

Diciembre 2006

### TÍTULO

**Ejecución de trabajos geotécnicos especiales**

**Micropilotes**

*Execution of special geotechnical works. Micropiles.*

*Exécution de travaux géotechniques spéciaux. Micropieux.*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 14199:2005.

### OBSERVACIONES

Esta norma sustituye a la Norma EN 14199:2005 (ratificada por AENOR).

### ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 103 *Geotecnia* cuya Secretaría desempeña AENOR.

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 50496:2006

© AENOR 2006  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR**

C Génova, 6  
28004 MADRID-España

**Asociación Española de  
Normalización y Certificación**

Teléfono 91 432 60 00  
Fax 91 310 40 32

52 Páginas

**Grupo 31**



ICS 93.020

Versión en español

## **Ejecución de trabajos geotécnicos especiales Micropilotes**

**Execution of special geotechnical works.  
Micropiles.**

**Exécution de travaux géotechniques  
spéciaux. Micropieux.**

**Ausführung von besonderen  
geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau).  
Pfähle mit kleinen Durchmessern  
(Mikropfähle).**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2004-10-27.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

**CEN**  
**COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN**  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung  
**CENTRO DE GESTIÓN: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles**

© 2005 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

## ÍNDICE

	Página
<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>7</b>
<b>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>2 NORMAS PARA CONSULTA.....</b>	<b>9</b>
<b>3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES .....</b>	<b>10</b>
<b>4 INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>14</b>
4.1 Generalidades .....	14
4.2 Información especial para micropilotes .....	15
4.3 Lista de actividades .....	15
<b>5 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA.....</b>	<b>16</b>
5.1 Generalidades .....	16
5.2 Requisitos específicos .....	16
<b>6 MATERIALES Y PRODUCTOS .....</b>	<b>17</b>
6.1 Generalidades .....	17
6.2 Armaduras y elementos portantes de carga.....	17
6.2.1 Acero para jaulas de armadura .....	17
6.2.2 Acero para elementos portantes de carga .....	17
6.2.3 Otros materiales para armaduras y elementos portantes de carga .....	18
6.3 Materiales para la lechada, el mortero y el hormigón .....	18
6.3.1 Cemento .....	18
6.3.2 Áridos .....	18
6.3.3 Agua .....	18
6.3.4 Aditivos y adiciones.....	18
6.4 Lechada de cemento .....	19
6.4.8 Control de calidad .....	19
6.5 Mortero y hormigón.....	19
6.5.1 Mortero y hormigón <i>in situ</i> .....	19
6.5.2 Otro tipo de hormigón .....	20
6.6 Separadores, centradores y otros componentes.....	20
6.7 Recubrimientos y compuestos para la protección contra la corrosión .....	20
<b>7 CONSIDERACIONES RELACIONADAS CON EL DISEÑO.....</b>	<b>21</b>
7.1 Generalidades .....	21
7.2 Tolerancias geométricas de construcción.....	21
7.3 Ejecución.....	21
7.4 Armadura .....	22
7.5 Elementos de conexión .....	23
7.6 Protección de los elementos de acero contra la corrosión.....	23
7.7 Separadores y centradores .....	24
7.8 Ensanchamiento de micropilotes .....	24
7.9 Conexiones con la superestructura .....	24
7.10 Espaciamiento de los micropilotes .....	24
7.11 Requisitos especiales para micropilotes en suelos muy flojos.....	25
7.12 Azuche para micropilotes .....	25

8	EJECUCIÓN .....	25
8.1	Generalidades .....	25
8.2	Preparación del emplazamiento de la obra.....	26
8.3	Secuencia de ejecución .....	26
8.4	Perforación .....	26
8.4.1	Generalidades .....	26
8.4.2	Uso de lavado.....	27
8.4.3	Taladros con tubería de revestimiento .....	27
8.4.4	Perforación con hélice continua .....	27
8.5	Hinca .....	28
8.6	Ensanchamientos.....	28
8.7	Armadura y elementos portantes.....	28
8.7.1	Manipulación y almacenamiento .....	28
8.7.2	Juntas .....	29
8.7.3	Separadores y centradores .....	29
8.7.4	Colocación.....	29
8.8	Inyección .....	30
8.8.1	Generalidades .....	30
8.8.2	Preparación de la lechada .....	30
8.8.3	Ensayo de taladros e inyección previa.....	31
8.8.4	Relleno del taladro con lechada .....	31
8.8.5	Inyección en un paso o inyección única global a través de una tubería de revestimiento temporal .....	31
8.8.6	Inyección en un paso o inyección única global a través de un elemento portante .....	31
8.8.7	Inyecciones a presión y de relleno durante la hinca .....	31
8.8.8	Inyección durante la perforación.....	31
8.8.9	Inyección multietapa o repetitiva.....	32
8.9	Hormigonado.....	32
8.10	Corte de micropilotes .....	32
9	SUPERVISIÓN, ENSAYO Y SEGUIMIENTO .....	32
9.1	Supervisión .....	32
9.2	Seguimiento de la construcción de los micropilotes .....	33
9.3	Ensayo de los micropilotes.....	33
9.3.1	Generalidades .....	33
9.3.2	Ensayos de carga estática .....	33
9.3.3	Ensayos de carga dinámica y ensayos de integridad .....	35
10	REGISTROS .....	35
10.1	Generalidades .....	35
10.2	Partes de ejecución de micropilotes de producción .....	35
10.3	Partes para ensayo de micropilotes .....	37
11	REQUISITOS ESPECIALES .....	38
	ANEXO A (Informativo) MÉTODOS DE EJECUCIÓN DE MICROPILOTES .....	44
A.1	Micropilotes perforados.....	44
A.2	Micropilotes de desplazamiento.....	45
	ANEXO B (Informativo) GUÍA SOBRE LAS TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS DE CONSTRUCCIÓN .....	46

<b>ANEXO C (Informativo)</b>	<b>RECUBRIMIENTO MÍNIMO (EN MM) DE LA ARMADURA Y ELEMENTO PORTANTE DE ACERO DE BAJA RESISTENCIA PARA MICROPILOTES HECHOS <i>IN SITU</i>, TENIENDO EN CUENTA LAS CLASES DE EXPOSICIÓN RELACIONADAS CON LAS ACCIONES AMBIENTALES DEFINIDAS EN LA NORMA EN 206-1 .....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO D (Informativo)</b>	<b>GUÍA SOBRE VELOCIDADES DE CORROSIÓN .....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO E (Informativo)</b>	<b>ENSAYO DE TALADROS E INYECCIÓN PREVIA .....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO F (Informativo)</b>	<b>GUÍA PARA LA PREPARACIÓN DE UN PARTE PARA VARIOS MICROPILOTES PERFORADOS .....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO G (Informativo)</b>	<b>GUÍA PARA LA PREPARACIÓN DE UN PARTE PARA VARIOS MICROPILOTES HINCADOS .....</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>52</b>

## PRÓLOGO

Esta Norma Europea EN 14199:2005 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 288 *Ejecución de trabajos geotécnicos especiales*, cuya Secretaría desempeña AFNOR.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de septiembre de 2005, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de septiembre de 2005.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos elementos de esta norma pueden estar sujetos a derechos de propiedad intelectual o patentes. El CEN [y/o CENELEC] no deben asumir la responsabilidad de identificar cualquier o todos los derechos de patentes citados.

El objeto general del Comité Técnico CEN/TC 288 es la normalización de los procedimientos de ejecución de los trabajos geotécnicos, incluyendo los métodos de ensayo y de control, y las propiedades requeridas de los materiales. El WG 8 ha sido el grupo de trabajo al que se le ha asignado el área de los micropilotes.

Esta norma se ha preparado de acuerdo con el Eurocódigo EN 1997-1. El capítulo 7 de esta norma recoge aspectos del proyecto de micropilotes.

Esta norma se ha elaborado por un grupo de trabajo formado por delegados de 14 países y está basada en la revisión de los códigos de práctica nacionales e internacionales.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

## **1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

**1.1** Esta norma establece principios generales para la ejecución de micropilotes.

Dichos principios son aplicables a:

- micropilotes perforados con un diámetro de fuste no mayor que 300 mm;
- micropilotes hincados con un diámetro de fuste o una dimensión máxima de la sección transversal del fuste no mayor que 150 mm.

**1.2** Los micropilotes son elementos estructurales que transfieren las acciones al terreno y pueden tener elementos portantes para transferir directa o indirectamente las cargas y/o limitar las deformaciones. Se puede mejorar su resistencia por el fuste y por la punta (principalmente mediante inyección) y pueden construirse con (véase la figura 1):

- sección transversal uniforme (fuste recto); o
- dimensiones del fuste que cambian telescópicamente;
- ensanchamientos del fuste; y/o
- ensanchamientos de la punta.

**1.3** Aparte de consideraciones prácticas, no hay limitaciones relativas a la longitud, la inclinación (véase la figura 2 para la definición de la inclinación), la relación de esbeltez o los ensanchamientos del fuste y la punta.

**1.4** Las disposiciones de esta norma se aplican a (véase la figura 3):

- micropilotes aislados;
- grupos de micropilotes;
- reticulados de micropilotes;
- pantallas de micropilotes.

**1.5** Los micropilotes a los que se refiere esta norma se pueden instalar en el terreno por medio de perforación, hincado o una combinación de estos métodos.

**1.6** El material de los micropilotes cubiertos por esta norma puede ser:

- acero u otros materiales de refuerzo;
- lechada, mortero u hormigón;
- una combinación de los anteriores.

**1.7** Se pueden utilizar los micropilotes para:

- trabajos con condiciones de acceso y/o gálibo restringidos;
- cimentaciones de estructuras nuevas (particularmente en formaciones muy heterogéneas de suelo o roca);



- refuerzo o aumento de la resistencia de estructuras existentes con el objeto de incrementar su capacidad de transferir cargas en profundidad con asientos aceptables, es decir, trabajos de recalce;
- reducir asientos y/o desplazamientos;
- formar un muro de contención;
- reforzar el suelo para formar una estructura portante y/o de contención;
- mejorar la estabilidad de taludes;
- evitar el levantamiento;
- otras aplicaciones en las que la técnica de los micropilotes sea apropiada.

**1.8** No están incluidas en esta norma las columnas mezcladas *in situ* y los pilotes de madera. En la Norma EN 12716 se incluyen las columnas de *jet grouting* y en la Norma EN 1537 los anclajes.

## **2 NORMAS PARA CONSULTA**

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

EN 197-1 *Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.*

EN 206-1 *Hormigón. Parte 1: Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad.*

EN 791 *Equipos de perforación. Seguridad.*

EN 934-2 *Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado.*

EN 996 *Equipos de pilotaje. Requisitos de seguridad.*

EN 1008 *Agua de amasado para hormigón. Especificaciones para la toma de muestras, los ensayos y la evaluación de aptitud al uso de agua, incluyendo las aguas recuperadas de procesos en la industria del hormigón, así como agua de amasado para hormigón.*

EN 1536:1999 *Ejecución de trabajos especiales de geotecnia. Pilotes perforados.*

EN 1537:1999 *Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Anclajes.*

EN 1991-1 *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1: Acciones generales.*

EN 1992-1-1 *Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.*

EN 1993-1-1 *Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios.*

EN 1993-5 *Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 5: Pilotes y tablestacas.*

EN 1994-1-1 *Eurocódigo 4: Proyecto de estructuras mixtas de hormigón y acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.*

EN 1997-1:2004 *Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico. Parte 1: Reglas generales.*

EN 10025 *Productos laminados en caliente de aceros para estructuras.*

EN 10080 *Acero para armaduras de hormigón armado. Acero corrugado soldable B500. Condiciones técnicas de suministro para barras, rollos y mallas electrosoldadas.*

prEN 10138-4 *Aceros para pretensar. Parte 4: Barras.*

EN 10210 *Perfiles huecos para construcción, acabados en caliente, de acero no aleado de grano fino.*

EN 12699:2000 *Realización de trabajos geotécnicos especiales. Pilotes de desplazamiento.*

EN 12794 *Productos prefabricados de hormigón. Pilotes de cimentación.*

EN ISO 11960 *Industrias del petróleo y del gas natural. Tubos de acero utilizados como tubos de revestimiento o tubos para pozos. (ISO 11960:2004).*

### 3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de esta norma, se aplican los términos y definiciones siguientes:

#### 3.1 micropilote:

**en:** micropile

**fr:** micropieu

**de:** Mikropfahl

Pilote que tiene un diámetro pequeño (diámetro de fuste menor que 300 mm para los pilotes perforados y diámetro de fuste o dimensión máxima de la sección transversal del fuste no mayor que 150 mm para los pilotes hincados).

#### 3.2 base o punta ensanchada:

**en:** enlarged base

**fr:** base élargie

**de:** Fussaufweitung

Base del micropilote ejecutada de modo que tenga una sección transversal mayor que la de su fuste.

#### 3.3 diámetro del fuste:

**en:** shaft diameter

**fr:** diamètre du fût

**de:** Pfahldurchmesser

Diámetro de la parte del micropilote entre la cabeza y la base o punta:

- a) en micropilotes contruidos con tubería de revestimiento: es igual al diámetro externo de la tubería de revestimiento;
- b) en micropilotes contruidos sin tubería de revestimiento: es igual al diámetro máximo del útil de perforación o a la dimensión máxima de la sección transversal del útil de hinc;
- c) en micropilotes prefabricados: es igual al diámetro externo o a la dimensión máxima de la sección transversal.

