

Septiembre 2001

### TÍTULO

**Realización de trabajos geotécnicos especiales**

**Pilotes de desplazamiento**

*Execution of special geotechnical work. Displacement piles.*

*Exécution des travaux géotechniques spéciaux. Pieux avec refoulement de sol.*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 12699 de diciembre 2000.

### OBSERVACIONES

### ANTECEDENTES

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



ICS 93.020

Versión en español

## **Realización de trabajos geotécnicos especiales Pilotes de desplazamiento**

**Execution of special geotechnical work.  
Displacement piles.**

**Exécution des travaux géotechniques  
spéciaux. Pieux avec refoulement de sol.**

**Ausführung spezieller geotechnischer  
Arbeiten (Spezialtiefbau).  
Verdrängungspfähle.**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2000-11-24. 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 la Secretaría Central 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 a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, 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  
**SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles**

## ÍNDICE

	Página
ANTECEDENTES .....	5
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....	6
2 NORMAS PARA CONSULTA .....	7
3 DEFINICIONES .....	8
4 INFORMACIONES NECESARIAS .....	11
5 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO .....	13
6 MATERIALES Y PRODUCTOS .....	14
6.1 Generalidades .....	14
6.2 Pilotes prefabricados .....	14
6.3 Pilotes realizados <i>in situ</i> .....	15
6.4 Lechada .....	15
7 CONSIDERACIONES SOBRE EL PROYECTO .....	15
7.1 Preliminares .....	15
7.2 Generalidades .....	15
7.3 Desviaciones geométricas de construcción .....	16
7.4 Secuencia de instalación .....	16
7.5 Protección de los pilotes .....	17
7.6 Necesidad de ayuda a la hincada .....	18
7.7 Proyecto de hincado por golpeo de elementos prefabricados .....	18
7.8 Puntos específicos del proyecto .....	19
8 EJECUCIÓN .....	21
8.1 Generalidades .....	21
8.2 Preparación de la zona .....	22
8.3 Equipos y métodos .....	22
8.4 Pilotes prefabricados .....	23
8.5 Pilotes realizados a pie de obra .....	25
8.6 Pilotes inyectados .....	27
8.7 Descabezado de los pilotes de hormigón .....	28
8.8 Métodos auxiliares para casos particulares .....	28
9 SUPERVISIÓN, CONTROLES Y ENSAYOS .....	29
9.1 Supervisión .....	29
9.2 Controles y ejecución de los pilotes .....	29
9.3 Ensayos .....	30
10 INFORMES .....	32
11 REQUISITOS PARTICULARES .....	35
ANEXO A (Informativo) CLASIFICACIÓN Y EJEMPLOS .....	36
ANEXO B (Informativo) GRADO DE OBLIGACIÓN DE LOS PÁRRAFOS .....	48

## ANTECEDENTES

Esta norma europea ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 288 “Ejecución de trabajos geotécnicos especiales”, cuya Secretaría desempeña AFNOR.

Esta norma europea deberá recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de junio de 2001, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deberán anularse antes de finales de junio de 2001.

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

Esta norma ha sido elaborada por el grupo de trabajo (WG5) del comité técnico de trabajos geotécnicos especiales (TC 288) del Comité Europeo de Normalización (CEN). Las atribuciones generales del TC 288 es la normalización de procedimientos de ejecución de trabajos geotécnicos (incluyendo ensayos y métodos de control) y las propiedades requeridas al material. El WG 5 ha trabajado en el tema de los pilotes de desplazamiento.

El documento se ha preparado para completar la Norma Europea Experimental ENV 1997 *Eurocódigo 7 Proyecto geotécnico. Parte 1: Reglas generales*. El capítulo 7 de dicha norma trata de los aspectos de diseño de los pilotes.

Este documento ha sido preparado por un grupo de trabajo compuesto por expertos de 14 países, y se ha basado en 12 códigos de práctica nacionales e internacionales.

Los anexos A y B son informativos.

## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

**1.1** Esta norma define los principios generales para la implantación de pilotes de desplazamiento, es decir, pilotes colocados sin perforación ni extracción de material, salvo para limitar el levantamiento y la vibración, eliminar obstáculos y favorecer la penetración.

Los pilotes se clavan en el terreno por percusión, vibración, presión, atornillado o una combinación de estos métodos.

**1.2** Los pilotes de desplazamiento que se incluyen en esta norma pueden ser de:

- acero;
- fundición;
- hormigón, mortero;
- madera;
- lechada.
- o una combinación de los materiales antes citados.

**1.3** Esta norma se aplica a los pilotes prefabricados, a los pilotes que se realizan *in situ* y los que combinan ambos métodos para conformar pilotes de forma regular.

En las figuras A.2 y A.3 del anexo A se incluyen algunos ejemplos.

**1.4** Esta norma se limita a los pilotes de diámetro o medida transversal máxima del fuste superior a 150 mm.

**1.5** No existen en esta norma otras limitaciones que las prácticas relativas a la ampliación del fuste o de la base, a su longitud o a su inclinación.

**1.6** Las disposiciones de esta norma se aplican a:

- pilotes aislados;
- grupo de pilotes;
- muros formados por tablestacas de hormigón.

**1.7** Las columnas construidas por técnicas de mejora del suelo (tales como columnas amazadas *in situ*, inyección de mortero, inyección de compactación, vibro-flotación, o columnas de relleno) no están incluidas en esta norma. Los pilotes insertados por perforación son objeto de la Norma Europea EN 1536. Las tablestacas de acero y de madera se incluyen en la Norma Europea EN 12063. Los micropilotes se incluyen en el documento (WI 00288010)<sup>1)</sup>.

---

1) Está en preparación una norma sobre micropilotes.

## 2 NORMAS PARA CONSULTA

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras publicaciones por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Las revisiones o modificaciones posteriores de cualquiera de las publicaciones referenciadas con fecha, sólo se aplican a esta norma europea cuando se incorporan mediante revisión o modificación. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de esa publicación.

NOTA – Excepcionalmente, la lista de normas incluye también normas y normas experimentales europeas que están aún en la fase de proyecto. Cuando estos documentos se conviertan en una norma europea, se deberán modificar las referencias.

EN 288-2 – *Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Parte 2: Especificación del procedimiento de soldeo por arco.*

EN 499 – *Productos de aportación para el soldeo. Electrodo revestidos para soldeo por arco de aceros no aleados y aceros de grano fino. Clasificación.*

EN 791 – *Aparatos de perforación. Seguridad.*

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

EN 1536 – *Realización de trabajos geotécnicos especiales. Pilotes perforados.*

EN 10248 – *Tablestacas de acero no aleado, laminadas en caliente.*

EN 25817 – *Uniones soldadas por arco de acero. Guía sobre los niveles de calidad en función de las imperfecciones. (ISO 5817:1992).*

EN 29692 – *Soldo por arco con electrodos revestidos, soldo por arco con protección gaseosa y soldo por gas. Preparación de uniones de acero.*

ENV 206 – *Hormigón. Prestaciones, producción, puesta en obra y criterios de conformidad.*

ENV 1991-1 – *Eurocódigo 1: Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 1: Bases de proyecto.*

ENV 1992-3 – *Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 3: Cimentaciones de hormigón.*

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

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

ENV 1995-1-1 – *Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1 Reglas generales y reglas para edificación.*

ENV 1997-1.1994 – *Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico. Parte 1: Reglas generales.*

EN ISO 4063 – *Soldo y técnicas conexas. Nomenclaturas de procesos y números de referencia.*

EN 12063 – *Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Tablestacas.*

prEN 12794:1997 – *Pilotes de cimentación de hormigón prefabricado.*

### 3 DEFINICIONES

En el contexto de esta norma, se aplican las siguientes definiciones.

**3.1 pilote de desplazamiento:** Pilote que se coloca sin perforación ni extracción de material, salvo para limitar levantamientos y vibraciones, eliminar obstáculos o facilitar la penetración.

**3.2 pilote (de desplazamiento) prefabricado:** Pilote fabricado como una sola unidad o por elementos, antes de ser colocado.

**3.3 pilote (de desplazamiento) realizado *in situ*:** Pilote que se coloca por hincado de una vaina de hormigón o de una entubación permanente o temporal, cerrado por la base y posteriormente relleno del agujero así formado con hormigón, armado o no.

**3.4 pilote mixto:** Pilote compuesto de dos o más tipos de pilotes, unidos entre sí. La unión entre elementos está diseñada de forma que se transmitan las cargas y se evite cualquier separación durante o después de la colocación (= pilote compuesto). Véase la figura A.8 del anexo A.

**3.5 pilote roscado:** Pilote o tubo que lleva un número limitado de hélices en su extremo inferior, y que se coloca por la acción combinada de fuerzas de rotación y de empuje vertical. Mediante el atornillado y destornillado, el terreno se desplaza principalmente en sentido lateral y, en la práctica, no se extrae ningún material. Véase la figura A.10 del anexo A.

