,00	1,34	1,49	1,64	1,79	1,94	2,09	2,24	2,39	2,54	
0,50	4,00	1,62	1,81	1,99	2,17	2,35	2,53	2,71	2,89	3,07	
0,75	6,00	2,12	2,36	2,59	2,83	3,06	3,30	3,53	3,77	4,00	
1,00	7,50	2,47	2,75	3,02	3,30	3,57	3,85	4,12	4,40	4,67	
1,25	9,50	2,69	2,98	3,28	3,58	3,88	4,18	4,48	4,77	5,07	
1,50	12,00	2,90	3,22	3,54	3,86	4,19	4,51	4,83	5,15	5,47	
2,00	15,00	3,18	3,53	3,89	4,24	4,59	4,95	5,30	5,65	6,01	
2,50	18,50	3,43	3,81	4,19	4,57	4,95	5,33	5,71	6,09	6,47	
3,00	22,50	3,71	4,12	4,53	4,95	5,36	5,77	6,18	6,60	7,01	
4,00	30,00	4,24	4,71	5,18	5,65	6,13	6,60	7,07	7,54	8,01	
5,00	37,00	4,70	5,22	5,74	6,27	6,79	7,31	7,83	8,36	8,88	
7,50	56,00	5,87	6,52	7,17	7,82	8,47	9,13	9,78	10,43	11,08	
10,00	75,00	7,07	7,85	8,64	9,42	10,21	10,99	11,78	12,57	13,35	

Resistencia unitaria por fuste Fi, en t/m



4

NTE

Cálculo

Cimentaciones

Pilotes Prefabricados

Foundations. Preformed concrete piles. Calculation



5

CPP

1978

Si existe un estrato coherente de consistencia blanda o muy blanda, el valor de F_i de los estratos situados por encima, se considera no mayor del triple del correspondiente a dicho estrato.
Si existen estratos superiores de consistencia media o superior y con límite líquido >40 , el valor de F_i de los estratos comprendidos en los dos metros superiores del terreno se considera nulo.

Regla complementaria cuando existen estratos granulares intercalados.
- El valor de F_i se determina de acuerdo con el apartado de terreno granular, considerándose un valor no mayor del doble del correspondiente a los estratos inferiores a él, coherentes.

Rozamiento negativo

Determinación de R_i

Cuando $P > 3F$ el rozamiento negativo R_i 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_i , se obtiene como producto del espesor de la capa blanda por el rozamiento negativo unitario R_{ii} en t/m determinado en la Tabla 9, en función de p , u y D .

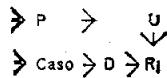
Siendo:

p . Sobrecarga sobre la capa en el caso a, en t/m^2 .

D . Diámetro equivalente del pilote, en cm.

u . Producto del espesor de la capa, por su peso específico efectivo, t/m^3 . El peso específico efectivo es, por encima del nivel piezométrico, el real del terreno húmedo; por debajo, el del terreno saturado menos el peso específico del agua.

Tabla 9



Sobrecarga p, en t/m^2	u. Producto del espesor de la capa por su peso específico efectivo, en t/m^3														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
1	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
2	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
3	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
4	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
5	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
6	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
7	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
8	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
9	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
10	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
Caso a o b															
22,5	0,18	0,36	0,54	0,71	0,89	1,07	1,24	1,42	1,60	1,77	1,95	2,13	2,30	2,48	2,66
25,0	0,20	0,40	0,59	0,79	0,99	1,18	1,38	1,58	1,77	1,97	2,16	2,36	2,56	2,75	2,95
27,5	0,22	0,44	0,65	0,87	1,08	1,30	1,52	1,73	1,95	2,16	2,38	2,60	2,81	3,03	3,24
30,0	0,24	0,48	0,71	0,95	1,18	1,42	1,65	1,89	2,13	2,36	2,60	2,83	3,07	3,30	3,54
32,5	0,26	0,52	0,77	1,03	1,28	1,54	1,79	2,05	2,30	2,56	2,81	3,07	3,32	3,58	3,83
35,0	0,28	0,55	0,83	1,10	1,38	1,65	1,93	2,20	2,48	2,75	3,03	3,30	3,58	3,85	4,13
37,5	0,30	0,59	0,89	1,18	1,48	1,77	2,07	2,36	2,66	2,95	3,24	3,54	3,83	4,13	4,42
40,0	0,32	0,63	0,95	1,26	1,58	1,89	2,20	2,52	2,83	3,15	3,46	3,77	4,09	4,40	4,72
42,5	0,33	0,66	1,00	1,33	1,66	2,00	2,33	2,67	3,00	3,33	3,67	4,00	4,33	4,67	5,00
Caso c															
22,5	0,08	0,15	0,22	0,29	0,36	0,43	0,50	0,57	0,64	0,71	0,78	0,85	0,92	0,99	1,07
25,0	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,55	0,63	0,71	0,79	0,87	0,95	1,03	1,10	1,18
27,5	0,09	0,18	0,26	0,35	0,44	0,52	0,61	0,70	0,78	0,87	0,96	1,04	1,13	1,21	1,30
30,0	0,10	0,19	0,29	0,38	0,48	0,57	0,66	0,76	0,85	0,95	1,04	1,14	1,23	1,32	1,42
32,5	0,11	0,21	0,31	0,41	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,03	1,13	1,23	1,33	1,43	1,54
35,0	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65
37,5	0,12	0,24	0,36	0,48	0,59	0,71	0,83	0,95	1,07	1,18	1,30	1,42	1,54	1,65	1,77
40,0	0,13	0,26	0,38	0,51	0,63	0,76	0,88	1,01	1,14	1,26	1,39	1,51	1,64	1,76	1,89
42,5	0,13	0,26	0,40	0,53	0,66	0,80	0,93	1,06	1,20	1,33	1,46	1,60	1,73	1,86	2,00
D en cm	Rozamiento negativo unitario R_{ii} en t/m														