#### 3.4 micropilote preliminar:

**en:** preliminary micropile

**fr:** micropieu préliminaire

**de:** Vorversuchs-Mikropfahl (Probepfahl 1)

Micropilote ejecutado antes del comienzo de la parte principal de la obra de micropilotaje o de una sección de la misma, con el propósito de verificar la idoneidad del tipo de micropilote elegido y/o confirmar su diseño, dimensiones y capacidad portante.

**3.5 micropilote de prueba:**

**en:** trial micropile

**fr:** trial micropile

**de:** Eignungsversuchs-Mikropfahl (Probepfahl 2)

Micropilote ejecutado para evaluar la factibilidad y adecuación del método de construcción para una aplicación particular.

**3.6 micropilote de ensayo:**

**en:** test micropile

**fr:** micropieu d'essai

**de:** Abnahmeversuchs-Mikropfahl (Probepfahl 3)

Micropilote al que se aplica una carga para determinar sus características de resistencia y deformación y las del terreno que lo rodea.

**3.7 micropilote de trabajo:**

**en:** working micropile

**fr:** pieu de fondation

**de:** Bauwerksmikropfahl

Micropilote que forma parte de una estructura.

**3.8 ensayo de integridad:**

**en:** integrity test

**fr:** essai d'intégrité

**de:** Integritätsprüfung

Ensayo que se lleva a cabo sobre un micropilote ya ejecutado para verificar la validez de sus componentes.

**3.9 ensayo de carga estática:**

**en:** static load test

**fr:** essai de chargement statique

**de:** statische Probebelastung

Ensayo de carga en el cual un micropilote se somete a una carga axial seleccionada y/o a fuerzas laterales aplicadas en su cabeza con el objeto de analizar su capacidad y sus características de deformación.

**3.10 ensayo de carga sostenida:**

**en:** maintained load test (ML test)

**fr:** essai de chargement par palier

**de:** lastgesteuerte Probebelastung

Ensayo de carga estática en el que a un micropilote de ensayo se le aplican cargas mediante incrementos, cada una de los cuales se mantiene constante durante un período de tiempo determinado o hasta que el movimiento del micropilote haya cesado virtualmente o haya alcanzado un límite prescrito.

**3.11 ensayo con velocidad de penetración constante (ensayo CRP o VPC):**

**en:** constant rate of penetration test (CRP test)

**fr:** essai de chargement à vitesse d'enfoncement constante

**de:** weggesteuerte Probebelastung

Ensayo de carga estática en el que se hace penetrar en el terreno un micropilote de ensayo a velocidad constante y se mide la fuerza necesaria para hacerlo.

**3.12 ensayo de carga dinámica:**

**en:** dynamic load test

**fr:** essai de chargement dynamique

**de:** dynamische Probebelastung

Ensayo de carga en el que se aplica una fuerza dinámica sobre un micropilote para analizar su capacidad portante y sus características de deformación.

**3.13 lechada:****en:** grout**fr:** coulis**de:** Zementmörtel

Material que fragua, constituido normalmente por cemento y agua, y algunas veces por aditivos o una cantidad limitada de áridos finos. Transfiere la carga desde el elemento portante o el fuste del micropilote al terreno y/o contribuye a la protección contra la corrosión.

**3.14 mortero:****en:** mortar**fr:** mortier**de:** Verpressmörtel/Feinkornbeton

Hormigón con áridos muy pequeños (< 8 mm).

**3.15 hincia:****en:** driving**fr:** fonçage**de:** Einbringen/Eintrieben

Método para introducir el micropilote en el terreno hasta la profundidad especificada, mediante golpeo, vibración, presión, atornillado o mediante una combinación de éstos u otros métodos.

**3.16 perforación:****en:** drilling**fr:** forage**de:** Bohren

Método para extraer el suelo o la roca en un proceso intermitente o continuo.

**3.17 tubería de revestimiento:****en:** casing**fr:** tubage**de:** Verrohrung

Tubería utilizada como soporte de la perforación durante la construcción de un micropilote. La tubería de revestimiento puede ser permanente o temporal. La tubería de revestimiento permanente puede actuar como un elemento portante de carga y/o de protección contra la corrosión.

**3.18 forro:****en:** liner**fr:** gaine, chemise**de:** Hülse, Mantelrohr

Tubo, generalmente de lámina delgada de acero o plástico, que forma parte del fuste de un micropilote. Se utiliza, por ejemplo, para la protección de dicho fuste en terrenos blandos o agresivos o para reducir la fricción negativa.

**3.19 tubo de hincia:****en:** drive tube**fr:** tube de fonçage**de:** Vortreibrohr/Rammrohr

Tubo de acero utilizado para desplazar al terreno durante la ejecución de un micropilote hincado y hormigonado *in situ*. El tubo de hincia se extrae durante la inyección de la lechada u hormigonado.

**3.20 junta de micropilote:****en:** micropile joint**fr:** assemblage, connexion de micropieu**de:** Verbindung

Medio de unión de tramos de elementos portantes a través de soldadura o de juntas mecánicas.

**3.21 manguito de unión:**

**en:** coupler

**fr:** manchon

**de:** Koppelement/Muffe

Dispositivo externo de unión de tramos de barras o tubos que constituyen la armadura o refuerzo o el elemento portante.

**3.22 niple:**

**en:** nipple

**fr:** mamelon

**de:** Nippel

Dispositivo interno de unión de tramos de barras o tubos que constituyen la armadura o refuerzo o el elemento portante.

**3.23 centrador:**

**en:** centralizer

**fr:** centreur

**de:** Zentrierer

Dispositivo para colocar la armadura centrada dentro de una perforación o tubería de revestimiento.

**3.24 separador:**

**en:** spacer

**fr:** écarteur

**de:** Abstandhalter

Dispositivo para asegurar el recubrimiento especificado de lechada, mortero u hormigón o la distancia entre elementos de armado.

**3.25 elemento portante de carga:**

**en:** load bearing element

**fr:** élément porteur

**de:** Tragglied

Elemento de acero u otro material capaz de transmitir la carga de la estructura al terreno.

**3.26 fluido/lodo de perforación:**

**en:** drilling fluid/mud

**fr:** fluide de forage, boue de forage

**de:** Spülflüssigkeit, Bohrspülung

Agua o una suspensión de bentonita, polímeros o arcilla, en agua con o sin cemento y otros añadidos, para estabilizar las paredes de la perforación y para limpiarlas.

**3.27 tubo-manguitos:**

**en:** tube-à-manchettes

**fr:** tube à manchettes

**de:** Manschettenrohr

Tubo con perforaciones regularmente espaciadas y provistas de manguitos o válvulas a través de los cuales se puede inyectar utilizando un dispositivo de obturación.

**3.28 nivel de trabajo:**

**en:** working level

**fr:** niveau de travail

**de:** Arbeitsebene

Nivel de la plataforma sobre la que trabaja la pilotadora.

**3.29 representante técnico del cliente:****en: clients technical representative****fr: représentant technique du client****de: Technischer Bauherrnvertreter**

Persona que representa al cliente y está totalmente familiarizado con todos los aspectos de la obra relacionados con el uso de micropilotes, incluyendo el conocimiento especializado de la tecnología de los micropilotes.

**3.30 inyección:****en: grouting****fr: injection sous pression****de: Verpressen**

Bombeo de lechada u hormigón dentro de una perforación, con una presión que es superior a la hidrostática.

**3.31 inyección repetitiva:****en: multi-stage grouting****fr: injection sous pression répétée****de: Nachverpressen**

Inyección a presión a través de tubos-manguitos, válvulas especiales o tubos de re-inyección, después de que la lechada previamente inyectada haya fraguado.

**3.32 inyección de relleno:****en: filling****fr: remplissage gravitaire****de: Verfüllen**

Inyección en la que la presión aplicada no es otra que la altura del fluido que se inyecta. Algunas veces se denomina inyección por gravedad o inyección tremie.

**4 INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS****4.1 Generalidades**

**4.1.1** Antes de la ejecución del trabajo se debe disponer de toda la información necesaria y los datos sobre la investigación del emplazamiento.

**4.1.2** Esta información debería incluir:

- a) cualquier restricción legal o estatutaria;
- b) la situación de las principales líneas de la malla para el replanteo;
- c) las condiciones de las estructuras, carreteras, servicios, etc. adyacentes a la obra, incluyendo las inspecciones necesarias;
- d) un sistema de gestión de la calidad adecuado, incluyendo supervisión, control y ensayos.

**4.1.3** La información sobre las condiciones del emplazamiento debe incluir, cuando proceda:

- a) la geometría del emplazamiento (condiciones de contorno, topografía, accesos, taludes, restricciones de gálibo...);
- b) las estructuras subterráneas existentes, servicios aéreos y subterráneos, obstrucciones, contaminaciones y limitaciones arqueológicas conocidas;
- c) restricciones ambientales, incluyendo ruido, vibración y contaminación;
- d) las actividades de construcción en ejecución o futuras, tales como rebajamientos del nivel freático, túneles y excavaciones profundas.

## **4.2 Información especial para micropilotes:**

**4.2.1** Donde sea de aplicación, se debe incluir en la documentación de proyecto la siguiente información adicional sobre el emplazamiento y la misma debe estar disponible en el lugar antes de empezar con los micropilotes:

- niveles de la plataforma de trabajo;
- información sobre la localización del emplazamiento;
- agresividad química del terreno y/o del agua subterránea (= clase de exposición de acuerdo con la Norma EN 206-1);
- condiciones climáticas;
- posibilidad de corriente eléctrica perdida;
- inestabilidad potencial del terreno;
- presencia en el terreno de pilotes, anclajes u otras obstrucciones artificiales (como por ejemplo madera, acero, etc.).

**4.2.2** Cuando proceda, se deben investigar durante el diseño y estar disponibles para la ejecución, los puntos siguientes:

- cuando se requiera, toda la información necesaria o relevante para la elaboración de los planos de trabajo y los procedimientos de ejecución;
- necesidad, alcance y procedimiento para cualquier reconocimiento de las condiciones de las estructuras, carreteras, servicios, etc. adyacentes al área de trabajo. Cuando sea necesario un reconocimiento, éste deberá llevarse a cabo y estar disponible antes del comienzo de la obra;
- en las especificaciones de proyecto debe establecerse claramente la distribución de las actividades de diseño, ejecución y supervisión y la responsabilidad de las partes involucradas;
- la experiencia previa con micropilotes, otras cimentaciones u obras subterráneas en el sitio o adyacente a él;
- deformaciones admisibles de las estructuras adyacentes;
- dimensiones y composición de las cimentaciones y soleras existentes;
- condición, estabilidad y deformación admisible de las estructuras a recalzar;
- sistemas existentes de drenaje y de rebajamiento del nivel freático.

## **4.3 Lista de actividades**

El diseño y la ejecución deberían incluir, según corresponda, las actividades siguientes:

NOTA El orden mostrado no representa necesariamente una secuencia en el tiempo.

- a) evaluación de las hipótesis de diseño en función de los datos de la investigación del emplazamiento y de la viabilidad de construcción;
- b) ejecución de micropilotes preliminares o de prueba si se precisa, y de ensayos en esos micropilotes;
- c) evaluación de los resultados obtenidos con los micropilotes preliminares y/o de prueba;
- d) definición de la secuencia de ejecución de un micropilote teniendo en cuenta el punto c);

- e) directrices acerca de la secuencia de ejecución, si es necesario;
- f) indicación, a todas las partes involucradas, de los puntos clave en los criterios de diseño a los que debe prestarse especial atención;
- g) especificaciones para el control de los efectos de la ejecución de los micropilotes sobre las estructuras recalzadas y/o adyacentes (tipo y precisión de los instrumentos, frecuencia de las lecturas) y para interpretar los resultados;
- h) definición de los límites tolerables acerca de la influencia de la ejecución de los micropilotes sobre las estructuras recalzadas y/o adyacentes;
- i) suministro de planos de construcción;
- j) especificaciones para los ensayos de control durante la ejecución y para los ensayos de los micropilotes.

## 5 INVESTIGACIÓN GEOTECNICA

### 5.1 Generalidades

**5.1.1** La investigación general debe cumplir los requisitos de la Norma EN 1997-1.

**5.1.2** El informe geotécnico debe estar disponible a tiempo para permitir un diseño y una ejecución fiables de los trabajos geotécnicos especiales (micropilotes).

**5.1.3** Se debe verificar la investigación geotécnica para establecer si es suficiente para el diseño y ejecución de los trabajos geotécnicos especiales (micropilotes).

**5.1.4** Si las investigaciones geotécnicas realizadas no son suficientes, se deben llevar a cabo investigaciones suplementarias.

### 5.2 Requisitos específicos

**5.2.1** Para establecer la extensión de la investigación geotécnica se deben tener en cuenta las experiencias importantes durante la ejecución de obras de cimentación comparables bajo condiciones similares y/o en sitios adyacentes.

NOTA Se acepta la referencia a experiencias importantes sobre esta materia si se toman medios de verificación apropiados (por ejemplo: mediante ensayos de penetración, presiómetro u otros ensayos).