**3.6 pilote de presión:** Pilote enclavado en el terreno por la acción de una fuerza estática.

**3.7 pilote inyectado:** Pilote prefabricado provisto de un azuche ampliado, para crear un espacio alrededor de todo o parte de su perímetro, espacio que se rellena con lechada, mortero o microhormigón durante la hinca. Véase la figura A.11 del anexo A.

**3.8 pilote post-inyectado:** Pilote en el que el fuste y/o la base se inyecta después de que se ha hincado el pilote, mediante tubos fijados a lo largo del pilote o incorporados a este último. Véase la figura A.12 del anexo A.

**3.9 entubación:** Tubo de acero que se instala temporal o permanentemente para sostener la pared del fuste durante la hinca del pilote. El tubo puede desempeñar un papel protector o un papel resistente.

**3.10 tubo de hinca:** Tubo de acero colocado para desplazar el terreno durante la hinca de un pilote. El tubo de hinca se retira durante el hormigonado.

**3.11 vaina, camisa:** Tubo, generalmente de chapa fina, que forma parte del fuste del pilote, por ejemplo, para protegerlo en el caso de terrenos blandos o agresivos o para reducir la superficie negativa de rozamiento.

**3.12 acoplamiento [unión]:** Medio utilizado para unir los distintos elementos de un pilote, bien sea por soldeo o bien por uniones mecánicas (véanse los ejemplos de las figuras A.7, A.8 y A.9 del anexo A).

**3.13 azuche:** Placa o punta fijada al extremo inferior de un pilote o de un tubo de hinca que constituye su base (véanse los ejemplos de las figuras A. 4a a 4h y A.13 del anexo A).

**3.14 alas:** Piezas de acero soldadas al fuste de un pilote para ensancharlo (véase el ejemplo de la figura A.2 del anexo A).

**3.15 guía:** Elementos de acero utilizados para guiar el equipo de hincado o el pilote durante la hinca. Véase la figura A.6 del anexo A.

**3.16 maza:** Pieza del equipo de hincado empleada para clavar los pilotes por golpeo (maza de golpeo o de caída libre).

**3.17 vibrador:** Equipo utilizado para hincar o extraer por vibración los pilotes, los tubos de hinca o de entubación.

**3.18 mesa (de golpeo):** Dispositivo, habitualmente de acero, colocado entre la base de la maza y el pilote o el tubo de hinca, para distribuir uniformemente la energía de los golpes de la maza en la cabeza del pilote. Véase la figura A.6 del anexo A.

**3.19 protector de la mesa de golpeo:** Dispositivo o material colocado entre la base de la maza y el mesa de golpeo para proteger ésta y la cabeza del pilote de los efectos destructores de los golpes directos. El material de protección debe tener una rigidez suficiente para transmitir de manera eficaz la energía del golpe al pilote. Véase la figura A.6 del anexo A.

**3.20 protector del pilote:** Material, generalmente de madera blanda que se coloca entre el mesa de golpeo y la cabeza de los pilotes de hormigón prefabricados. Véase la figura A.6 del anexo A.

**3.21 falso pilote:** Prolongador provisional utilizado durante la hinca para permitir la introducción de la cabeza del pilote en el terreno natural, bajo el agua o a un nivel más bajo que el que puede alcanzar el material de hinca sin sobrepasar la guía.

**3.22 mandril [mandrino]:** Vástago de acero que sirve en la hinca para introducir un pilote tubular cerrado por su base. El mandril se retira después de hincar el pilote.

**3.23 hincado:** cualquier método para introducir los pilotes en el terreno a la profundidad requerida tales como golpeo, vibración, presión, atornillado, o una combinación de estos métodos o de otros.

**3.24 pilote hincado:** Pilote colocado por hincado, siendo el suelo desplazado por el pilote o por el tubo de hinca.

**3.25 ayuda a la hinca:** método utilizado para ayudar al pilote a penetrar en el suelo, por ejemplo, proyección, perforación, dinamitado previo, prehincado.

**3.26 perforación:** Extracción de suelo mediante un tomamuestras (por ejemplo, para limitar los efectos del levantamiento debido al hincado de los pilotes).

**3.27 proyección:** Utilización de agua a presión para facilitar el hincado de un pilote, para extraer hidráulicamente las partículas de terreno.

**3.28 perforación (previa):** Perforación previa de obstáculos o de materiales demasiado compactos para ser atravesados con el tipo de pilote y el material de perforación previstos.

**3.29 inyección:** Colocación de una mezcla líquida preparada a partir de cemento (lechada de cemento, mortero, microhormigón).

- 3.30 golpe de repaso:** Golpe único de la maza, aplicado a un pilote prefabricado para analizar la energía liberada y medir la velocidad de deformación del pilote, su aceleración y/o su penetración, para obtener una estimación de su capacidad portante.
- 3.31 rehincado (1):** Conjunto adicional de golpes de maza que sirven para clavar un pilote prefabricado para restablecer la capacidad portante requerida.
- 3.32 rehincado (2):** Método utilizado para obtener un fuste ensanchado, colado *in situ*, con el tubo de hinca.
- 3.33 pilote inicial:** Primer pilote de una cimentación realizado *in situ*.
- 3.34 pilote de ensayo:** Pilote sobre el cual se aplica una carga para determinar las características “resistencia – desplazamiento” del pilote y del terreno.
- 3.35 pilote de comprobación:** Pilote colocado para comprobar la factibilidad y la adecuación del método de construcción a una aplicación particular.
- 3.36 pilote preliminar:** pilote colocado al iniciarse los trabajos principales o parte de ellos, para establecer la adecuación del tipo de pilote elegido, del material de hincado y para confirmar su diseño, sus medidas y su capacidad portante.
- 3.37 criterios de hincado:** Parámetros de hincado que deben respetarse cuando se hinca un pilote.
- 3.38 avance:** penetración media permanente de un pilote por golpe, medido después de un conjunto de golpes.
- 3.39 control, monitorización:** Seguimiento pasivo de comprobación de la calidad técnica del proceso de hinca.
- 3.40 supervisión:** Acciones activas de supervisión o dirección de las operaciones de hincado.
- 3.41 registros:** Anotaciones permanentes de los hechos acaecidos durante las operaciones de hincado de los pilotes y de los aspectos de control.
- 3.42 ensayo con escalonamiento de cargas:** Ensayo de carga estática en el cual se aplican cargas que se incrementan sucesivamente, manteniéndolas durante un cierto tiempo o hasta que se estabilicen los movimientos del pilote, o hasta que se alcance un límite prescrito.
- 3.43 ensayo de carga a velocidad constante de penetración:** Ensayo de carga estática en el cual se clava el pilote a una velocidad constante, midiendo la fuerza empleada para el clavado.
- 3.44 ensayo de carga dinámica:** Ensayo de carga en el cual el pilote se somete a una fuerza dinámica para analizar su capacidad portante.
- 3.45 ensayo sónico por reflexión y por impedancia:** Ensayo de integridad en el cual se atraviesa el hormigón de un pilote por una serie de ondas sonoras producidas entre un emisor y un receptor, midiendo las características de las ondas recibidas y utilizándolas para verificar la continuidad y las variaciones de la sección del fuste del pilote.
- 3.46 ensayo sónico por transparencia:** Ensayo de integridad sónica de un pilote de hormigón realizado a partir de perforaciones en el fuste del pilote o de un sistema de tubos colocados previamente.

**3.47 nivel de perforación o de trabajo:** Nivel de la plataforma sobre la que se encuentra el material de perforación. Véase la figura A.13 del anexo A.

**3.48 nivel de hormigonado:** Nivel final del vertido de hormigón. Está por encima del nivel de descabezado con un margen que depende del procedimiento de ejecución. Véase la figura A.13 del anexo A.

**3.49 nivel de descabezado:** Nivel previsto al que debe cortarse el pilote antes de su unión a la superestructura. Véase la figura A.13 del anexo A.

**3.50 cota de base(del pilote):** Nivel inferior del pilote. Véase la figura a.13 del anexo A.

**3.51 cota de la cabeza (del pilote):** Nivel de la parte superior del pilote. Véase la figura A.13 del anexo A.

**3.52 cabeza (del pilote):** Parte superior del pilote. Véase la figura A.13 del anexo A.

**3.53 fuste:** Cuerpo del pilote situado entre la cabeza y la base. Véase la figura A.13 del anexo A.

**3.54 pie (del pilote):** Parte inferior del pilote. Véase la figura A.13 del anexo A.

**3.55 área de la base (del pilote)** Superficie de asiento del pilote. Véase la figura A.13 del anexo A.

**3.56 protección catódica:** Medio de protección de los pilotes de acero contra la corrosión, en la que se utiliza un ánodo consumible o mediante la aplicación de un potencial eléctrico exterior.

**3.57 corriente vagabunda:** Corriente continua que circula por el suelo que puede originar la corrosión del pilote.

**3.58 inicio del fraguado:** Momento posterior al amasado en el que el hormigón pasa del estado líquido al estado sólido.

**3.59 segunda elección:** Perfil prefabricado originariamente para otros fines pero que se acepta para utilizarlo como pilote, por ejemplo, tubos de acero utilizados en la industria petrolera.