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo - España

CI/SfB

(17)

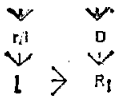
CDU 624.154

En el caso d, el valor de R_u , en t, se obtiene directamente en la Tabla 10, en función de l , r/l y D .

Siendo:

- l . Longitud del tramo de pilote hincado en las capas que puedan asentar. Considerando como tales todas las blandas y las que se encuentren sobre ellas.
- r/l . Rebajamiento relativo, definido como cociente entre el rebajamiento del nivel piezométrico r , en m, y la longitud l , en m.
- D . Diámetro equivalente, en cm.

Tabla 10



	Rebajamiento relativo r/l				Diámetro equivalente D , en cm									
	0,2	0,4	0,6	0,8	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	
Longitud l , en m	4,9	4,4	4,2	4,0	2,8	3,1	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3	
	7,3	6,6	6,3	6,0	6,4	7,1	7,8	8,5	9,2	9,9	10,6	11,3	12,0	
	9,7	8,8	8,3	8,0	11,3	12,6	13,8	15,1	16,3	17,6	18,8	20,1	21,4	
	12,1	11,0	10,4	10,0	17,7	19,6	21,6	23,6	25,5	27,5	29,5	31,4	33,4	
	14,6	13,3	12,5	12,0	25,4	28,3	31,1	33,9	36,8	39,6	42,4	45,2	48,1	
	17,0	15,5	14,6	14,0	34,6	38,5	42,3	46,2	50,0	53,9	57,7	61,5	65,4	
	19,4	17,7	16,7	16,0	45,2	50,3	55,3	60,3	65,3	70,4	75,4	80,4	85,5	
	21,8	19,9	18,8	18,0	57,3	63,6	70,0	76,3	82,7	89,1	95,4	101,8	108,1	
	24,3	22,1	20,9	20,0	70,7	78,5	86,4	94,2	102,1	110,0	117,8	125,7	133,5	

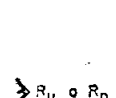
Rozamiento negativo R_u , en t

No se adoptará para R_u 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 al caso a, b, c ó d.

Determinación de R_u

Quando $P \leq 3F$, el rozamiento negativo R_u , en t, sobre un pilote, se determina para cualquiera de los casos a, b, c ó d contemplados en las Bases de Cálculo, mediante el producto del espesor de la capa coherente de consistencia blanda o muy blanda, por el rozamiento negativo unitario R_i , en t/m, determinado en la Tabla 11, en función de la tensión de rotura a compresión simple, R_u , en kg/cm^2 , o de R_p , en kg/cm^2 , y del diámetro equivalente del pilote D , en cm.

Tabla 11



R_u en kg/cm^2	R_p en kg/cm^2	Diámetro equivalente D , en cm									
		22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	
0,1	0,75	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	
0,2	1,50	0,35	0,39	0,43	0,47	0,51	0,54	0,58	0,62	0,65	
0,3	2,25	0,53	0,58	0,64	0,70	0,76	0,82	0,88	0,94	1,00	
0,4	3,00	0,67	0,74	0,82	0,89	0,96	1,04	1,11	1,19	1,26	
0,5	4,00	0,81	0,90	0,99	1,08	1,17	1,26	1,35	1,44	1,53	

Rozamiento negativo unitario R_i , en t/m

Asiento A

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

Granular

El valor de A , en mm, se determina en la Tabla 12, en función de n , Q_t y D

Siendo:

n . Número de pilotes del grupo

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

- Sin rozamiento negativo $Q_t = \frac{Q}{n}$
- Con rozamiento negativo, Si $P > 3F$ $Q_t = \frac{Q}{n} + R_u$
- Si $P \leq 3F$ $Q_t = R_u$

Q , R_u y R_i 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 equivalente del pilote, en cm