**5.2.2** Se deben determinar las características de los suelos mediante ensayos *in situ* y/o ensayos de laboratorio a lo largo de la longitud de los micropilotes y hasta una profundidad por debajo de la base o punta de éstos, que depende de la naturaleza del terreno y del tipo de micropilote (resistente por punta y/o por fricción).

**5.2.3** En los micropilotes que resisten por punta, la investigación geotécnica debe demostrar que el estrato competente en el que se apoyan no tiene inmediatamente por debajo un estrato blando con la posibilidad de un fallo por punzonamiento o de asentamientos inaceptables.

**5.2.4** Cuando sea importante para la ejecución de los micropilotes, el informe de la investigación geotécnica debe proporcionar la información siguiente:

- a) los niveles piezométricos de todos los niveles freáticos de las capas de suelo y de roca. Donde proceda, los niveles piezométricos de los diferentes niveles freáticos existentes en el lugar se deberían controlar separadamente y durante un periodo de tiempo suficiente para poder estimar los niveles piezométricos más altos que pueden producirse durante la construcción de los micropilotes. Se debe prestar especial atención a las condiciones artesianas y de flujos rápidos de agua subterránea;



- b) la presencia de suelos gruesos muy permeables o de cavidades (naturales o artificiales) que puedan causar pérdidas súbitas del fluido de perforación e inestabilidad de la perforación, y que por lo tanto, puedan, requerir medidas especiales;
- c) la presencia y las características de resistencia y de deformación de capas blandas, tales como arcilla muy blanda o turba, que puedan causar dificultades durante la ejecución o entrada en carga de los micropilotes (deformación o inestabilidad de la perforación, riesgo de pandeo);
- d) la presencia de cantos y bolos u otras obstrucciones subterráneas que puedan causar dificultades a la ejecución, y que por lo tanto puedan requerir métodos o herramientas especiales para la penetración (pasando a través) o para la extracción;
- e) el nivel y el talud de la superficie de la roca, el espesor y la extensión de cualquier roca alterada existente, la presencia de fisuras o cavidades;

NOTA En algunos casos, puede ser necesario también determinar la resistencia o dureza de la roca.

- f) la agresividad química del agua subterránea, del suelo o de la roca que pueda afectar a las propiedades de la lechada, del mortero o del hormigón y del acero;
- g) la presencia, extensión, espesor y naturaleza del suelo contaminado o basura que pueda influir sobre la forma en que se retiren los residuos generados y pueda requerir medidas especiales para la protección y seguridad de los trabajadores;
- h) la degradación de las propiedades del suelo o de la roca cuando entran en contacto con el agua.

## **6 MATERIALES Y PRODUCTOS**

### **6.1 Generalidades**

**6.1.1** Todos los materiales y productos que formen parte de los micropilotes deben cumplir con las especificaciones de la obra.

**6.1.2** Las fuentes de suministro de los materiales deben documentarse y no deben cambiarse sin notificación previa.

### **6.2 Armaduras y elementos portantes de carga**

#### **6.2.1 Acero para jaulas de armadura**

**6.2.1.1** Las barras de acero para la armadura de micropilotes de hormigón deben cumplir con la Norma EN 10080.

**6.2.1.2** Se debe prestar atención a los requisitos de ensamblaje y de soldadura de las jaulas de acero cuando se elija el tipo y calidad del acero.

#### **6.2.2 Acero para elementos portantes de carga**

**6.2.2.1** Los elementos portantes de acero deben cumplir:

- con la Norma EN 10080 o el proyecto de Norma prEN 10138-4, cuando se utilicen barras;
- con las Normas EN 10210 o EN 10219 o EN ISO 11960, cuando se utilicen secciones huecas (por ejemplo: tubos);
- con la Norma EN 10025, cuando se utilicen productos laminados en caliente (por ejemplo: secciones H).

**6.2.2.2** Se debe prestar atención a los requisitos de soldabilidad al elegir el tipo y calidad del acero, cuando proceda.

**6.2.2.3** Los elementos de conexión no deben comprometer la capacidad requerida del elemento portante.

**6.2.2.4** Los elementos de acero reutilizados o de segunda opción deben cumplir, como mínimo, con los requisitos relacionados con las propiedades del material y geométricas especificadas en el proyecto y deben estar libres de daños, de material deteriorado y de corrosión, que podrían afectar a la resistencia y durabilidad.

### **6.2.3 Otros materiales para armaduras y elementos portantes de carga**

**6.2.3.1** El hierro fundido para elementos portantes y las piezas de fundición deben cumplir con las especificaciones de proyecto y del fabricante.

**6.2.3.2** Se pueden utilizar otros materiales sólo si se ha probado su idoneidad y son aprobados por el representante técnico del cliente.

## **6.3 Materiales para la lechada, el mortero y el hormigón**

### **6.3.1 Cemento**

**6.3.1.1** El cemento para micropilotes debe cumplir con la Norma EN 197-1.

**6.3.1.2** Se debe tener en cuenta la agresividad del ambiente cuando se elija el tipo de cemento. Debe definirse la clase de exposición de acuerdo con la Norma EN 206-1.

**6.3.1.3** De acuerdo con el proyecto de Norma prEN 10138-4 no deben utilizarse cementos de alto contenido en sulfatos en contacto con acero pretensado.

### **6.3.2 Áridos**

**6.3.2.1** Los áridos deben cumplir con la Norma EN 206-1.

**6.3.2.2** Cuando se coloque mortero u hormigón con tubo tremie o mediante bombeo, los áridos redondeados son los más convenientes.

### **6.3.3 Agua**

**6.3.3.1** El agua de mezclado debería cumplir con la Norma EN 206-1.

NOTA Para la preparación de la lechada, el mortero o el hormigón es aceptable el agua potable.

**6.3.3.2** Debería ensayarse el agua de mezclado obtenida *in situ* de fuentes naturales, particularmente para determinar el contenido en cloruros, sulfatos y materia orgánica, y ser aprobada por el representante técnico del cliente.

**6.3.3.3** De acuerdo con lo requerido en el apartado 6.3.3.2, los métodos de ensayo del agua y el criterio de aceptación deben cumplir con la Norma EN 1008.

### **6.3.4 Aditivos y adiciones**

**6.3.4.1** Los aditivos y adiciones deben cumplir:

- a) con las Normas EN 206-1 y EN 934-2;
- b) con los documentos de aprobación y los requisitos del fabricante.

## **6.4 Lechada de cemento**

**6.4.1** La composición de la lechada y la técnica y el procedimiento de inyección y de relleno deben planearse y llevarse a cabo de una manera apropiada a la aplicación y a las condiciones del terreno.

**6.4.2** Se puede utilizar arena y fillers (inertes finos) en las lechadas de cemento como agente espesante o como un medio de variar la consistencia de la lechada, su resistencia al lavado o la segregación de sus componentes.

**NOTA** Se deben considerar como lechadas de cemento aquellas lechadas de cemento a las cuales se añadan fillers o arena (con un tamaño máximo de grano de 2 mm) en cantidades, en peso, menores que la cantidad de cemento. Para cantidades mayores de arena o fillers se debe considerar a la mezcla como un mortero.

**6.4.3** La relación agua/cemento debería ser la apropiada para las condiciones reales del terreno y no mayor que 0,55, siempre que no se especifique lo contrario.

**6.4.4** La resistencia a compresión simple debe ser de al menos 25 MPa a 28 días (o a la fecha en la que se lleva a cabo la primera puesta en carga del micropilote si es antes de este plazo) en probetas de ensayo cilíndricas con una relación altura – diámetro igual a 2.

**6.4.5** Se deberían llevar a cabo ensayos de laboratorio y de campo para verificar la mezcla, su eficiencia, tiempo de fraguado y comportamiento. Estos ensayos se deberían llevar a cabo de acuerdo con la Norma EN 445, cuando aplique.

**6.4.6** La exudación admisible después de 2 h debería ser menor que el 3%.

**6.4.7** Se deberían diseñar las lechadas de cemento utilizadas para revestir una armadura dentro de un encapsulamiento, de manera tal que se minimice la exudación y la retracción de acuerdo con la Norma EN 447.

## **6.4.8 Control de calidad**

**6.4.8.1** Se debe controlar la calidad de la lechada durante la obra.

**6.4.8.2** En el lugar de la obra se debería someter a las lechadas, a los ensayos de rutina siguientes:

- densidad en la mezcladora y, cuando sea aplicable, a la entrada y salida de la perforación;
- viscosidad (valor Marsh), cuando sea aplicable;
- exudación.

**6.4.8.3** Se deben tomar y ensayar su resistencia a compresión al menos 2 conjuntos de 3 muestras (cilíndricas o cúbicas), por cada emplazamiento y para cada período máximo de 7 días de trabajo, a menos que se especifique lo contrario.

**6.4.8.4** Se debe verificar el proceso de mezclado periódicamente, cuando éste sea automático, y se debe registrar por medio de partes de control cuando no lo sea.

## **6.5 Mortero y hormigón**

### **6.5.1 Mortero y hormigón *in situ***

**6.5.1.1** Se debe diseñar la composición de la mezcla de acuerdo con la Norma EN 206-1, a menos que se especifique lo contrario.

**6.5.1.2** El mortero y el hormigón para micropilotes deben:

- a) tener una alta resistencia frente a la segregación;
- b) ser de alta plasticidad y buena cohesión;

- c) tener buenas propiedades de flujo;
- d) tener la capacidad de autocompactarse;
- e) ser suficientemente trabajables durante el proceso de colocación, incluyendo la extracción de cualquier tubería de revestimiento;
- f) tener una resistencia a compresión simple de al menos 25 MPa a 28 días (o a la fecha en la que se lleva a cabo la primera puesta en carga del micropilote si es antes de este plazo), determinada en probetas cilíndricas con una relación altura – diámetro igual a 2.

**6.5.1.3** Para condiciones de colocación sumergidas, el contenido de cemento debe ser de, al menos, 375 kg/m<sup>3</sup>, con una relación agua/cemento < 0,6, a menos que se especifique lo contrario.

**6.5.1.4** El tamaño de los áridos para mortero no debe exceder los diámetros característicos siguientes:

- $d_{85} \leq 4 \text{ mm}$ ;
- $d_{100} \leq 8 \text{ mm}$ .

**6.5.1.5** El tamaño máximo de grano de los áridos para hormigón no debe exceder de 16 mm, de 1/4 de la distancia libre entre las barras longitudinales, o de 1/6 del diámetro interno del tubo tremie utilizado o de la tubería de bombeo, tomando como referencia el menor de ellos.

## **6.5.2 Otro tipo de hormigón**

**6.5.2.1** Los materiales y la fabricación de los elementos prefabricados de hormigón hincados, incluidas las juntas, deben cumplir con la Norma EN 12794.

**6.5.2.2** El apartado 6.5.1 cubre el hormigón que posteriormente se coloca dentro de la tubería de revestimiento de un micropilote.

## **6.6 Separadores, centradores y otros componentes**

**6.6.1** Se pueden utilizar separadores o centradores para proporcionar el recubrimiento de lechada u hormigón especificado en el apartado 7.6.

**6.6.2** Los separadores y centradores se deben diseñar y fabricar con materiales durables que no provoquen:

- la corrosión de la armadura o del elemento portante;
- el desconche del recubrimiento de lechada, mortero u hormigón.

**6.6.3** Los materiales de los separadores, centradores y otros componentes deben ser compatibles con los materiales del micropilote y no deben comprometer la protección contra la corrosión.

## **6.7 Recubrimientos y compuestos para la protección contra la corrosión**

**6.7.1** Los recubrimientos y compuestos para la protección contra la corrosión deben cumplir con las especificaciones de proyecto. La continuidad de la protección cerca de los elementos de conexión debe cumplir con las especificaciones y con el diseño.

**6.7.2** Los compuestos de protección utilizados con acero de alta resistencia y con acero pretensado, según se define en el apartado 7.7.2, deben estar de acuerdo con el apartado 6.10 de la Norma EN 1537:1999.

**6.7.3** Los recubrimientos utilizados para reducir la fricción por fuste deben cumplir con las especificaciones y con el diseño.

## **7 CONSIDERACIONES RELACIONADAS CON EL DISEÑO**

### **7.1 Generalidades**

**7.1.1** Las normas básicas para el diseño de micropilotes deben ser:

- la Norma EN 1991-1 para las bases de cálculo y las acciones sobre las estructuras;
- la Norma EN 1991-1 para las bases del cálculo y las acciones sobre las construcciones;
- la Norma EN 1992-3 para el proyecto estructural de pilotes de hormigón;
- la Norma EN 1993 para el proyecto estructural de elementos de acero;
- la Norma EN 1994-1-1 para el proyecto estructural de elementos mixtos;
- el proyecto de Norma prEN 10138-4 para el proyecto de elementos pretensados;
- la Norma EN 1997-1 para la resistencia portante.

**7.1.2** Esta norma proporciona reglas de diseño relacionadas con la ejecución, las cuales no están cubiertas por las normas mencionadas y pueden influir sobre el diseño o detalles de los micropilotes.

**7.1.3** El diseño de los micropilotes debe establecer el tipo y tamaño de los mismos.

NOTA Sólo se pueden diseñar eficientemente los micropilotes sobre la base de un conocimiento sólido del proyecto de construcción, de los requisitos estructurales del sistema de micropilotes, de las propiedades geotécnicas del terreno y de la experiencia previa con micropilotes en condiciones similares de terreno.