**3.60 elevación:** subida del terreno o de un pilote.

**3.61 astillado:** Separación de las fibras de la base o de la cabeza de un pilote de madera.

NOTA – En el anexo A de la Norma Europea EN 1536 se incluye una relación de términos habituales sobre la hincada de pilotes.

## 4 INFORMACIONES NECESARIAS

**4.1** Con las especificaciones de los trabajos se deben facilitar todas las informaciones pertinentes sobre su realización en el campo.

**4.2** Es conveniente que antes de empezar los trabajos *in situ* estén disponibles y se hayan considerado, como mínimo, las informaciones siguientes:

- a) los informes de reconocimiento de los terrenos del lugar, así como la información complementaria sobre el subsuelo incluido en la zona de influencia de la obra tales como:
- restos de estructuras y de cimentaciones;
  - elementos artificiales (redes y conducciones);
  - terrenos contaminados o con riesgos subterráneos;
  - presencia de material de relleno;
  - obstrucciones.
- b) especificaciones sobre el proyecto y los trabajos de hincado, así como los requisitos suplementarios sobre la supervisión, los controles y ensayos que han de hacerse durante los trabajos.
- c) los datos topográficos actualizados, tales como
- pendiente, nivel real del terreno;
  - emplazamiento de los ejes principales y del nivel de referencia;
  - nivel o niveles de las plataformas de hincado respecto al nivel de referencia;
- d) las condiciones del lugar y las limitaciones que puedan afectar a los trabajos de hincado, en relación con:
- la magnitud del área de los trabajos, la topografía, la pendiente, los accesos, las limitaciones de estos accesos para los equipos y los materiales, las restricciones de altura;
  - actividades simultáneas, tales como drenajes, construcción de túneles, excavaciones profundas;
  - presencia de árboles, líneas eléctricas y cables aéreos;
  - proximidad de pendientes potencialmente inestables;
- e) las condiciones relacionadas con el entorno y con instalaciones que puedan afectar a los trabajos de hincado en relación con:
- la presencia y estado de edificios o instalaciones sensibles próximas a los trabajos de hincado;
  - las restricciones sobre el medioambiente, por ejemplo, el ruido, las vibraciones o la contaminación;
  - cualquier restricción legal o estatutaria, por ejemplo, restricciones horarias;
- f) otros aspectos, tales como:
- posibles problemas de corrosión y de abrasión;
  - experiencias anteriores en la zona o en sus proximidades, sobre los pilotes de desplazamiento u otros métodos de cimentación;
  - la cimentaciones de inmuebles adyacentes.

**4.3** Cualquier requisito suplementario o cualquier desviación que esté incluida en los permisos de esta norma debe estar definida y ser objeto de acuerdo antes e iniciar los trabajos y se debe modificar convenientemente el plan de la calidad, por ejemplo para:

- una reducción o un aumento de las tolerancias geométricas de ejecución;
- el empleo de materiales de construcción diferentes a los previstos;
- utilización de armaduras especiales como tubos o perfiles de acero o de fibra (de acero o sintéticos);
- la inyección de fustes y de bases de los pilotes;
- la utilización de azuches;
- la utilización de ayudas a la hinca (preperforación, inyección de agua, etc.);
- la utilización de revestimientos para reducir el rozamiento.

## **5 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO**

**5.1** Los requisitos generales sobre el reconocimiento del terreno se recogen en la Norma Europea Experimental ENV 1997-1:1994.

**5.2** El reconocimiento del terreno debe ser lo suficientemente amplio para reconocer todas las formaciones y las capas que puedan afectar a la construcción y a las prestaciones de los pilotes, y para determinar las propiedades de resistencia y de deformación de los terrenos requeridas por el proyecto.

**5.3** Cuando sean oportunas para la ejecución del hincado de los pilotes de desplazamiento, en los informes de reconocimiento del terreno se deben facilitar las siguientes informaciones:

- a) el nivel del terreno de cada punto de estudio o ensayo, respecto a una referencia nacional reconocida o a un punto de referencia convenido;
- b) la presencia y características de suelos blandos o sueltos y de terrenos que puedan ablandarse, descompactarse o volverse inestables durante la ejecución de los pilotes;
- c) la presencia de guijarros, bloques u otros obstáculos subterráneos, naturales o artificiales, que puedan dificultar la hinca de los pilotes o que puedan requerir el empleo de métodos o herramientas especiales para su perforación o extracción;
- d) el espesor, el nivel y las características de una capa blanda bajo la capa principal que pueda afectar a las prestaciones de los pilotes de cimentación;
- e) la presencia, la extensión y el espesor de cualquier capa que pueda ser sensible a infiltraciones de agua o a tensiones debidas a las herramientas empleadas en la hinca (por ejemplo impactos o vibraciones);
- f) las niveles piezométricos de capas freáticas y sus variaciones, incluyendo los de las capas y pozos artesianos;
- g) cualquier capa del terreno en la que existan grandes velocidades de circulación de agua;
- h) la agresividad de las aguas subterráneas o de los suelos que quedan afectar a la durabilidad y al fraguado de los materiales de los pilotes;
- i) el nivel y la inclinación de cualquier capa o superficie rocosa que afecte al proyecto;

- j) el espesor y la amplitud de cualquier capa rocosa alterada (meteorizada) existente;
- k) la presencia, amplitud y espesor de suelos o depósitos contaminados que puedan influir en la calidad del pilote así como en la manipulación y en la descarga de los materiales excavados, o que puedan contaminar las capas subyacentes.

## **6 MATERIALES Y PRODUCTOS**

### **6.1 Generalidades**

**6.1.1** Todos los materiales y productos incorporados a los pilotes de desplazamiento se deben ajustar a las normas europeas adecuadas así como a los requisitos técnicos o a las especificaciones de los trabajos.

**6.1.2** Los orígenes de los materiales de aprovisionamiento

- deben estar documentados; y
- no se deben modificar sin que se notifique previamente.

**6.1.3** Se deben cumplir las tolerancias geométricas recogidas en las normas europeas apropiadas.

**6.1.4** Cuando se utilice un azuche, debe cumplir la norma apropiada al material o a las especificaciones.

### **6.2 Pilotes prefabricados**

#### **6.2.1 Pilotes de hormigón**

**6.2.1.1** Los materiales y la fabricación de pilotes prefabricados de hormigón, incluyendo las uniones, deben cumplir lo indicado en el proyecto de Norma Europea prEN 12794:1997.

#### **6.2.1 Pilotes de acero**

**6.2.2.1** Los materiales y la fabricación de los pilotes de acero deben, como mínimo, cumplir lo indicado en la Norma Europea Experimental ENV 1993-5.

**6.2.2.2** Los pilotes de acero reutilizados y de segunda elección deben, como mínimo, satisfacer las prescripciones sobre el tipo, medida, tolerancias, tipo y grado (del acero) especificados en el proyecto y estar exentos de defectos y de corrosión que puedan afectar a su resistencias y a su durabilidad.

**6.2.2.3** El hormigón vertido ulteriormente en un pilote de acero se debe ajustar a los indicado en la Norma Europea Experimental ENV 206.

#### **6.2.3 Pilotes de madera**

**6.2.3.1** Salvo indicación en contrario en los párrafos siguientes, los materiales, la fabricación y la manipulación de los pilotes de madera se deben ajustar a lo indicado en la Norma Europea Experimental ENV 1995-1-1.

**6.2.3.2** Los pilotes en punta deben ser afilados regularmente. Se recomienda que las medidas de la sección no varíen en más de 0,015 m por metro. La rectitud de un pilote (desviación respecto a una línea recta) debe ser inferior al 1% de su longitud.

**6.2.3.3** Salvo acuerdo en contrario, los pilotes se deben suministrar en una pieza.

**6.2.3.4** Los métodos de conservación se deben ajustar a las especificaciones.

#### **6.2.4 Pilotes de fundición**

**6.2.4.1** Las pilotes de fundición se deben ajustar a las especificaciones del fabricante y del proyecto.

#### **6.3 Pilotes realizados *in situ***

**6.3.1** Salvo especificaciones en contrario, todos los materiales y los productos incorporados en los pilotes realizados *in situ* deben ajustarse a la Norma Europea EN 1536.

**6.3.2** Se puede utilizar hormigón semi-seco siempre que se compacte durante la colocación. El contenido en cemento de un hormigón semi-seco debe ser, al menos de 350 kg/m<sup>3</sup>. Su clase de resistencia debe ser, al menos C25/30 y su trabajabilidad de acuerdo con lo especificado.

#### **6.4 Lechada**

**6.4.1** La lechada debe cumplir lo indicado en la Norma Europea EN 1536.

#### **6.5 Pinturas, recubrimientos y otros elementos de protección del fuste**

**6.5.1** Los recubrimientos utilizados para reducir el rozamiento lateral deben cumplir las especificaciones.

**6.5.2** Las pinturas, revestimientos y otros medios de protección contra la corrosión o los productos de conservación de los pilotes deberán cumplir con las especificaciones de proyecto y se deben aplicar según las instrucciones del fabricante.