**7.1.4** Si no existen experiencias comparables acerca de la ejecución, antes del comienzo de la obra se deben ejecutar uno o más micropilotes preliminares o de prueba en localizaciones seleccionadas.

NOTA La ejecución de micropilotes preliminares ofrece la posibilidad de investigar los procedimientos de ejecución y el equipo, y de evaluar el efecto de la ejecución de los micropilotes sobre el comportamiento del suelo y del entorno.

**7.1.5** El diseño debe también tener en cuenta las limitaciones específicas de ejecución.

### **7.2 Tolerancias geométricas de construcción**

**7.2.1** Se deben considerar las tolerancias geométricas de construcción en el diseño y ejecución.

NOTA En el anexo B se facilita una guía sobre las tolerancias geométricas de construcción.

**7.2.2** Si se exceden las tolerancias geométricas de construcción se debe tener en cuenta el alcance de la posible sobrecarga de cualquier parte estructural y se deben tomar medidas adecuadas, si fuese necesario.

### **7.3 Ejecución**

**7.3.1** Se deberían definir en las especificaciones de proyecto los valores límite (tales como límite de desplazamiento, límites de vibraciones,...) aceptables para las estructuras y/o servicios adyacentes.

**7.3.2** Cuando los micropilotes se deban empotrar en un estrato portante o en roca, se debe indicar la profundidad y el diámetro mínimos en las especificaciones de proyecto.

**7.3.3** Dondequiera que esté situado el punto de comienzo de la perforación por debajo del nivel freático o de una carga artesisana, se deben tener en cuenta medidas especiales para evitar el sifonamiento a través de la perforación o pérdidas de terreno.

**7.3.4** Donde las condiciones del terreno difieran de aquellas estipuladas en el proyecto, se deben tomar medidas para modificar el mismo con objeto de proporcionar al micropilote o a la cimentación la capacidad portante requerida.

**7.3.5** Si los micropilotes encuentran una obstrucción impenetrable antes de alcanzar la profundidad de cimentación de proyecto, se debe revisar el diseño a la luz de cualquier conocimiento disponible sobre la obstrucción y en vista de las consecuencias sobre el comportamiento portante de la cimentación.

**7.3.6** Cuando se utilice una tubería permanente de revestimiento u otro método para proteger la lechada, el mortero o el hormigón frescos contra el flujo rápido de agua subterránea que podría tener un efecto de lavado, este hecho se debería tener en cuenta.

**7.3.7** Se debe tener en cuenta la instalación de un revestimiento permanente para el cálculo de la longitud de transferencia de carga en el suelo.

**7.3.8** El cálculo de la hincada de elementos prefabricados se debe hacer de acuerdo con el apartado 7.7 de la Norma EN 12699:2000.

**7.3.9** En los micropilotes de acero hincados, se debería elegir la energía transferida por el sistema de hincada de manera que el esfuerzo máximo calculado durante la hincada no exceda  $0,9 \times$  el límite elástico característico del material.

**7.3.10** Cuando realmente se controlen los esfuerzos durante la hincada por impacto, éstos pueden ser 20% más altos que los valores establecidos en el apartado 7.3.9.

## **7.4 Armadura**

**7.4.1** Se debe calcular la jaula de armadura para micropilotes *in situ* no sólo para tener la resistencia adecuada con el micropilote en servicio, sino también para tener la resistencia y la rigidez adecuadas durante su manipulación y durante la construcción del micropilote. También debe permitir que la lechada, el mortero o el hormigón frescos fluyan fácilmente alrededor de cada uno de sus componentes.

**7.4.2** A menos que se especifique lo contrario, los micropilotes *in situ* se deben armar a lo largo de toda su longitud.

**7.4.3** Un micropilote *in situ* se puede diseñar como un elemento no armado parcialmente si:

- las acciones de proyecto y/o las acciones causadas por la construcción y/o producidas por el terreno, provocan únicamente un esfuerzo de compresión en el micropilote y;
- el micropilote no está situado en una zona sísmica.

**7.4.4** Las esperas o barras de conexión con la superestructura deben estar de acuerdo con la Norma EN 1992-1-1.

**7.4.5** Cuando se considera la armadura de acero como el elemento portante de carga de un micropilote, su cálculo debe estar de acuerdo con la Norma EN 1993-1-1.

**7.4.6** Cuando la armadura de acero y el mortero u hormigón se consideran como los elementos portantes de carga de un micropilote, su cálculo debe estar de acuerdo con las Normas EN 1992-1-1 o EN 1994-1-1.

**7.4.7** Antes del comienzo de la obra debe haberse acordado el valor de proyecto de la resistencia por adherencia entre la lechada, mortero u hormigón y los elementos portantes de acero o hierro fundido según la Norma ENV 1994-1 (barras, tubos o perfiles).

**7.4.8** Se debe establecer en las especificaciones de proyecto el recubrimiento de la lechada, mortero u hormigón de acuerdo con el apartado 7.6.

## **7.5 Elementos de conexión**

**7.5.1** Los elementos de conexión se deben dimensionar para todas las acciones que puedan ocurrir durante la manipulación, transporte e instalación.

**7.5.2** La sección transversal de los manguitos de unión y de los niples, la cual está reducida por la rosca, se debe calcular sobre la base del diámetro nominal (sección mínima).

**7.5.3** Las juntas entre los elementos portantes de carga deben satisfacer la capacidad requerida en compresión, tracción y flexión.

**7.5.4** Cuando las barras o jaulas de armadura se instalan dentro de una tubería de revestimiento permanente, la cual se rellena después con lechada, mortero u hormigón, se debe usar el solape normal de acuerdo con la Norma EN 1992-1-1.

## **7.6 Protección de los elementos de acero contra la corrosión**

**7.6.1** La protección contra la corrosión de los elementos de acero colocados en un micropilote debe tener en cuenta:

- la agresividad del ambiente (agua subterránea, suelo, corrientes eléctricas perdidas, etc.);
- el tipo de micropilote;
- el tipo de carga (tracción o compresión);
- el tipo de acero; y
- la vida útil requerida de proyecto.

**7.6.2** Una protección contra la corrosión debe consistir en:

- un recubrimiento eficiente de lechada, mortero u hormigón apropiados o;
- un espesor de acero adicional para la corrosión;
- precauciones específicas.

NOTA 1 En el anexo C se proporciona una guía sobre el recubrimiento mínimo de lechada, mortero u hormigón apropiados.

NOTA 2 En el anexo D se proporciona una guía sobre la pérdida de espesor de acero a considerar.

NOTA 3 Se pueden establecer precauciones específicas de protección contra la corrosión consistentes en:

- uso de cemento especial;
- uso de un tipo de acero adecuado;
- protección catódica;
- uso de tuberías o revestimientos permanentes;
- recubrimiento superficial.

**7.6.3** La selección de la composición de la lechada, mortero u hormigón y sus propiedades debe tener en cuenta la clase de exposición ambiental dada en la Norma EN 206-1.

NOTA 1 En la Norma EN 206-1 se proporciona una guía sobre la composición del hormigón y las propiedades a considerar.

**7.6.4** Se debería escoger la clase de exposición ambiental con un cuidado especial y se debería tener en cuenta el desarrollo de la agresividad en función del tiempo.

**7.6.5** Las precauciones específicas no deben disminuir las otras propiedades.

**7.6.6** Cuando se utilicen componentes de acero pretensado, la protección contra la corrosión debe estar de acuerdo con la Norma EN 1537.

**7.6.7** Para los elementos de conexión se deben aplicar las mismas reglas de protección contra la corrosión que para los otros elementos de acero.

**7.6.8** Se debe prestar especial atención a la continuidad de la protección contra la corrosión en los elementos de conexión.

## **7.7 Separadores y centradores**

**7.7.1** El diseño de los separadores y centradores debe tener en cuenta el tamaño de la perforación, el peso de la armadura, el recubrimiento de lechada, mortero u hormigón y la posible perturbación del suelo durante la colocación de la armadura.

**7.7.2** Los separadores y centradores no deben impedir el flujo de lechada, mortero u hormigón.

## **7.8 Ensanchamiento de micropilotes**

Cuando se consideren ensanchamientos de micropilotes, se debe acordar antes del comienzo de los trabajos el método de formación del ensanchamiento y el área y el perímetro portante que se va a utilizar en el diseño. En la figura 4 se muestran ejemplos típicos de ensanchamientos.

## **7.9 Conexiones con la superestructura**

**7.9.1** A menos que se especifique lo contrario, se debe diseñar la conexión entre el micropilote y la superestructura para la capacidad del micropilote.

**7.9.2** En los micropilotes de mortero u hormigón armado, la conexión se debe diseñar de acuerdo con la Norma EN 1992-1-1.

**7.9.3** En micropilotes con elementos portantes, se debe diseñar en detalle y/o probar con ensayos, el método seleccionado de transferencia de carga entre el elemento portante y la superestructura.

**7.9.4** La longitud adicional de la armadura o elemento portante se debe especificar en la documentación de proyecto (véase la figura 5).

## **7.10 Espaciamiento de los micropilotes**

**7.10.1** El espaciamiento entre los micropilotes se debe considerar en función del tipo de micropilote, de su diámetro, de su longitud, de las condiciones del terreno y del comportamiento del grupo.

**7.10.2** Cuando se determine el espaciamiento entre micropilotes, la orientación y la secuencia de ejecución de los micropilotes, se debería considerar la posible interferencia de un micropilote con otro durante su ejecución.



### **7.11 Requisitos especiales para micropilotes en suelos muy flojos**

**7.11.1** En suelos muy flojos puede ser necesario instalar un revestimiento perdido o tubería permanente para contener la lechada, el mortero o el hormigón frescos.

**7.11.2** En los micropilotes ejecutados a través de capas de suelo con una resistencia característica a cortante no drenada inferior a 10 kPa, se requiere una verificación del pandeo teniendo en cuenta las tolerancias geométricas de construcción.

### **7.12 Azuche para micropilotes**

Cuando se utilice un azuche para micropilote, éste se debe diseñar de acuerdo con el apartado 7.8.3 de la Norma EN 12699:2000.

## **8 EJECUCIÓN**

### **8.1 Generalidades**

**8.1.1** Los micropilotes se deben ejecutar y supervisar por personal entrenado y experimentado.

**8.1.2** Se debería proporcionar un procedimiento constructivo antes de comenzar con la ejecución de los micropilotes. Este procedimiento debería contener (pero no está limitado a) la información siguiente:

- identificación, objetivo y alcance de los micropilotes;
- descripción del suelo (posiblemente mediante referencias al informe de investigación de la localización);
- cuestiones medioambientales;
- requisitos técnicos;
- equipo y procedimiento de trabajo para:
  - la perforación y/o hincas;
  - la colocación de la armadura o elemento portante;
  - la inyección de relleno, inyección con lechada a presión u hormigonado;
- medidas para asegurar la exactitud de la perforación:
  - los parámetros de inyección;
  - localización del lugar de ejecución y las áreas de trabajo;
  - la gestión de los residuos o desechos;
  - los procedimientos de control de calidad.

**8.1.3** Se debe tener un cuidado especial en la ejecución de micropilotes tangentes o secantes para la formación de pantallas (espaciamiento, desviación, secuencia de perforación, material constitutivo).

**8.1.4** Donde sea posible, los micropilotes preliminares, de prueba o de ensayo se deberían ejecutar próximos a los puntos de investigación del terreno.

**8.1.5** Se deben tomar las acciones apropiadas cuando las condiciones del terreno difieran de aquellas estipuladas en el proyecto, o cuando se encuentren obstrucciones subterráneas inesperadas.

**8.1.5.1** La ejecución se debería llevar a cabo de manera que se pueda detectar cualquier desviación importante de las condiciones del terreno respecto de aquellas sobre las cuales se ha basado el proyecto de los micropilotes.

NOTA Se puede establecer un registro de la perforación o hinca utilizando datos de identificación simples y prácticos que puedan ser reconocidos fácilmente por el operador (por ejemplo: la clase de terreno, el color del detrito de perforación o la pérdida de fluido de perforación dentro del taladro).

**8.1.5.2** Se debe informar de cualquier desviación importante de las condiciones del terreno y tenerlo en cuenta en el proyecto de micropilotes, tal y como se indicó en el apartado 7.3.4.

## **8.2 Preparación del emplazamiento de la obra**

**8.2.1** Se debe preparar y mantener la plataforma necesaria para la ejecución de los micropilotes de manera que se puedan llevar a cabo todas las operaciones con seguridad y eficiencia.

**8.2.2** Se deberían localizar y desplazar, en caso necesario, los servicios e instalaciones subterráneas existentes.

## **8.3 Secuencia de ejecución**

**8.3.1** Se debe programar la secuencia de ejecución de los micropilotes.

**8.3.2** Si procede, esta secuencia debe tener en cuenta:

- los efectos perjudiciales de los asientos sobre las estructuras a recalzar o sobre las estructuras adyacentes;
- los efectos perjudiciales sobre la capacidad portante de los micropilotes ejecutados previamente.

## **8.4 Perforación**

### **8.4.1 Generalidades**

**8.4.1.1** En el capítulo A.1 se proporcionan los métodos de perforación que se pueden utilizar para micropilotes.

NOTA Cuando se construyen micropilotes mediante perforación, el método más usual es la perforación continua con lavado para retirar el suelo.

**8.4.1.2** Se deben perforar los taladros para micropilotes hasta que se alcance:

- el empotramiento especificado en el estrato portante; o
- el nivel de cimentación previsto; o
- la longitud prescrita.

**8.4.1.3** Se debe verificar la posición y la longitud de los taladros.

**8.4.1.4** Cuando se especifique, se debe verificar la inclinación y la orientación de los taladros.

**8.4.1.5** En los micropilotes que trabajan por punta, se debe extraer del taladro el depósito de material de perforación suelto y remoldeado.

**8.4.1.6** En los micropilotes que trabajan por fuste, el método de perforación y lavado no debe impedir la capacidad portante por fuste requerida.

**8.4.1.7** Se debe decidir el método de perforación a utilizar teniendo en cuenta todos los requisitos del suelo y las condiciones de la cimentación, de manera que se pueda alcanzar la longitud de proyecto y que resulte un taladro estable y con la sección transversal deseada en toda su longitud.

**8.4.1.8** Cuando pueda producirse un flujo incontrolado de agua y suelo al interior del taladro o cuando haya riesgo de colapso, se deben tomar medidas especiales para mantener la estabilidad y prevenir así la entrada incontrolada de suelo y agua.

NOTA 1 Un flujo de agua y/o suelo podría causar, por ejemplo:

- una alteración o inestabilidad del estrato portante o del terreno circundante;
- pérdida de apoyo por eliminación del suelo por debajo de las cimentaciones recalzadas o adyacentes;
- daño a la lechada, mortero u hormigón no fraguados en el micropilote o en los micropilotes cercanos, recientemente ejecutados;
- defectos en el fuste;
- lavado de cemento.

NOTA 2 Hay riesgos mayores en:

- suelo granular suelto;
- suelo cohesivo blando;
- terreno variable;
- el uso de aire como fluido de perforación con circulación directa por debajo del nivel freático.

## **8.4.2 Uso de lavado**

**8.4.2.1** Se puede realizar la perforación con agua, aire y fluidos de perforación.

**8.4.2.2** Cuando se utilizan métodos de perforación con aire como método de lavado para trabajos de recalce, se debería tener especial cuidado para evitar la alteración o fracturación del terreno.

**8.4.2.3** El fluido de perforación no debe impedir que cualquier relleno u operación de inyección siguiente se lleve a cabo de forma satisfactoria.

**8.4.2.4** Se debe tener especial cuidado cuando se perfore a través de terreno bajo presión de agua artesiana a nivel de la plataforma de trabajo.

**8.4.2.5** Se deben identificar con antelación y se deben poner en práctica como y cuando se requieran, las técnicas para contrarrestar la presión del agua y para prevenir cualquier reventón, colapso del agujero y erosión durante la perforación, la ejecución y el relleno u operaciones de inyección.

NOTA Para niveles freáticos más altos que la plataforma de trabajo puede ser apropiado realizar la perforación desde un nivel de trabajo más alto o utilizar fluidos de perforación pesados.

## **8.4.3 Taladros con tubería de revestimiento**

Se deberían utilizar tuberías de revestimiento cuando el taladro sea inestable o haya una pérdida de fluido significativa o cuando el relleno o inyección se efectúen a través de la tubería de revestimiento.

## **8.4.4 Perforación con hélice continua**

**8.4.4.1** La perforación con hélice continua se debe realizar de acuerdo con el apartado 8.1.5 de la Norma EN 1536:1999.

**8.4.4.2** No existen limitaciones especiales acerca de la inclinación siempre y cuando la dirección de la perforación esté controlada y la colocación de la armadura se pueda realizar correctamente.

NOTA Para la ejecución de los micropilotes con hélice continua se utiliza normalmente lechada o mortero.

## **8.5 Hinsa**

**8.5.1.1** Se debe realizar la hinsa de acuerdo con la Norma EN 12699. Se debe elegir el método de hinsa teniendo en cuenta todos los requisitos del suelo, de las condiciones de cimentación y del entorno del emplazamiento.

**8.5.1.2** Cuando se aplican los métodos de hinsa por impacto o vibración para trabajos de recalce, se debe probar su viabilidad (por ejemplo: con experiencias comparables teniendo en cuenta el tipo de suelo y la condición de las estructuras a recalzar).

## **8.6 Ensanchamientos**

**8.6.1** Los ensanchamientos de micropilotes se pueden realizar:

- mediante perforación;
- mediante la hinsa de cantidades compactadas de hormigón por debajo del fondo del tubo de hinsa o tubería de revestimiento permanente;
- mediante la instalación de un elemento expandido.

**8.6.2** Para efectuar adecuadamente un ensanchamiento mediante perforación se requiere que el taladro sea estable y que se rellene completamente con lechada, mortero u hormigón.

**8.6.3** La perforación de ensanchamientos se debería hacer con útiles mecánicos que permitan el control de su operación desde la superficie.

**8.6.4** Para efectuar adecuadamente un ensanchamiento mediante la hinsa de hormigón se requiere:

- medidas especiales para evitar la segregación o el lavado del hormigón de la base del ensanchamiento;
- la construcción de la base del ensanchamiento sin interrupciones significativas;
- el uso de un martillo apropiado.

**8.6.5** Se deben medir y registrar tanto el consumo de hormigón como la energía de hinsa para la ejecución de la base ensanchada.

**8.6.6** En los micropilotes sujetos a fuerzas de tracción, se debe prestar particular atención al anclaje de la armadura en la base ensanchada, que debe ser suficiente.

## **8.7 Armadura y elementos portantes**

### **8.7.1 Manipulación y almacenamiento**

**8.7.1.1** Se deben construir las jaulas de armadura de manera tal que puedan manipularse y colocarse dentro del taladro o tubería de revestimiento sin daños o distorsiones permanentes.

**8.7.1.2** Se debe almacenar la armadura de acero bajo condiciones controladas, y debe estar limpia y libre de óxido suelto y de costras de laminado en el momento de su instalación y del relleno, inyección con lechada u hormigonado.

## **8.7.2 Juntas**

**8.7.2.1** Las juntas en las jaulas de armadura se deben realizar de manera que no se produzca un desplazamiento perjudicial durante la instalación y retirada de la tubería de revestimiento.

**8.7.2.2** Se deben ajustar y verificar las juntas apropiadamente antes de bajar la armadura en el terreno.

**8.7.2.3** Los elementos de acero se deben cortar y soldar de acuerdo con el apartado 8.4.33.8 de la Norma EN 12699:2000.

**8.7.2.4** Cuando se sueldan los elementos portantes de un micropilote *in situ*, la soldadura se debe llevar a cabo en instalaciones apropiadas o con la protección apropiada.

**8.7.2.5** Sólo se debe efectuar la soldadura de barras de armadura o de elementos portantes galvanizados o con recubrimiento contra la corrosión cuando se acuerde un procedimiento de reparación de la protección contra la corrosión antes del comienzo del trabajo.

## **8.7.3 Separadores y centradores**

**8.7.3.1** Se debe mantener la posición concéntrica de la armadura en el taladro y el recubrimiento necesario de lechada, mortero u hormigón por medio de separadores y de centradores, siempre que la posición y el recubrimiento no sean mantenidos de otra manera.

**8.7.3.2** Se deben mantener los separadores y centradores a intervalos de no más de 3 m y, al menos, para cada elemento.

**8.7.3.3** Para los micropilotes inclinados se deben elegir los intervalos de manera que se mantenga el recubrimiento requerido después de la colocación, teniendo en cuenta el peso y la rigidez de la armadura y de los elementos portantes.

## **8.7.4 Colocación**

**8.7.4.1** Las jaulas de armadura y los elementos portantes se deben suspender o apoyar de manera que se mantenga su posición y nivel correctos durante el relleno, la inyección de lechada a presión o el hormigonado.

**8.7.4.2** La secuencia de colocación de la armadura o elemento portante y el relleno del taladro debe tener en cuenta:

- el método de ejecución (perforación, hincas);
- el material de relleno (lechada, mortero u hormigón);
- el tipo de armadura (jaula, tubo, barra);
- las condiciones de relleno (secos o en condiciones sumergidas).

**8.7.4.3** La colocación de la armadura o del elemento portante debe asegurar su alineación con el eje del micropilote y mantener el recubrimiento correcto de la lechada, mortero u hormigón a lo largo de toda su longitud.

**8.7.4.4** Cuando se tienen que instalar las armaduras o elementos portantes en micropilotes inclinados, se deben emplear medios adecuados de apoyo para la colocación y el control de la dirección de la armadura o del elemento portante.

**8.7.4.5** La temperatura de la armadura o del elemento portante debe ser lo suficientemente alta como para evitar la formación de hielo en su superficie cuando se colocan.

## **8.8 Inyección**

### **8.8.1 Generalidades**

**8.8.1.1** Se pueden emplear los métodos siguientes para el relleno e inyección del taladro (véase la figura 6):

- inyección de relleno del taladro con lechada;
- inyección a presión con lechada:
  - inyección en un paso o inyección única global a través de tubería de revestimiento temporal;
  - inyección en un paso o inyección única global a través del elemento portante;
  - inyección durante la hinca y/o perforación;
- inyección en uno o en múltiples pasos (o inyección repetitiva) a través de tubos-manguitos, válvulas especiales o tubos de reinyección.

NOTA Las inyecciones de relleno o a presión cumplen una o más de las siguientes funciones:

- crear o mejorar la adherencia entre el fuste del micropilote y el terreno que lo rodea para permitir que la capacidad de carga por fuste se movilice;
- proteger la armadura contra la corrosión;
- mejorar la capacidad portante del micropilote;
- reforzar y sellar el terreno inmediatamente adyacente al micropilote para aumentar su capacidad portante.

**8.8.1.2** Se debe determinar el método de colocación de la lechada en función de las condiciones del terreno, de la capacidad portante por punta y por fuste requeridas, del tipo de lechada y del equipo utilizado. Se debe indicar en las especificaciones de proyecto.

**8.8.1.3** En micropilotes resistentes por fuste, se puede emplear la inyección de alta presión en segunda etapa para incrementar la resistencia a la fricción mediante la introducción de más lechada en el terreno y el aumento de las presiones normales en la interfase terreno/lechada. Esto se puede llevar a cabo antes o después de la colocación de la armadura.

### **8.8.2 Preparación de la lechada**

**8.8.2.1** La preparación de la lechada y el procedimiento de inyección de relleno o inyección a presión se debe llevar a cabo de manera que se asegure la resistencia de proyecto requerida del material.

**8.8.2.2** Se debe evitar la contaminación de la lechada y de sus componentes durante su almacenamiento, manipulación y distribución.

**8.8.2.3** La dosificación de la lechada se debe llevar a cabo con dispositivos de medida certificados y respetando las tolerancias dadas por los proveedores.

**8.8.2.4** Se deben controlar los procesos de dosificación y/o mezclado de acuerdo con el apartado 6.4.8.3.

**8.8.2.5** Se deben elegir las mezcladoras para asegurar la homogeneidad de la lechada.

**8.8.2.6** Se debería situar un depósito intermedio entre el tanque de mezclado y la(s) bomba(s). Se debería agitar la mezcla en el depósito para evitar su segregación y/o fraguado prematuro.

**8.8.2.7** Las bombas y los sistemas de inyección deben ser compatibles con el método de inyección de relleno o de inyección a presión seleccionado.

**8.8.2.8** Se debería medir la presión de inyección lo más próximo posible al punto de colocación.

### **8.8.3 Ensayo de taladros e inyección previa**

En los micropilotes efectuados en roca alterada o fuertemente fisurada, puede ser necesario realizar ensayos de taladros e inyección previa para evitar la pérdida de lechada incontrolada en el terreno circundante y para garantizar el recubrimiento de lechada requerido del elemento portante o armadura.

NOTA En el anexo informativo E se proporciona información general sobre el ensayo de taladros e inyección previa.

### **8.8.4 Relleno del taladro con lechada**

**8.8.4.1** El intervalo de tiempo entre la terminación de la perforación del taladro y el relleno del mismo con lechada debe ser lo más corto posible.

**8.8.4.2** Se deben tomar medidas para asegurar que la longitud del micropilote se rellena completamente con lechada.

**8.8.4.3** Cuando se rellena el taladro con tubería tremie o a través de las barras de perforación o elementos portantes tubulares, el extremo de la tubería tremie o de las barras de perforación debe permanecer sumergido en la lechada y la inyección debe continuar hasta que la consistencia de la lechada que emerge por la parte superior sea casi la misma que la de la lechada inyectada (véase la figura 6a).

**8.8.4.4** Cuando se inyecta el taladro, el aire y el fluido de perforación deben tener vías de salida para permitir el relleno completo con lechada.

**8.8.4.5** El detrito remanente en los taladros perforados debe tener la posibilidad de salir cuando se inyecta el taladro.

### **8.8.5 Inyección en un paso o inyección única global a través de una tubería de revestimiento temporal**

**8.8.5.1** La armadura se debe colocar antes de que se extraiga la tubería de revestimiento temporal.

**8.8.5.2** Durante la extracción de la tubería de revestimiento temporal se debe restablecer el nivel de lechada en ella a nivel del terreno, antes de retirar el tramo siguiente de tubería (véase la figura 6b).

**8.8.5.3** Se debería aplicar la presión de inyección al menos cada 2 m durante la extracción de la tubería de revestimiento.