### **7 CONSIDERACIONES SOBRE EL PROYECTO**

#### **7.1 Preliminares**

**7.1.1** Las normas de referencia sobre el proyecto de los pilotes de desplazamiento son:

- bases de proyecto y acciones sobre las estructuras: ENV 1991-1;
- cálculo de pilotes de hormigón ENV 1992-3;
- cálculo de pilotes de acero 1993-5;
- cálculo de pilotes mixtos: ENV 1994-1;
- capacidad portante de los pilotes: ENV 1997-1.

**7.1.2** Esta norma establece las reglas de proyecto sobre la realización que no están incluidas en las normas citadas más arriba y que pueden influir en el proyecto o sobre ciertas particularidades de los pilotes de desplazamiento.

#### **7.2 Generalidades**

**7.2.1** El tipo y la dimensión de los pilotes de desplazamiento deben estar definidos en el proyecto, el cual debe también asegurar que su instalación se adapta a las condiciones particulares del terreno y las tensiones del entorno

NOTA – Con frecuencia, esto se establece basándose en alguna experiencia comparable anterior.

**7.2.2** Cuando no exista una experiencia comparable sobre el hincado de pilotes, conviene realizar, antes de iniciar los trabajos principales, uno o varios ensayos de hincado en emplazamientos seleccionados.

NOTA – Un ensayo de hincado ofrece la posibilidad de probar los procedimientos, los equipos los materiales y las técnicas de ayuda, y evaluar el efecto del pilote sobre el comportamiento del terreno. Además, los ensayos de hincado pueden utilizarse para establecer los procedimientos de hincado y proporcionar una indicación sobre la longitud necesaria de los pilotes y de su capacidad portante.

Los estudios de hincado pueden ayudar a definir un procedimiento apropiado para colocar un material de hincado adecuado y a estimar las tensiones durante el mismo.

**7.2.3** Cuando se investiga el hincado de pilotes, es preciso tener en cuenta los requisitos y especificaciones del proyecto sobre las técnicas de ayuda (por ejemplo, proyección, perforación previa, cincelado, voladura).

### **7.3 Desviaciones geométricas de construcción**

**7.3.1** Salvo especificación en contrario, los pilotes deben hincarse con desviaciones geométricas inferiores a los valores siguientes:

- implantación de los pilotes verticales e inclinados (medidos respecto el nivel de la plataforma)
  - sobre el terreno:  $e \leq 0,1$  m;
  - en zonas acuáticas, conforme a las especificaciones del proyecto;
- inclinación de los pilotes verticales:
  - $i \leq i_{\text{máx.}} = 0,04$  (0,04 m/m);
- inclinación de los pilotes inclinados:
  - $i \leq i_{\text{máx.}} = 0,04$  (0,04 m/m);

siendo  $i$  la tangente del ángulo comprendido entre el eje teórico del pilote y su eje real.

**7.3.2** En el proyecto deben tenerse en cuenta las desviaciones geométricas de construcción. Si se sobrepasan las desviaciones especificadas, se debe examinar en todas las partes de la estructura, las consecuencias de los posibles sobrecargas y, si fuera necesario, tomar las medidas necesarias para remediarlas.

**7.3.3** Cuando se requieran o autoricen otras desviaciones distintas a las indicadas más arriba, se deben establecer por acuerdo antes de empezar los trabajos.

NOTA – Esto puede estar relacionado con la estructura (pilotes de pequeño diámetro, muros), con las condiciones del terreno, del material de hincado disponible o con el bajo nivel de descabezado.

**7.3.4** Para medir las desviaciones de ejecución se considerará que el centro de un pilote colocado *in situ* corresponde al centro de gravedad de las armaduras longitudinales o, en el caso de un pilote armado, al centro del círculo inscrito mayor en la parte superior del pilote.

**7.3.5** Conviene definir los desplazamientos límite verticales y laterales autorizados.

### **7.4 Secuencia de instalación**

**7.4.1** Se debe planificar el orden de hincado de los pilotes.

**7.4.2** Conviene que este orden sea tal que:

- los efectos perjudiciales de cualquier desplazamiento lateral o vertical de un pilote o de un grupo de pilotes sean mínimos;
- la capacidad portante de los pilotes colocados con anterioridad no sufran una reducción perjudicial de la carga de proyecto;
- el terreno alrededor del pilote no se compacte hasta el punto de que se impida la correcta colocación de los pilotes posteriores;
- las vibraciones resultantes de la hincada de los pilotes colados *in situ* no afecten ni al hormigón fresco de los pilotes vecinos, ni al hormigón que está fraguando.

**7.4.3** Debe volverse a evaluar la prestación global de los pilotes que hayan sufrido un desplazamiento perjudicial.

**7.4.4** Las experiencias locales o comparables pueden influir en la secuencia de colocación prevista.

## **7.5 Protección de los pilotes**

**7.5.1** Los pilotes deben estar protegidos contra los ataques de organismos vivos, de sustancias agresivas, de la corrosión de las corrientes vagabundas, siempre que existan tales riesgos.

Las medidas que se han de tomar se deben estudiar y especificar en el proyecto.

**7.5.2** Las medidas posibles son:

- utilización de un acero de composición química adecuada;
- utilización de un hormigón o un mortero de una composición adecuada;
- instalación de una protección catódica;
- revestimientos o tratamientos, orgánicos o inorgánicos;
- revestimientos de hormigón;
- utilización de un sobreespesor de material;
- utilización de entubaciones o vainas permanentes.

**7.5.3** Salvo que el proyecto lo autorice o lo exija, la superficie de los pilotes no debe ser objeto de un tratamiento que reduzca el rozamiento lateral.

NOTA - El rozamiento negativo puede reducirse mediante la aplicación de un revestimiento adecuado.

**7.5.4** Salvo si está prevista una protección apropiada, los pilotes de madera sólo deben utilizarse para estructuras permanentes si van a permanecer completamente por debajo de los niveles más bajos conocidos de las aguas subterráneas o de las aguas libres durante la utilización prevista de la estructura.

**7.5.5** En el caso de pilotes realizados en obra, cuando el suelo tenga una resistencia al corte sin drenar de 15 kPa, conviene entubar o colocar una vaina permanente, salvo si una experiencia adecuada ha demostrado que no es necesaria.

**7.5.6** El método de colocación de la vaina debe ser objeto de acuerdo.

## 7.6 Necesidad de ayuda a la hinca

**7.6.1** El proyecto debe analizar cómo pueden influir los métodos de ayuda a la hinca en las prestaciones de los pilotes, en la seguridad de las construcciones existentes o en las pendientes potencialmente inestables.

**7.6.2** Cualquier ayuda a la hinca como el prehincado, perforación previa, proyección, cincelado, o la voladura previa, se debe planificar y aprobar antes del inicio de los trabajos.

**7.6.3** Es conveniente que las ayudas a la hinca se realicen de forma que no perjudiquen ni a la capacidad portante de los pilotes colocados ni a la seguridad de las estructuras existentes.

## 7.7 Proyecto de hincado por golpeo de elementos prefabricados

### 7.7.1 Generalidades

**7.7.1.1** Es conveniente que, cuando se definen los criterios de hincado, se evalúen y se tengan en cuenta los procedimientos de hincado, las mazas, los protectores, el tamaño de los pilotes así como otros factores que puedan afectar a las tensiones inducidas en el fuste del pilote durante la hinca.

**7.7.1.2** Cuando exista riesgo de que se produzcan sobretensiones en el fuste del pilote durante la hinca, conviene realizar un análisis de propagación de las ondas.

**7.7.1.3** Estos estudios pueden completarse *in situ* mediante la medición de la propagación de las ondas.

**7.7.1.** Es conveniente que las tensiones inducidas por la hinca, calculadas, deducidas o medidas como se indica en el apartado 7.7.1, no sobrepasen los valores que se indican en los apartados 7.7.2, 7.7.3 y 7.7.4.

### 7.7.2 Pilotes de hormigón prefabricados

**7.7.2.1** Conviene seleccionar la energía transferida por el dispositivo de hincado de forma que:

– en compresión.

la tensión máxima calculada (incluida la tensión previa) durante la hinca no sea superior a 0,8 veces la resistencia característica a compresión del hormigón al realizar la hinca.

– en tracción

– la fuerza calculada no sobrepase  $0,9 \times f \times A$ , descontando la fuerza de tensión previa, siendo:

$f$ : la tensión elástica característica de la armadura;

$A$ : la sección de las armaduras.

**7.7.2.2** Cuando se controlan realmente las tensiones en el golpeo, las tensiones durante la hinca pueden ser un 10% superiores a las definidas en 7.7.2.1.

**7.7.2.3** Cuando se evalúan las tensiones inducidas durante la hinca, es conveniente que se preste una atención especial cuando se pasa de una capa dura a otra blanda, pues se pueden producir tensiones elevadas en el pilote.

### 7.7.3 Pilotes de acero

**7.7.3.1** Conviene seleccionar la energía transferida por el dispositivo de hincado, de forma que la tensión máxima calculada, generada en los pilotes de acero durante la hinca no sobrepase 0,9 veces la resistencia elástica característica del acero.