### **8.8.6 Inyección en un paso o inyección única global a través de un elemento portante**

**8.8.6.1** Cuando se utilicen tubos como elementos portantes, se puede aplicar en su extremo inferior la técnica de inyección en un paso o inyección única global (véase la figura 6c).

**8.8.6.2** Cuando no se puede aplicar la presión de inyección, se debe llevar a cabo una reinyección después de un cierto período de espera hasta que se pueda alcanzar la presión de inyección especificada.

### **8.8.7 Inyecciones a presión y de relleno durante la hinca**

En los micropilotes hincados, las inyecciones a presión y de relleno se deben hacer de acuerdo con la Norma EN 12699.

### **8.8.8 Inyección durante la perforación**

**8.8.8.1** Cuando se inyecta durante la perforación, los elementos portantes llevan una broca de perforación y son utilizados directamente como varillaje de perforación.

**8.8.8.2** Para inyectar durante la perforación se deberían ajustar la presión y el caudal en función de la susceptibilidad de la lechada para penetrar el terreno aflojado por el proceso de perforación, el cual se evacua a través del espacio anular alrededor del elemento portante o tubo armadura.

**8.8.8.3** Cuando se inyecta durante la perforación, se debería llevar a cabo la limpieza de detrito con la lechada a una velocidad constante, y esta limpieza se debería restablecer cada vez que se agrega un nuevo tramo de elemento portante o tubo armadura, antes de seguir avanzando con la broca de perforación.

### **8.8.9 Inyección multietapa o repetitiva**

**8.8.9.1** La inyección multietapa o repetitiva se puede realizar en un sólo paso, es decir, de manera global, a través de tubos-manguitos (véase la figura 6d) o en varios pasos, es decir de manera selectiva, también a través de tubos-manguitos o válvulas especiales (véase la figura 6e). La inyección multietapa también se puede realizar en un solo paso, de manera global, a través de tubos de reinyección escalonados a lo largo del micropilote (véase la figura 6f).

**8.8.9.2** La inyección multietapa o repetitiva debe llevarse a cabo solamente después de que la lechada inyectada de acuerdo con los apartados 8.8.4, 8.8.5 ó 8.8.6 haya fraguado.

**8.8.9.3** La inyección se debe llevar a cabo en uno o en múltiples pasos y en una o múltiples etapas de acuerdo con las especificaciones de proyecto.

**8.8.9.4** Cuando no se puede aplicar la presión especificada, se deben llevar a cabo uno o varios pasos adicionales de inyección después de un cierto periodo de espera hasta que se pueda alcanzar la presión especificada.

**8.8.9.5** Los tubos de inyección se deben lavar con agua después de cada paso de inyección, y se deben rellenar con lechada al finalizar el proceso completo de inyección.

## **8.9 Hormigonado**

**8.9.1** El hormigonado bajo el agua se debe hacer de acuerdo con el apartado 8.3.3 de la Norma EN 1536:1999.

**8.9.2** El hormigonado a través de una hélice continua se debe hacer de acuerdo con el apartado 8.3.6 de la Norma EN 1536:1999.

**8.9.3** El hormigonado en condiciones secas se debe hacer de acuerdo con el apartado 8.5.2.5 de la Norma EN 12699:2000.

## **8.10 Corte de micropilotes**

**8.10.1** La operación de corte:

- se debe llevar a cabo sólo cuando la lechada u hormigón han alcanzado la resistencia suficiente;
- debe eliminar toda la lechada u hormigón que esté contaminado o que sea de peor calidad que la requerida.

**8.10.2** Se debe llevar a cabo cuidadosamente el corte y la limpieza de la cabeza del micropilote para evitar la destrucción o daño del resto del micropilote.

## **9 SUPERVISIÓN, ENSAYO Y SEGUIMIENTO**

### **9.1 Supervisión**

**9.1.1** La supervisión del trabajo debe estar a cargo de una persona cualificada adecuadamente y con experiencia.



**9.1.2** En el emplazamiento de la obra debería estar disponible un programa de supervisión. En este programa se debe indicar, como mínimo, lo siguiente:

- frecuencia de las diferentes verificaciones;
- contenido de las diferentes verificaciones.

**9.1.3** La supervisión de los trabajos vinculados con la ejecución de los micropilotes debe estar de acuerdo con el capítulo 4 de la Norma EN 1997-1:2004.

**9.1.4** Como mínimo, la supervisión debe incluir:

- la conformidad de los trabajos con esta norma y con cualquier especificación adicional y procedimiento de trabajo acordado;
- el seguimiento de la ejecución de los micropilotes de acuerdo con el apartado 9.2.

## **9.2 Seguimiento de la construcción de los micropilotes**

**9.2.1** Se deben establecer los procedimientos específicos de verificación, control y aceptación antes del comienzo de los trabajos.

**9.2.2** Se debe seguir el proceso de ejecución de los micropilotes y se debe registrar toda la información relevante de acuerdo con las tablas 1 a 3.

**9.2.3** Se debería registrar también la duración de las respectivas operaciones.

**9.2.4** Se deben notificar todas las no conformidades.

**9.2.5** Durante la construcción, se debe observar el comportamiento del terreno y se debe considerar cualquier cambio no previsto o característica que pudiera ser importante para la calidad del micropilote. Cuando proceda, se deben tomar las medidas apropiadas.

**9.2.6** Después de la construcción de los micropilotes, se debe dibujar un plano “conforme a obra” mostrando las posiciones y dimensiones de los micropilotes junto con los niveles de sus cabezas y de sus planos de apoyo.

**9.2.7** Se deben mantener en archivos el plano “conforme a obra”, los registros de seguimiento de los micropilotes y cualquier otra documentación de construcción de acuerdo con lo que exija el contrato y/o los requisitos reglamentarios.

## **9.3 Ensayo de los micropilotes**

### **9.3.1 Generalidades**

**9.3.1.1** Los ensayos de micropilotes se pueden realizar en micropilotes preliminares y/o micropilotes de trabajo.

**9.3.1.2** Los requisitos principales para ensayos de carga de micropilotes están incluidos en la Norma EN 1997-1.

NOTA Se espera que en el futuro exista una norma europea EN diferenciada que contenga disposiciones adecuadas para los procedimientos de ensayo.

### **9.3.2 Ensayos de carga estática**

#### **9.3.2.1 Generalidades**

**9.3.2.1.1** Los ensayos de carga estática en micropilotes pueden consistir en:

- a) ensayos de carga sostenida;
- b) ensayos de velocidad de penetración constante.

**9.3.2.1.2** Cuando no se especifique el procedimiento de carga en los ensayos estáticos tal y como se define en el apartado 9.3.2.3, se debe efectuar de acuerdo con el apartado 7.5.2.1 de la Norma EN 1997-1:2004.

NOTA 1 Los micropilotes con elementos portantes de acero que transfieren al terreno una carga de compresión por fuste, pueden someterse a ensayos de tracción de acuerdo con el representante técnico del cliente. El número de ensayos de carga sigue lo especificado en el apartado 9.3.2.3.2.

NOTA 2 Los micropilotes con elementos portantes de acero que transfieren al terreno su carga por fuste, pueden ensayarse de acuerdo con la Norma EN 1537.

### **9.3.2.2 Ensayos de carga estática en micropilotes preliminares**

**9.3.2.2.1** Se deben realizar ensayos de carga estática en micropilotes preliminares cuando:

- a) se usan nuevas técnicas para la ejecución de los micropilotes;
- b) los micropilotes tienen que ejecutarse en condiciones de terreno para las que no hay ensayos previos disponibles;
- c) se aplican cargas de trabajo mayores que aquellas ya adoptadas en condiciones de terreno similares;
- d) los resultados de los ensayos de carga estática se utilizan para determinar la carga de proyecto.

**9.3.2.2.2** Cuando se realizan ensayos de carga estática en micropilotes preliminares, se deberían ensayar al menos dos micropilotes.

**9.3.2.2.3** Cuando se elige la situación de los micropilotes preliminares, se deben tener en cuenta las condiciones del terreno.

### **9.3.2.3 Ensayos de carga estática en micropilotes de trabajo**

**9.3.2.3.1** En las especificaciones de proyecto se debe establecer si se tienen que hacer ensayos de carga estática en micropilotes de trabajo.

**9.3.2.3.2** A menos que se especifique lo contrario, en micropilotes que trabajan a compresión se deberían realizar ensayos de carga estática, como mínimo, en dos micropilotes para los primeros 100 micropilotes, y 1 ensayo por cada 100 micropilotes, para los restantes.

**9.3.2.3.3** A menos que se especifique lo contrario, en micropilotes que trabajan a tracción se deberían realizar ensayos de carga estática, como mínimo, en dos micropilotes para los primeros 25 micropilotes, y 1 ensayo por cada 25 micropilotes, para los restantes.

### **9.3.2.4 Procedimiento de carga**

**9.3.2.4.1** El procedimiento de carga debería estar de acuerdo con el apartado 7.5.2.1 de la Norma EN 1997-1:2004.

**9.3.2.4.2** La carga de prueba máxima para los ensayos de carga estática sobre micropilotes de trabajo no debe causar en ellos deformaciones permanentes inadmisibles que pongan en peligro su función.

**9.3.2.4.3** Se deberían medir también durante el ensayo los movimientos transversales de la cabeza del micropilote.

### 9.3.3 Ensayos de carga dinámica y ensayos de integridad

NOTA No se puede generalizar el uso de los ensayos de carga dinámica y de integridad en los micropilotes porque la interpretación de los resultados en relación con la capacidad portante y con la integridad puede ser difícil a causa del pequeño diámetro y/o la forma del micropilote y por la presencia de un elemento portante. Por tanto, el uso de los ensayos dinámicos y de integridad tiene que limitarse a casos en los que la experiencia o la comparación con ensayos de carga estática haya demostrado que se pueden interpretar los resultados de una manera fiable.

**9.3.3.1** Para los ensayos de carga dinámica, se debe permitir que el micropilote gane suficiente resistencia después de su ejecución y antes de su ensayo.

**9.3.3.2** Los ensayos dinámicos y de integridad se deben llevar a cabo utilizando equipo fabricado y aprobado para ese propósito, y se requiere que sean interpretados por personas competentes en este área, quienes deben tener también un conocimiento de las técnicas de pilotaje y experiencia con las condiciones específicas de terreno.

**9.3.3.3** Los aparatos se deben utilizar de acuerdo con las instrucciones del fabricante, y se debe preparar el micropilote de una manera apropiada para el propósito de ensayo.

## 10 REGISTROS

### 10.1 Generalidades

**10.1.1** Antes del comienzo de la ejecución de los micropilotes se deben acordar los detalles y el formato de los registros *in situ* o partes de ejecución.

**10.1.2** A menos que se acuerde lo contrario, el representante del contratista y el representante técnico del cliente deben firmar todos los partes.

### 10.2 Partes de ejecución de micropilotes de producción

**10.2.1** Los partes de ejecución deben constar de dos partes:

La primera, debe hacer referencia a información general sobre el contrato y sobre las condiciones del emplazamiento, incluyendo:

- a) el micropilote (tipo, dimensiones, etc.);
- b) las especificaciones sobre la armadura y la lechada, mortero u hormigón;
- c) el método de construcción.

La segunda parte debe contener información particular relativa a la construcción de cada micropilote.

**10.2.2** La parte de información general debería ser similar para los diferentes tipos de micropilotes y métodos de construcción, y debería contener los detalles que aparecen en las tablas 1 y 2.

**10.2.3** La parte de información particular conforme a obra para cada micropilote debería contener los detalles que aparecen en la tabla 3.

**10.2.4** Según corresponda, se puede facilitar la información en forma de:

- partes individuales;
- partes resumen para grupos de micropilotes del mismo tipo, ejecutados con el mismo método de construcción.

**Tabla 1 – Información general sobre el emplazamiento**

No.	Información	Necesidad
1	Contratista de micropilotes	X
2	Nombre del sitio, localización	X
3	Cliente/contratador	(X)
4	Identificación del contrato	X
5	Contratista principal	(X)
6	Plano de trabajo nº	(X)
7	Obra de micropilotes: cantidad	X
8	Extremo superior del elemento portante	(X)
9	Nivel de referencia del emplazamiento	X
10	Nivel de la plataforma de trabajo	X
11	Nivel freático	(X)
12	Representante técnico del cliente	X
X Información necesaria. (X) Información según se requiera.		

**Tabla 2 – Información general sobre la construcción del micropilote**

No.	Información	Necesidad
1	Tipo de micropilote	X
2	Diámetro del micropilote	X
3	Detalles de la armadura	X
4	Separadores	(X)
5	Especificaciones de la lechada, mortero u hormigón	X
6	Colocación de la lechada, mortero u hormigón	X
7	Método de perforación / hincia	X
8	Equipo de perforación / hincia	X
9	Fluido de perforación	(X)
10	Contaminación del agua/suelo subterráneo	(X)
X Información necesaria. (X) Información según se requiera.		

**Tabla 3 – Relación de información conforme a obra a facilitar según se requiera**

No.	Información	Necesidad
1	Número de referencia del micropilote	X
2	Fecha de ejecución	X
3	Tiempo de ejecución	X
4	Interrupciones en la ejecución	(X)
5	Obstrucciones	(X)
6	Profundidad del micropilote	X
7	Profundidad del revestimiento	(X)
8	Longitud de la armadura	X
9	Nivel de la parte superior de la armadura	X
10	Número y localización de las juntas o soldaduras	(X)
11	Número y distancia entre los separadores	(X)
12	Datos sobre los ensayos en los taladros e inyección previa	(X)
13	Volumen de la lechada, mortero u hormigón colocado	X
14	Presión de colocación de la lechada, mortero u hormigón	X
15	Ensayos <i>in situ</i> de la lechada, mortero u hormigón	(X)
16	Volumen o diámetro del ensanchamiento de la base	(X)
17	Procedimiento de inyección multietapa	(X)
18	Desviaciones constructivas: posición	X
19	Desviaciones constructivas: inclinación	(X)
X Información necesaria. (X) Información según se requiera.		

**10.2.5** En el anexo F se incluye una guía para la preparación de partes para pilotes perforados y en el anejo G para pilotes hincados.

### **10.3 Partes para ensayos de micropilotes**

**10.3.1** Los datos a incluir en los partes de los ensayos de carga estática y el formato del informe de los ensayos de carga deben estar de acuerdo con la Norma EN 1997-1.

**10.3.2** Los partes de los ensayos de carga dinámica y de los ensayos de integridad deben incluir:

- a) las razones del ensayo;
- b) los datos registrados durante el ensayo;
- c) las conclusiones de los ensayos.

## 11 REQUISITOS ESPECIALES

### 11.1 En relación con:

- a) la seguridad en el emplazamiento de la obra;
- b) la seguridad de las prácticas de trabajo;
- c) la seguridad operacional de los equipos y útiles de pilotaje y auxiliares.

Se deben cumplir las normas, las especificaciones o los requisitos reglamentarios nacionales respectivos para la ejecución de obras de micropilotes en tanto no estén disponibles las normas europeas correspondientes.

Los equipos deben estar de acuerdo con las Normas EN 791 y EN 996.

**11.2** Se deben cumplir los requisitos nacionales y locales sobre molestias y protección medioambiental, para cada caso particular, en tanto no estén disponibles las normas europeas correspondientes.

**11.3** El contratista, con el acuerdo del representante técnico del cliente, debe admitir el uso de los materiales y aditivos, debe demostrar la adecuación medioambiental de todos los materiales utilizados durante la ejecución de los micropilotes.

### 11.4 Impacto sobre estructuras adyacentes o taludes

**11.4.1** Cuando se especifique en la documentación de proyecto, se debe observar y documentar cuidadosamente la condición de las estructuras adyacentes y taludes antes y durante la ejecución de la obra de micropilotes.

**11.4.2** Cuando se especifique en la documentación de proyecto, se deben controlar adecuadamente las estructuras y taludes adyacentes por medio de nivelaciones repetidas, y se deben emplear sistemas de alarma donde sea apropiado.

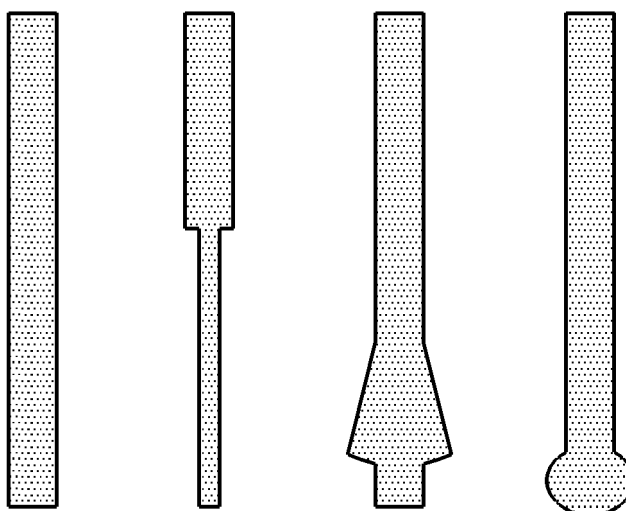
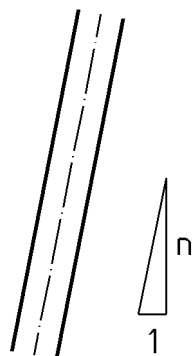
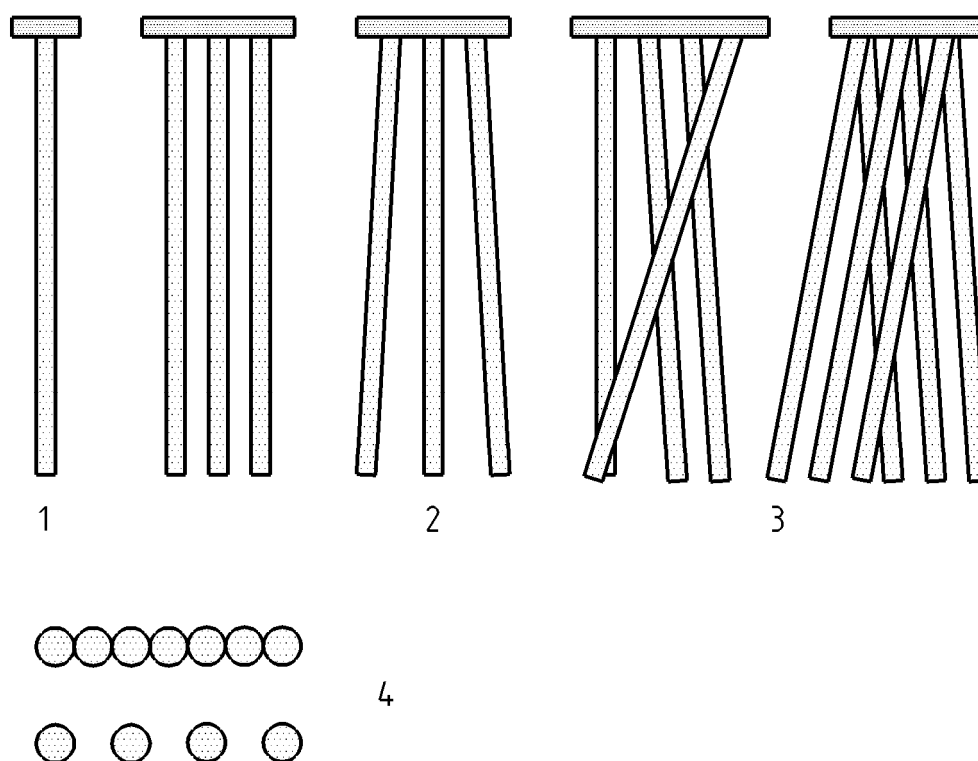


Figura 1 – Ejemplos de fustes y bases (o puntas) de micropilotes



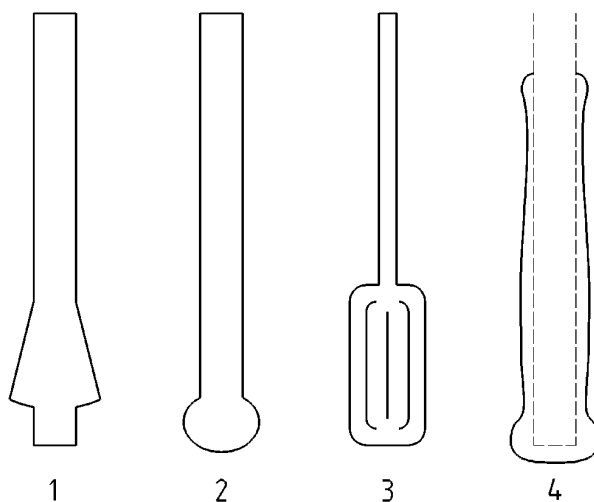
**Figura 2 – Definición de la inclinación**



**Leyenda**

- 1 Micropilote aislado
- 2 Grupos de micropilotes
- 3 Reticulado de micropilotes
- 4 Pantallas de micropilotes

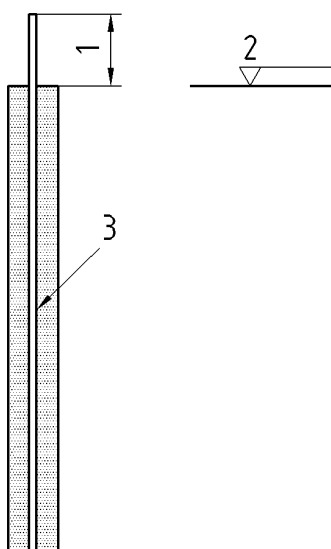
**Figura 3 – Ejemplos de estructuras de micropilotes**



## Leyenda

- 1 Micropilote perforado con base ensanchada
- 2 Micropilote entubado y hormigonado *in situ* con ensanchamiento en la base (o punta)
- 3 Micropilote con una base (o punta) en forma de cuerpo expandido
- 4 Micropilote ensanchado mediante perforación

**Figura 4 – Ejemplos de ensanchamientos de la base (o punta) y del fuste**

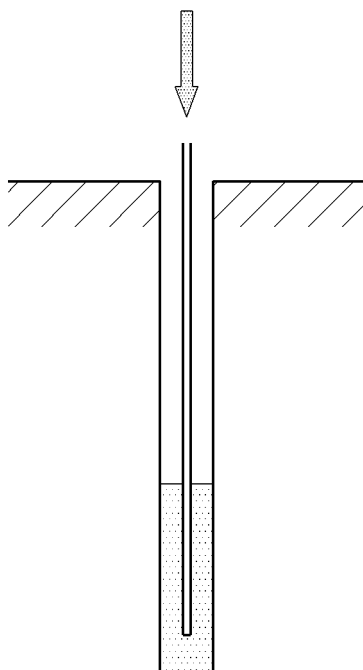


## Leyenda

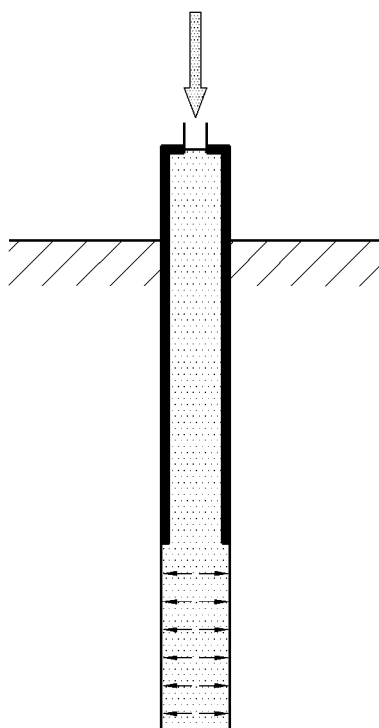
- 1 Longitud adicional
- 2 Nivel de corte
- 3 Armadura

**Figura 5 – Definición de longitud adicional de armadura**

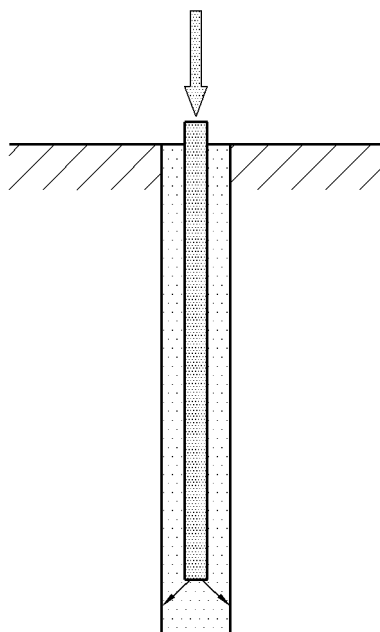




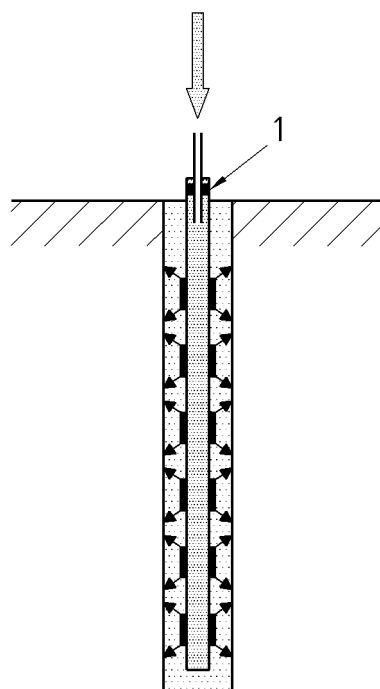
**Figura 6a) – Relleno del taladro con lechada**



**Figura 6b) – Inyección en un paso o inyección única global a través de una tubería de revestimiento temporal**



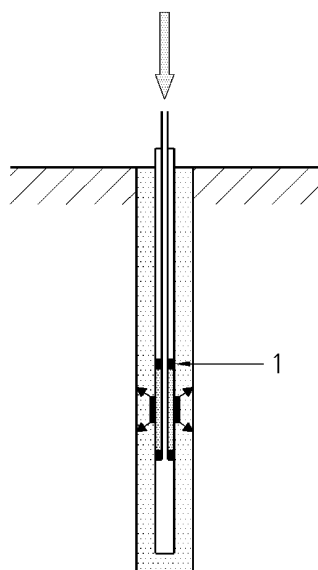
**Figura 6c) – Inyección en un paso o inyección única global a través de un elemento portante o tubo armadura**