**7.7.3.2** Cuando se controlan realmente las tensiones en el golpeo, las tensiones durante la hinca pueden ser un 20% superiores a las definidas en el apartado 7.7.3.1.

#### **7.7.4 Pilotes de madera**

**7.7.4.1** Conviene seleccionar la energía transferida por el dispositivo de hincado, de forma que la tensión máxima a compresión generada durante la hinca, no sobrepase 0,8 veces la resistencia a compresión característica medida, paralelamente a las fibras de la madera.

**7.7.4.2** Cuando se controlan realmente las tensiones en el golpeo, las tensiones durante la hinca pueden ser un 10% superiores a las definidas en el apartado 7.7.4.1.

**7.7.4.3** Conviene establecer una tolerancia para tener en cuenta las reducciones de sección ocasionadas por los huecos y las entallas.

### **7.8 Puntos específicos del proyecto**

#### **7.8.1 Generalidades**

**7.8.1.1** Si los temas que se indican a continuación son importantes para la calidad o para las prestaciones, es conveniente especificarlos al iniciarse el proyecto antes o durante la ejecución. Estos son los siguientes:

- el tipo de acoplamientos;
- la calidad de las soldaduras en los empalmes;
- el procedimiento, la longitud mínima y las tolerancias de corte de los elementos del pilote;
- la forma y la estructura del azuche o, si es necesario, otros dispositivos para proteger y fijar la punta del pilote en un asentamiento rocoso;
- los efectos del tiempo sobre la capacidad portante del pilote;
- ensayos de repaso de los pilotes prefabricados;
- la adaptación de los criterios de hincado en caso de utilización de falsos pilotes.

#### **7.8.2 Armaduras de pilotes realizados *in situ***

**7.8.2.1** Las armaduras realizadas a pie de obra debe estar diseñadas, no sólo para obtener una resistencia apropiada del pilote, sino también para tener una resistencia y una rigidez apropiada para la manipulación y para la ejecución del pilote. También debe permitir que el hormigón fluya alrededor de cada uno de sus elementos.

**7.8.2.2** Las barras de espera o las clavijas colocadas en el hormigón fresco o endurecido, para la unión con la superestructura, deben ajustarse a lo indicado en la Norma Europea Experimental ENV 1992-3.

**7.8.2.3** Cuando se utilizan tubos o perfiles de acero como armadura de pilotes, su proyecto debe acomodarse a lo indicado en la Norma Europea EN 1994-1-1.

**7.8.2.4** Salvo acuerdo en contrario en el proyecto, los pilotes de hormigón realizados a pie de obra deben estar armados en toda su longitud.

**7.8.2.5** Un pilote realizado *in situ* se puede proyectar en hormigón en masa cuando:

- las sollicitaciones son debidas a la construcción; y/o;

- las acciones están generadas por la superestructura; y/o;
- las acciones que provienen de los terrenos sólo producen en el pilote tensiones de compresión; y
- el pilote no está situado en una zona sísmica.

**7.8.2.6** Sin embargo, para evitar solicitaciones accidentales (por ejemplo, las que resultan de la ejecución de los trabajos, de la excentricidad del pilote, etc.), los 4 m superiores del pilote deben estar siempre armados, como mínimo, con la sección de armadura y con el número de barras que se indica en el apartado 7.8.2.9.

**7.8.2.7** Salvo especificación en contrario, también es conveniente que se prevean armaduras a todo lo largo del pilote cuando haya que atravesar suelos blandos o sueltos.

**7.8.2.8** En cualquier caso, los pilotes que trabajan a tracción deben estar armados en toda su longitud.

**7.8.2.9** Salvo que por cálculo se demuestre lo contrario, cuando se requieran armaduras:

- la proporción mínima de armadura longitudinal debe ser el 0,5 % de la sección nominal del pilote; y
- el número mínimo de armaduras debe ser de 4 barras de 12 mm de diámetro.

**7.8.2.10** El espaciamiento mínimo entre nudos en las barras longitudinales de la armadura debe ser como mínimo:

- 100 mm;
- 80 mm, cuando se utilizan áridos de  $d \leq 20$  mm.

El espaciamiento se puede reducir a lo largo de la longitud de separación de las barras.

**7.8.2.11** Las armaduras transversales deben cumplir los siguientes valores:

- diámetro mínimo de las barras: 5 mm;
- espaciamiento mínimo entre barras: idéntico al de las armaduras longitudinales.

**7.8.2.12** El recubrimiento de todas las armaduras de los pilotes colocadas *in situ* no debe ser inferior a:

- 50 mm, en el caso de pilotes con entubación temporal;
- 75 mm, en el caso exposición de clase 5, según la Norma Europea Experimental ENV 206 o cuando las armaduras se colocan después del hormigonado;
- 40 mm respecto a la pared interna de un tubo permanente o de una vaina.

### **7.8.3 Azuche**

**7.8.3.1** Los azuches de los pilotes de desplazamiento deben estar fabricados con un material resistente, capaz de soportar sin dañarse las tensiones generadas por el método de hincado y por las condiciones del suelo.

**7.8.3.2** El azuche de los pilotes fabricados *in situ* debe estar diseñado para evitar la entrada de agua en el tubo de hincado durante la instalación.

**7.8.3.3** Conviene estudiar la punta de los pilotes de hormigón prefabricados y los de acero cuando se hincan en roca dura, en una capa rocosa con una superficie inclinada, o si hay riesgos de roca dura o de suelos con bloques duros.

NOTA – En terrenos o rocas blandas, la punta de los pilotes puede estar protegida por otros métodos, por ejemplo por bandas, refuerzos extra por chapas.

En la figura A.4 del anexo A se incluyen ejemplos de extremos de pilotes para rocas.

**7.8.3.4** Normalmente no se exige ninguna protección para la hinca de pilotes de madera en terrenos blandos.

En otro tipo de suelos, salvo si ya se dispone de una experiencia comparable que aconseje lo contrario, es conveniente que se proteja la punta del pilote.

**7.8.4 Uniones de pilotes.** Las uniones de pilotes prefabricados y de pilotes mixtos deben ser capaces de mantener la alineación y la posición de los elementos durante la hinca. También deben resistir con toda seguridad las tensiones generadas por la manipulación, por la hinca y por las acciones que provienen de la superestructura y del suelo circundante.

En las figuras A.7, A.8 y A.9 del anexo A se recogen ejemplos tipo de uniones de pilotes.

### **7.8.5 Ampliaciones de los pilotes**

**7.8.5.1** Cuando está previsto la ampliación de los pilotes, se deben acordar el método para su realización su superficie resistente y los parámetros del fuste que se han de utilizar en los cálculos.

En la figura A.2 del anexo A se recogen ejemplos de ampliaciones.

**7.8.5.2** Cuando se utiliza un rehincado para ensanchar las bases o los fustes de pilotes ya colocados, el procedimiento de ejecución de los pilotes, así como el valor nominal de la superficie del fondo del pilotes y el perímetro del fuste que se han de tomar en cuenta en los cálculos, deben ser objeto de acuerdo antes de empezar los trabajos.

### **7.8.6 Separación de los pilotes**

**7.8.6.1** La separación de los pilotes se debe determinar en función del tipo y de la longitud de los pilotes, de las condiciones del terreno y de su comportamiento como un conjunto [en grupo].

**7.8.6.2** Cuando se define el tipo, la separación de los pilotes, la orientación y su orden de hincado, conviene examinar cómo puede interferir durante la hinca un pilote con otro.

**7.8.7 Pilotes mixtos.** Se debe prestar una atención especial a las uniones de los elementos y al modo de ejecución de los pilotes mixtos, de manera que se pueda garantizar una capacidad resistente, una durabilidad y una resistencia estructural apropiadas.

En la figura A.8 del anexo A se recoge un ejemplo de unión.

## **8 EJECUCIÓN**

### **8.1 Generalidades**

**8.1.1** Conviene tomar todas las precauciones razonables durante la operaciones de hincado (operaciones que deberían incluir la manipulación de los pilotes, de los equipos y de los materiales), para garantizar la seguridad en y alrededor de la obra, y reducir los riesgos de daños y los efectos de las vibraciones y del ruido en las personas y en las propiedades de alrededor.

**8.1.2** La hinca de los pilotes sin desplazamiento de terreno se debe efectuar según un orden establecidos según se indica en el apartado 7.4.

**8.1.3** Antes de empezar los trabajos de hincado, conviene que esté disponible y aprobado un plan de ejecución que describa el equipo, el método, el emplazamiento del primer pilote así como el orden completo de hincado de los pilotes.

**8.1.4** Si es posible, conviene realizar ensayos de hincado o colocar el pilote inicial cerca de los emplazamientos de estudio de los suelos.

## **8.2 Preparación de la zona**

**8.2.1** La plataforma de hincado se debe preparar y mantener de forma que los trabajos se puedan realizar con toda seguridad y eficacia.