Leyenda

1    Obturador

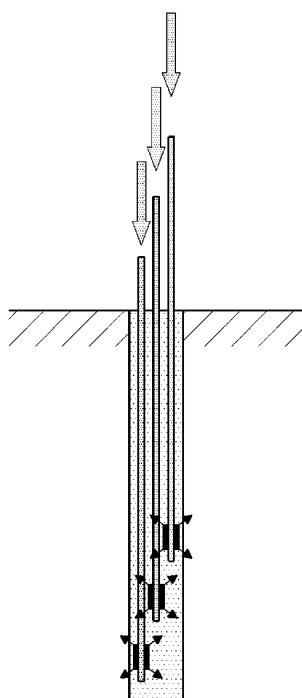
**Figura 6d) – Inyección en un paso a través de tubos-manguitos**



Leyenda

1 Obturador

**Figura 6e) – Inyección en múltiples pasos a través de tubos-manguitos o válvulas especiales**



**Figura 6f) – Inyección en un paso a través de varios tubos de reinyección**

**Figura 6 – Ejemplos de métodos de inyección**

**ANEXO A (Informativo)****MÉTODOS DE EJECUCIÓN DE MICROPILOTES****A.1 Micropilotes perforados****Tabla A.1 – Métodos de ejecución de micropilotes perforados**

<b>Método de perforación</b>	<b>Tipo de armadura</b>	<b>Método de inyección/relleno</b>	<b>Tipo de lechada</b>	<b>Opciones</b>
Perforación por rotación/lavado	Jaula de armadura	Relleno, hormigonado	Lechada, mortero u hormigón	Revestimiento
Perforación por percusión		Inyección en un paso a través de revestimiento temporal	Lechada o mortero	
Perforación con gancho, cincel o achique	Elemento portante	Relleno, hormigonado	Lechada, mortero u hormigón	Revestimiento
		Inyección en un paso a través de: – revestimiento temporal; – elemento portante; – tubos-manguitos.	Lechada	
		Inyección en múltiples pasos a través de: – tubos-manguitos; – válvulas especiales; – tubos de reinyección.	Lechada	Base ensanchada
		Inyección durante la perforación	Lechada	Inyección en múltiples etapas a través del elemento portante
	Revestimiento permanente (con o sin jaula de armadura)	Relleno u hormigonado	Lechada, mortero u hormigón	Base ensanchada
Perforación con hélice continua	Jaula de armadura Elemento portante	Inyección/hormigonado a través del eje hueco de la hélice	Lechada, mortero u hormigón	

## A.2 Micropilotes de desplazamiento

**Tabla A.2 – Métodos de ejecución de micropilotes hincados**

Método de hinca	Material (tubería de revestimiento)	Sección transversal/armadura	Opciones/Inyección
<b>A.2.1</b> Prefabricados	Hormigón armado Acero o hierro fundido	Macizo	Inyección a lo largo del fuste
		Tubo con extremo abierto	Inyección a lo largo del fuste
		Tubo con extremo cerrado	Relleno con lechada, mortero u hormigón, con o sin inyección a lo largo del fuste
		Perfiles	Inyección a lo largo del fuste
<b>A.2.2</b> Hormigonados o inyectados <i>in situ</i>	Tubería de revestimiento temporal	Jaula de armadura	Relleno, hormigonado Inyección en un paso a través del revestimiento
		Elemento portante	Relleno, hormigonado: Inyección en un paso a través de: – tubería de revestimiento; – elemento portante; – tubos-manguitos. Inyección en múltiples pasos a través de: – tubos-manguitos; – válvulas especiales; – tubos de reinyección.
	Revestimiento permanente	Jaula de armadura	Hormigonado con y sin ensanchamientos en la base

**ANEXO B (Informativo)****GUÍA SOBRE LAS TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS DE CONSTRUCCIÓN**

Para el diseño y ejecución se deberían considerar las tolerancias geométricas de construcción siguientes:

- situación en planta de los micropilotes verticales e inclinados (medida al nivel de trabajo):  $\leq 0,05$  m;
- desviación del eje teórico:
  - para micropilotes verticales: 2% de la longitud como máximo;
  - para micropilotes subverticales ( $n > 4$ ): 4% de la longitud como máximo (véase la figura 2);
  - para micropilotes inclinados ( $n < 4$ ): 6% de la longitud como máximo (véase la figura 2);
- radio de curvatura  $\leq 200$  m dependiendo de las condiciones de pandeo;
- desviación angular máxima en una junta de micropilote =  $1/150$  rad.

**ANEXO C (Informativo)**

**RECUBRIMIENTO MÍNIMO (EN MM) DE LA ARMADURA Y ELEMENTO PORTANTE DE ACERO DE BAJA RESISTENCIA PARA MICROPILOTES HECHOS *IN SITU*, TENIENDO EN CUENTA LAS CLASES DE EXPOSICIÓN RELACIONADAS CON LAS ACCIONES AMBIENTALES DEFINIDAS EN LA NORMA EN 206-1**

Clases de exposición	Agresividad química	Elemento portante con recubrimiento de lechada		Mortero		Hormigón armado
		Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	Compresión y tracción
XC1-XC4	Inexistente	20	30	35	40	50
XD1, XD2, XD3 *	Cloruros, excepto agua salada	***	***	***	***	***
XS1-XS3	Cloruros provenientes de agua salada	***	***	***	***	***
XA1 **	Débil	***	***	***	***	***
XA2	Medio	***	***	***	***	***
XA3	Fuerte	***	***	***	***	***
<p>* En casos particulares pueden requerirse medidas especiales para la protección contra la corrosión en XD3.</p> <p>** En situaciones de agresividad por sulfatos debe utilizarse cemento HS.</p> <p>*** Campos vacíos a especificar.</p>						

**ANEXO D (Informativo)****GUÍA SOBRE VELOCIDADES DE CORROSIÓN**

**Pérdida de espesor de acero (mm) debida a la corrosión para pilotes y tablestacas en suelos, con y sin agua subterránea (= tabla 4-1 de la Norma EN 1993-5)**

Vida útil especificada en proyecto	5 años	25 años	50 años	75 años	100 años
Suelos naturales inalterados (arena, limo, arcilla, esquisto....)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Suelos naturales contaminados y terrenos industriales	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Suelos naturales agresivos (pantano, marisma, turba...)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Rellenos no compactados y no agresivos (arcilla, esquisto, arena, limo ....)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Rellenos no compactados y agresivos (cenizas, escoria)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75
<p>NOTA 1 Los valores indicados sólo son orientativos. Deberían considerarse las condiciones locales y en el anexo nacional deberían indicarse valores adecuados teniendo en cuenta las condiciones locales.</p> <p>NOTA 2 Las velocidades de corrosión en los rellenos compactados son más bajas que en los rellenos no compactados. En rellenos compactados los valores dados en la tabla deberían dividirse por dos.</p> <p>NOTA 3 Los valores dados para 5 años y 25 años están basados en mediciones, mientras que los otros valores están extrapolados.</p>					



## **ANEXO E (Informativo)**

### **ENSAYO DE TALADROS E INYECCIÓN PREVIA**

En los micropilotes efectuados en roca alterada y fuertemente fisurada, puede ser necesario realizar ensayos de taladros e inyección previa para evitar la pérdida de lechada incontrolada y para garantizar el recubrimiento requerido del elemento portante o armadura.

Se puede determinar la probabilidad de pérdidas de lechada de cemento por medio del análisis de un ensayo de inyección de agua. Se realiza rutinariamente un ensayo de carga variable en todo el taladro o en parte de su longitud por medio de un obturador. Normalmente no se requiere inyección previa si el escape o pérdida de agua en el taladro o en una parte de él es menor que 5 l/min para una carga en exceso de 0,1 MPa medida durante un período de 10 min.

Se lleva a cabo la inyección previa por medio del relleno del taladro con una lechada a base de cemento. Normalmente se emplea lechada de arena/cemento en rocas con fisuras rellenas parcialmente o abiertas, para reducir el consumo de lechada.

Se debería ensayar nuevamente el taladro después de terminar la inyección previa y, si es necesario, se debería repetir el proceso de inyección después de la reperforación.

## ANEXO F (Informativo)

## GUÍA PARA LA PREPARACIÓN DE UN PARTE PARA VARIOS MICROPILOTES PERFORADOS

<b>Contratista de micropilotes</b> Responsable <i>in situ</i>		Hoja No		Fecha:	
Localización del emplazamiento Cliente Contrato		<b>Micropilote:</b> tipo, diámetro de la perforación Armadura: tipo, calidad, diámetro, separadores Lechada: calidad del cemento, relación a/c Hormigón: clase, tamaño máximo del árido, consistencia Método de colocación: a través del revestimiento, tubo de inyección, tubo tremie Método de perforación: equipo, fluido de perforación Datos especiales:			
<b>Plano nº</b> Cantidad total de micropilotes Longitud del pilote sobre/debajo de la plataforma Nivel de: Emplazamiento      plataforma      agua subterránea					
<b>Número de micropilote:</b>					
	Fecha de construcción				
	Hora de comienzo de la perforación (h)				
	Interrupciones (h)				
	Obstrucciones en profundidad (m)				
	Profundidad del micropilote (m)				
	Profundidad del revestimiento (m)				
	Longitud de la armadura (m)				
	Longitud arriba/debajo de la superficie (m)				
	Nº y localización de juntas y soldaduras				
	Distancia entre separadores (m), cantidad				
	Ensayos en el taladro (profundidad/bar)				
	Inyección previa (l o kg/bar)				
	Volumen de lechada u hormigón (l o kg)				
	Presión máxima (bar)				
	Ensayos <i>in situ</i> de lechada/hormigón (tipo)				
	Ensanchamiento de base/fuste (l/diámetro)				
	Reinyección (l o kg/bar)				
	Desviación de la posición (mm): x,y				
	Desviación de la inclinación (°)				

ANEXO G (Informativo)

GUÍA PARA LA PREPARACIÓN DE UN PARTE PARA VARIOS MICROPILOTES HINCADOS

<b>Contratista de micropilotes</b> Responsable <i>in situ</i>		Hoja No		<b>Fecha:</b>	
Localización del emplazamiento Cliente Contrato		<b>Micropilote:</b> acero      hormigón      compuesto Diámetro/extensión máxima (mm): Fuste:                      Base:			
<b>Plano nº</b> Cantidad total de micropilotes Longitud del micropilote sobre la plataforma Nivel de: Emplazamiento      plataforma      agua subterránea Datos especiales		Forma y material de la base: Elemento portante: tipo, grado: Diámetro/extensión máxima (mm): Tipo de separador: Hormigón prefabricado: clase Hormigón <i>in-situ</i> : Clase, tamaño máximo del árido, consistencia: Lechada: calidad del cemento, relación a/c Método de colocación: a través del revestimiento, tubo de inyección, tubo tremie Método de hinca: equipo, ayuda a la hinca			
<b>Número de Micropilote:</b>					
	Fecha de construcción				
	Tiempo de hinca: de – a (h)				
	Interrupciones (h)				
	Obstrucciones en profundidad (m)				
	Profundidad del micropilote en el terreno (m)				
	Longitud del elemento portante (m)				
	Longitud sobre el terreno (m)				
	Nº y localización de juntas y soldaduras				
	Espaciadores: distancia entre centros (m), cantidad				
	Volumen de lechada u hormigón (l o kg)				
	Presión máxima (bar)				
	Ensayos <i>in situ</i> de lechada/hormigón (tipo)				
	Volumen del ensanchamiento de la base (l)				
	Reinyección (l o kg/bar)				
	Desviación en la posición (mm): x, y				
	Desviación en la inclinación (°)				

**BIBLIOGRAFÍA**

EN 196 *Métodos de ensayo de cementos.*

EN 10149 *Productos planos laminados en caliente de acero de alto límite elástico para conformado en frío.*

EN 287-1:2004 *Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros.*

EN ISO 15607:2003 *Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Reglas generales (ISO 15607:2003).*

EN 288-2:1992 *Specification and approval of welding procedurse for metallic materials. Part 2: Welding procedure specification for arc welding.*

EN ISO 15614-1 *Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones. (ISO 15614-1:2004)*

EN 445:1996 *Lechadas para tendones de pretensado. Métodos de ensayo.*

EN 447 *Lechadas para tendones de pretensado. Especificaciones para lechadas corrientes.*

EN 499:1994 *Welding consumables. Covered electrodes for manual metal arc welding of non alloy and fine grain steels. Classification.*

EN 1997-2 *Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico. Parte 2: Proyecto asistido por ensayos de laboratorio.*

EN 10219-1:1997 *Perfiles huecos para construcción conformados en frío de acero no aleado y de grano fino. Parte 1: Condiciones técnicas de suministro.*

EN 1997-3 *Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico. Parte 3: Proyecto asistido por ensayos de campo.*

EN 12716:2001 *Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Inyecciones de alta presión. Jet grouting.*

EN ISO 4063:2000 *Soldeo y técnicas conexas. Nomenclatura de procesos y números de referencia. (ISO 4063:1998).*

EN ISO 5817:2003 *Soldeo. Uniones soldadas por fusión de acero, níquel, titanio y sus aleaciones (excluido el soldeo por haz de electrones). Niveles de calidad para las imperfecciones. (ISO 5817:2003).*

EN ISO 9692-2:1998 *Soldeo y procesos afines. Preparación de uniones. Parte 2: Soldeo por arco sumergido de aceros. (ISO 9692-2:1998).*



---

---

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32