## **8.3 Equipos y métodos**

**8.3.1 Generalidades.** Es conveniente que los equipos de hincado cumplan lo indicado en la Norma Europea EN 996.

### **8.3.2 Maza**

**8.3.2.1** Los pilotes, las entubaciones y los tubos de hinca se deben clavar con ayuda de una maza apropiada, que permita alcanzar la profundidad prescrita o la resistencia exigida sin perjuicios y minimizando las perturbaciones de las zonas próximas.

**8.3.2.2** Para los pilotes hincados por la cabeza, el dispositivo de hincado debe ser coaxial con el pilote o con el tubo de hinca y su base perpendicular a estos últimos.

**8.3.2.3** La velocidad del impacto de la maza, así como su peso se deben elegir de forma adecuada al pilote y a las condiciones del suelo (véase el apartado 7.7).

### **8.3.3 Vibrador**

**8.3.3.1** Los pilotes, las entubaciones y los tubos se deben clavar con ayuda de un martillo vibrador adecuado, que permita alcanzar la profundidad o la resistencia exigida sin daños y limitando las perturbaciones al entorno.

**8.3.3.2** Es conveniente centrar el vibrador sobre la cabeza del pilote o del tubo de hinca.

**8.3.3.3** Se deben elegir adecuadamente la fuerza centrífuga, la frecuencia de la vibración y la amplitud del desplazamiento del martillo vibrador, en función del pilote y de las condiciones del suelo.

**8.3.3.4** También se puede considerar una combinación de hincado por golpeo y por vibración en la cual el vibrador se utiliza, habitualmente al iniciar el clavado, y la maza se utiliza hasta alcanzar la profundidad o la resistencia requerida.

**8.3.3.5** Cuando se puedan causar daños a las construcciones o canalizaciones próximas, conviene que los pilotes o los tubos se claven con ayuda de vibradores cuya amplitud y frecuencia estén reguladas de forma independiente.

**8.3.4 Equipos para pilotes roscados.** El par y la presión se deben elegir de modo que el pilote o el tubo de hinca puedan alcanzar la profundidad prescrita o la resistencia requerida sin causar un perjuicio o una transformación inaceptable del suelo.

### **8.3.5 Equipo para pilotes hincados por presión**

**8.3.5.1** Los dispositivos para ejercer la presión y la reacción se deben elegir de modo que el pilote pueda alcanzar la profundidad prescrita o la resistencia requerida sin dañar ni el pilote ni el dispositivo de reacción.

**8.3.5.2** Se debe incluir en el sistema de presión un dispositivo de medida de la carga calibrado.

### **8.3.6 Equipos auxiliares**

**8.3.6.1** Cuando el nivel de descabezado del pilote se sitúa por debajo del nivel del suelo o de la capa, se puede colocar un falso pilote coaxial entre el mesa de golpeo y la parte superior del pilote.

**8.3.6.2** Con vistas a reducir las pérdidas de energía, conviene que el falso pilote tenga aproximadamente la misma rigidez dinámica que el pilote (véase el apartado 7.8.1).

**8.3.7 Tubos de hincia.** El diámetro del tubo de hincia no debe presentar variaciones significativas, internas o externas, que pueda impedir un enclavamiento correcto del pilote.

## **8.4 Pilotes prefabricados**

### **8.4.1 Generalidades**

**8.4.1.1** Se deben seguir las prescripciones específicas para la manipulación, el montaje y el almacenamiento. Si no se ha facilitado ninguna prescripción específica, los elementos de los pilotes se deben manipular y almacenar sin que sufran sobre presiones.

**8.4.1.2** Cuando así se especifique, uno o varios pilotes se deben volver a golpear, después de un periodo definido, para determinar los efectos del tiempo sobre la capacidad de resistencia de los pilotes (véase el apartado 7.8.1).

**8.4.1.3** Si durante de este nuevo golpeo, no se alcanzan los criterios de hincado, se debe volver a evaluar la capacidad portante de los pilotes (véase el apartado 7.6.3.4 de la Norma Europea Experimental ENV 1997-1).

### **8.4.2 Pilotes prefabricados de hormigón**

**8.4.2.1** Es conveniente que la cabeza de los pilotes prefabricados de hormigón estén protegidos durante el golpeo por un protector, de forma que se reduzcan las tensiones generadas por los golpes en la parte superior del pilote y se repartan uniformemente.

**8.4.2.2** Se deben seguir las prescripciones sobre la unión de los elementos del pilote.

### **8.4.3 Pilotes de acero**

**8.4.3.1** Es conveniente que la cabeza de un pilote de acero que se va a clavar esté protegida por un mesa de golpeo de acero bien ajustado para evitar dañar el extremo superior del pilote.

**8.4.3.2** La punta de un pilote debe ser lo suficientemente sólida para poder resistir los golpes de la maza y las fuerzas que se desarrollen en el material del tope (véase el apartado 8.5.2.3).

#### **8.4.3.3 Soldeo y corte de elementos de acero**

**8.4.3.3.1** La superficie de la cabeza del pilote se debe cortar perpendicularmente a su eje antes de la hincia.

**8.4.3.3.2** Cuando sea necesario una preparación o un corte de bordes de los elementos de acero, estas operaciones se deben realizar como se indica en la Norma Europea EN 29692.

**8.4.3.3.3** Salvo indicación en contrario en el proyecto, en el caso de estructuras de acero que cumplan la Norma Europea Experimental ENV 1993-5 y la Norma Europea EN 10248, la preparación de bordes, los procedimientos de soldeo y la descripción de los procedimientos de soldeo deben ajustarse a la tabla 1. Para otras clases de acero, se deben especificar los requisitos.

**8.4.3.3.4** Cuando se deban unir por soldeo en obra elementos del pilote, se deben utilizar las instalaciones adecuadas para apoyar y alinear estos elementos antes de su soldeo. Los elementos se deben unir respetando las normas adecuadas y las indicaciones del proyecto en los que se refiere a la alineación o ángulo de los ejes de ambos elementos.

Las operaciones de soldeo no se deben realizar cuando las soldaduras pueda dañarse por las vibraciones.

**8.4.3.3.5** El metal de aportación debe tener características mecánicas superiores o iguales a las mínimas exigidas al material base.

**8.4.3.3.6** Se deben tomar precauciones especiales para sean mínimas las tensiones y deformaciones producidas por el soldeo.

**8.4.3.3.7** Las soldaduras deben realizarlas soldadores con suficiente experiencia.

**8.4.3.3.8** Salvo especificación en contrario, los ensayos e inspecciones de las soldaduras deben cumplir lo indicado en la tabla 1.

**Tabla 1**  
**Criterios para el soldeo, los ensayos e inspección de soldaduras de pilotes y de elementos de pilotes de acero de construcción**

Soldero						Ensayo e inspección de soldaduras		
Tipo de unión	Tipo de soldeo	Preparación de bordes	Tipo de electrodos	Procedimiento de soldeo según la EN 4063	Descripción del procedimiento de soldeo	Nivel de aceptación de defectos EN 25817	Tipo de ensayo	Frecuencia de ensayo
A tope, por recubrimiento <sup>a)</sup>	EN 29692	EN 29692	EN 499	111	EN 288-2	D	Visual	100%
				114				
A tope, por recubrimiento <sup>b)</sup>	EN 29692	EN 29692		12	–	D	Visual	100%
				131				
				135				
				136				
<p><sup>a)</sup> Para las soldaduras estructurales.</p> <p><sup>b)</sup> Para soldaduras no estructurales.</p>								

#### 8.4.4 Pilotes de madera

**8.4.4.1** Antes de la hinca, se deben tomar las precauciones necesarias para evitar el astillado del pilote.

NOTA – Esto se puede hacer descabezando el pilote perpendicularmente a su eje y ciñéndolo con un anillo de acero o de fundición o por cualquier otro método que se hay reconocido como eficaz.

**8.4.4.2** Cuando sea necesario utilizar pilotes compuestos por dos o más elementos, es conveniente que las superficies de unión estén cortadas perpendicularmente al eje del pilote para asegurar el contacto de toda la sección del pilote.

**8.4.4.3** Es conveniente que las uniones se fijen por un método probado (véanse las figuras A.8 y A.9 del anexo A).

**8.4.4.4** Después de la hinca, conviene que, antes de que sean cubiertos, se corten las cabezas de los pilotes perpendicularmente a su eje por una zona sana y que ese traten con productos que preserven la madera.

**8.4.5 Pilotes mixtos.** Durante la hinca, es conveniente tomar todas las precauciones posibles para no sobrepasar las tensiones admisibles de las uniones entre elementos de materiales diferentes.

## 8.5 Pilotes realizados a pie de obra

### 8.5.1 Generalidades

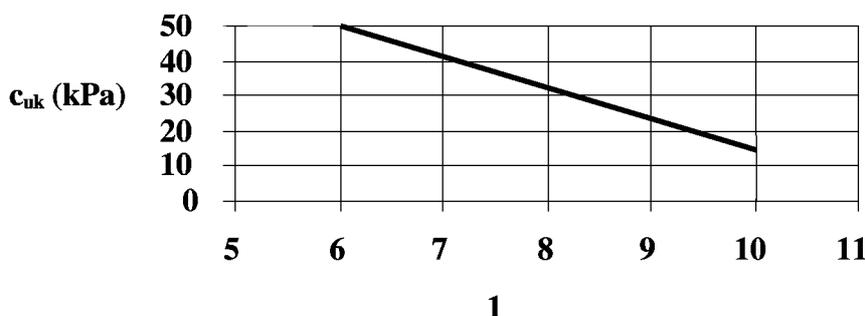
**8.5.1.1** Todas las instalaciones, materiales y operaciones utilizadas para la realización de un pilote a pie de obra deben ser tales que se asegure que el pilote acabado tenga la sección mínima requerida.

**8.5.1.2** El hincado del tubo de perforación debe cumplir los apartados adecuados de 8.3 y 8.4.

**8.5.1.3** Las fases del hincado de los pilotes con entubación provisional no deben producir ningún daño a los pilotes ya colocados, antes de que el hormigón de estos haya alcanzado una resistencia suficiente.

**8.5.1.4** Salvo especificación en contrario o de que la experiencia demuestre lo contrario, es conveniente que los pilotes sin entubación permanente no se coloquen a una distancia (entre centros) inferior a seis diámetros de los pilotes vecinos, antes de que el hormigón de éstos haya fraguado hasta alcanzar una resistencia suficiente.

**8.5.1.5** Cuando el terreno tiene una resistencia al corte sin drenar de 50 kPa, conviene aumentar la distancia entre los centros de los pilotes recién hormigonados sin entubación permanente, como se indica en la figura 1, cuando el hormigón todavía no ha alcanzado la resistencia suficiente.



Leyenda

1 Distancia entre centros / diámetro

**Fig. 1 – Distancia mínima entre pilotes recientes sin entubación permanente, en suelos blandos**

**8.5.1.6** Cuando se utiliza hormigón semi-seco compactado para los fustes de los pilotes, las distancias recomendadas en la figura 1 se pueden reducir a la mitad.

**8.5.1.7** No es aconsejable volver a clavar los pilotes que han sido levantados, excepto aquellos en los que el hormigón se haya vertido en una entubación permanente de acero o en un tubo prefabricado de hormigón, y respetando en este caso las especificaciones del proyecto. Es conveniente no volver a hincar los pilotes sin entubación permanente a menos que se compruebe que la sección del pilote puede soportar con toda seguridad los esfuerzos de hincado.

### 8.5.2 Pilotes con entubación temporal

**8.5.2.1** Cuando el tubo de hincado es clavado en cabeza, el pilote debe estar equipado de un azuche o de otro dispositivo de cierre que impida la penetración de agua o de partículas de suelo en el tubo.

**8.5.2.2** Cuando el azuche del pilote se ha desplazado o se ha dañado y entra agua o partículas de suelo en el tubo de hincado, no debe hormigonarse el pilote hasta que se hayan realizado una o varias de las siguientes operaciones:

- rellenado del tubo, si fuera necesario, con materiales pulverulentos, extracción y rehincado; o
- cambio de lugar del pilote;
- ejecución de un nuevo pilote en su emplazamiento original cuando se puede eliminar un obstáculo existente sin producir daños.

**8.5.2.3** Cuando el tubo de hinca es clavado en fondo, se puede utilizar hormigón, grava o arena como tapón en la base del tubo, siempre que el tapón no se dañe durante la hinca.

#### **8.5.2.4 Manipulación y colocación de las armaduras**

**8.5.2.4.1** Las armaduras de acero se deben fabricar de forma que se puedan manipular y bajar por el tubo de hinca sin detrimento ni deformación.

**8.5.2.4.2** Cuando las armaduras se fabrican o montan *in situ* por soldeo, la superficie y la calidad de las soldaduras deben ser apropiadas a las fuerzas que se van a aplicar durante la manipulación y durante la utilización una vez que el pilotes se ha hormigonado, y se deben realizar como se indica en la Norma Europea Experimental ENV 1992-3.

**8.5.2.4.3** Las armaduras deben estar suspendidas o sostenidas de modo que mantengan una posición correcta durante el hormigonado.

**8.5.2.4.4** Conviene colocar las armaduras en el tubo de hinca antes del hormigonado.

**8.5.2.4.5** En el caso de pilotes verticales, está autorizada la colocación de las armaduras después de hormigonar si se ha demostrado su viabilidad mediante experiencias anteriores en condiciones comparables o mediante ensayos de viabilidad.

**8.5.2.4.6** Operaciones de este tipo se deben realizar lo más rápidamente posible después de terminar el hormigonado.

**8.5.2.4.7** Si las armaduras se colocan después del hormigonado, puede ser necesario mantenerlas en posición por medios apropiados.

**8.5.2.4.8** Se pueden favorecer la instalación mediante una ligera vibración o empujando las armaduras por ejemplo, con un mandril.

**8.5.2.4.9** Cuando se deben doblar las armaduras que sobresalen de hormigón de la cabeza, el radio interno de doblado no debe ser inferior al indicado en la Norma Europea Experimental ENV 1992-3.

#### **8.5.2.5 Hormigonado**

**8.5.2.5.1** El hormigonado de los pilotes realizados *in situ* se debe realizar en condiciones secas por uno de los tres métodos que se indican a continuación:

- 1) utilización de hormigón de alta trabajabilidad que se vierte en cantidad suficiente en el tubo de hinca antes y durante su extracción;
- 2) bombeo de un hormigón de gran trabajabilidad en el tubo de hinca;
- 3) utilización de un hormigón semi-seco colocado en pequeñas cantidades en el tubo de hinca expulsando y compactando cada carga por apisonado en el interior del tubo durante las etapas ascendentes de extracción del tubo.

El primer y el tercer método se pueden combinar, por ejemplo, utilizando en la base del pilote (ocasionalmente ensanchada) con un hormigón semi-seco, y el fuste con un hormigón de alta trabajabilidad.

**8.5.2.5.2** Si en la base del tubo queda agua o restos de suelo no debe utilizarse el procedimiento de hormigonado en condiciones secas. Inmediatamente antes del hormigonado se debe realizar una comprobación.

NOTA – Cuando no hay restos de suelo en el tubo de hinca, se puede autorizar el hormigonado en condiciones sumergidas por medio de un tubo sumergido.

**8.5.2.5.3** El hormigón fresco siempre se debe verter sobre un hormigón que conserve toda su trabajabilidad.

**8.5.2.5.4** Cuando se define el tiempo de trabajabilidad del hormigón, conviene tener en cuenta las posibles interrupciones de aprovisionamiento y el tiempo necesario para el hormigonado.

**8.5.2.5.5** Se debe utilizar la cantidad suficiente de hormigón, con una trabajabilidad y una cohesión suficiente para que:

- no quede aprisionada ninguna cantidad significativa de aire;
- se evite la subida del hormigón durante la extracción del tubo;
- se evite la segregación del hormigón;
- se evite la entrada de agua o de terreno.

**8.5.2.5.6** Para mejorar la fluencia y la compactación del hormigón se puede hacer vibrar el tubo o dar ligeros golpes en el mismo durante su extracción.

**8.5.2.5.7** Durante su extracción, se debe mantener una altura apropiada por encima de la base del tubo de hinca.

**8.5.2.5.8** Es conveniente que durante la extracción se mantenga el nivel de hormigón en el tubo por encima o al mismo nivel de la plataforma de perforación.

**8.5.2.5.9** Es conveniente que se hormigone el pilote hasta el nivel de la plataforma de perforación, a menos que por experiencias anteriores se haya demostrado que no es necesario, para asegurara la integridad y la geometría del pilote.

**8.5.2.10** Si se utiliza un hormigón semi-seco, el método de extracción de la entubación debe asegurar que el hormigón no se levanta y que está correctamente compactado y apisonado.

**8.5.2.11** Durante el hormigonado, es conveniente que se verifique y anote el volumen de hormigón vertido y su nivel en el tubo.

**8.5.2.12** Es conveniente que el método y la frecuencia de las verificaciones del nivel de hormigón sean las adecuadas a las dimensiones, al tipo de pilote realizado y a las condiciones del suelo y deben ser objeto de un acuerdo antes de iniciar los trabajos.

**8.5.2.13** En tiempo frío, cuando la temperatura ambiente es inferior a 3 °C y está bajando, la cabeza de los nuevos pilotes realizados en obra deben protegerse de las heladas.

### **8.5.3 Pilotes con entubación permanente**

NOTA – Las entubaciones o vainas permanentes se pueden utilizar para los pilotes realizados en obra, por ejemplo para evitar estrechamientos o ensanchamientos excesivos de los pilotes, o como protección contra suelos o capas agresivas.

**8.5.3.1** La manipulación y la colocación de las armaduras deben cumplir lo indicado en el apartado 8.5.2 y en la Norma Europea EN 1536.

## **8.6 Pilotes inyectados**

### **8.6.1 Inyección durante la hinca**

**8.6.1.1** Se puede utilizar un azuche ampliado para crear alrededor de toda o de parte de la periferia del pilote un espacio que se rellena de lechada durante la hinca.

**8.6.1.2** Se puede realizar la inyección desde el nivel del azuche, por medio de un tubo fijado de forma permanente o no, a lo largo del pilote o del tubo de perforación.

**8.6.1.3** El caudal de la bomba debe tener en cuenta la velocidad de hinca y el tamaño del espacio que rodea al pilote.

## **8.6.2 Inyección después de la hinca**

**8.6.2.1** Para los pilotes de hormigón, la inyección del fuste se debe efectuar por medio de tubos de inyección permanentes, fijados o incorporados al pilote.

**8.6.2.2** Para los pilotes en acero, la inyección del fuste y de la base se debe efectuar por medio de tubos de inyección fijados de manera permanente o no al pilote.

**8.6.2.3** La inyección se debe efectuar con presiones y velocidades de inyección adecuadas para:

- permitir que la lechada fluya a la interfaz pilote-terreno;
- evitar cualquier distensión del terreno circundante.

**8.6.2.4** Después de que la primera inyección haya fraguado, está permitido efectuar una segunda.

**8.6.2.5** En el caso de pilotes realizados a pie de obra, la inyección del fuste o de la base sólo debe realizarse después del fraguado o del curado del hormigón según las especificaciones.

## **8.7 Descabezado de los pilotes de hormigón**

**8.7.1** El descabezado y arreglo de la cabeza de un pilote se debe realizar con gran cuidado para no dañar el resto del pilote.

**8.7.2** Se debe prestar una atención especial a la calidad del hormigón de la cabeza del pilote. Todo hormigón defectuoso en la cabeza de un pilote se debe eliminar hasta alcanzar el hormigón sano y reemplazarse por un hormigón nuevo perfectamente soldado al antiguo.

## **8.8 Métodos auxiliares para casos particulares**

### **8.8.1 Métodos para facilitar la hinca**

**8.8.1.1** Para facilitar la hinca de los pilotes pueden ser necesarios métodos auxiliares. Estos métodos pueden ser:

- la inyección de agua durante la perforación;
- el prehincado;
- la perforación previa;
- la voladura previa;
- la ampliación del tubo de hinca o de la base del pilote.

**8.8.1.2** Estos métodos no deben debilitar:

- las prestaciones de los pilotes ya realizados;
- la estabilidad del suelo próximo (deslizamientos, licuefacción, levantamiento, deslizamiento lateral);
- la estabilidad de las estructura próximas.

**8.8.1.3** Se debe interrumpir inmediatamente la proyección de agua si el pilote o el tubo de perforación tienen tendencia a desviarse de su posición o a inclinarse.

**8.8.2 Métodos para limitar los movimientos de los terrenos.** Durante la hincada de los pilotes de un grupo y cuando estos pilotes pueden dar lugar a desplazamientos inaceptables del terreno, para atenuar estos efectos es conveniente utilizar la perforación previa o la perforación, dependiendo del proyecto.

**8.8.3 Trabajos realizados desde una plataforma flotante.** Se debe prestar una atención particular a los dispositivos auxiliares de guía para asegurar el alineamiento de los pilotes durante la hincada.

#### **8.8.4 Bases ensanchadas en obra**

**8.8.4.1** Los métodos de ampliación de la base de los pilotes deben ser objeto de acuerdo antes de iniciar los trabajos (véase el apartado 7.8.5).

**8.8.4.2** Las bases ensanchadas ejecutadas en obra se pueden realizar, apisonando con una maza pequeñas cantidades de hormigón en el suelo, por debajo de la base del tubo de hincada.

**8.8.4.3** Se deben medir y anotar como está prescrito, tanto el consumo de hormigón como la energía de golpeo para la realización de la base.

**8.8.4.4** Se debe tener un cuidado particular para obtener un anclaje suficiente de las armaduras en la base ensanchada, cuando los pilotes se someten a tensión (por ejemplo, en el caso de esfuerzos de tracción derivados de la superestructura o cuando pueden producirse levantamientos).

## **9 SUPERVISIÓN, CONTROLES Y ENSAYOS**

### **9.1 Supervisión**

**9.1.1** El responsable de los trabajos debe ser una persona suficientemente cualificada y experimentada.

**9.1.2** Esta persona debe ser responsable de:

- la conformidad de los trabajos con esta norma, así como con cualquier especificación suplementaria y cualquier procedimiento acordado;
- el control de ejecución de los pilotes y de la conservación de todos los informes que se consideren necesarios; y de
- la información al representante del cliente y/o al proyectista de cualquier cambio o desviación de las condiciones esperadas de obra o de cualquier no conformidad.

### **9.2 Controles de ejecución de los pilotes**

**9.2.1** Los controles de todos los trabajos de realización de las diferentes etapas de ejecución de un pilote se deben ajustar al método de trabajo y al plan de ejecución establecidos en el proyecto y en la Norma Europea Experimental ENV 1997-1.

**9.2.2** Se debe controlar el procedimiento de ejecución de un pilote, que incluye el comportamiento de los pilotes ya colocados, y se deben reseñar todos los datos que procedan de los indicados en el apartado 10.3 y, si se exige los citados en el apartado 10.4.

**9.2.3** Conviene que se controlen los efectos de la hincada de pilotes en la proximidad de obras sensibles o de pendientes potencialmente inestables; los métodos pueden incluir la medición de vibraciones, de presiones intersticiales, deformaciones e medición de la inclinación. Conviene comparar estas medidas con los criterios de prestaciones aceptables.

**9.2.4** La frecuencia de los controles debe estar especificada y aceptada antes de comenzar los trabajos de hincado de los pilotes.

**9.2.5** Los informes de los controles se deben facilitar en plazo convenido y conservados en obra hasta la terminación de los trabajos de hincado de los pilotes.

**9.2.6** Todos los instrumentos utilizados para el control de la instalación de los pilotes o de los efectos derivados de esta instalación deben ser adecuados al objetivo previsto y deben estar calibrados.

**9.2.7** Debe reseñarse cualquier no conformidad.

**9.2.8** Conviene registrar la curva completa de la hincada de un cierto número de pilotes, para establecer si las condiciones del suelo corresponden a las consideradas en el proyecto.

También conviene reseñar:

- sobre las mazas: su altura de caída del pistón y su peso o la energía de golpeo, así como el número de golpes de la maza por unidad de penetración;
- sobre los pilotes roscados: el par y la presión aplicada;
- sobre los pilotes hincados por vibración: la potencia nominal, la amplitud, la frecuencia y la velocidad de penetración;
- sobre los pilotes hincados por presión: la fuerza aplicada al pilote.

**9.2.9** Cuando los pilotes se hincan hasta el avance, se deben medir la energía y avance.

**9.2.10** Si los levantamientos o los desplazamientos laterales pueden ser perjudiciales para la integridad o la capacidad del pilote, conviene medir, respecto a una referencia estable, el nivel de la parte superior del pilote y su implantación, antes y después de la hincada de los pilotes próximos y/o después de excavaciones ocasionales.

**9.2.11** Los pilotes prefabricados que se han levantado por encima de los límites aceptables, se deben volver a clavar hasta que se alcancen los criterios de proyecto previstos en un principio.

NOTA – Cuando no es posible rehincar el pilote, se debe realizar un ensayo de carga para determinar sus características carga-penetración que permitan establecer las prestaciones globales del grupo de pilotes.

### **9.3 Ensayos**

**9.3.1** Los ensayos de los pilotes deben ajustarse a la Norma Europea Experimental ENV 1997-1 o a las especificaciones del proyecto.

**9.3.2** Los ensayos de los pilotes pueden realizarse mediante:

- la estimación de los parámetros de cálculo;
- la verificación del proyecto del pilote;
- la prueba de las características resistencia-deformación en el intervalo de las acciones especificadas;
- la demostración de la conformidad con las especificaciones;
- la prueba de la integridad de un pilote.

**9.3.3** Los ensayos de los pilotes pueden consistir en:

- ensayos de carga estática:
  - ensayos de cargas escalonadas;
  - ensayo de carga a velocidad constante de hincado;
- ensayos de carga dinámica (a velocidad de deformación elevada);
- ensayos de integridad:
  - ensayos sónicos por reflexión y por impedaancia;
  - ensayos sónicos por transparencia;
  - ensayos dinámicos de integridad (a velocidad de deformación lenta);
- ensayos de control:
  - perforación del hormigón para la obtención de probetas;
  - ensayo inclinométrico para verificar la verticalidad, la inclinación, la curvatura de un pilote a partir de un tubo colocado previamente.

**9.3.4** Cuando se realizan los ensayos de carga estática, el proyecto y la colocación de los diferentes dispositivos de reacción deben cumplir las normas y los procedimientos de ejecución apropiados.

**9.3.5** Es conveniente que los ensayos de carga estática y dinámica sólo se realicen después de un periodo suficiente que tenga en cuenta el aumento de la resistencia del pilote, así como la evolución de la resistencia de los suelos derivada de las presiones intersticiales.

**9.3.6** Los ensayos dinámicos y de integridad se deben realizar con un equipo concebido y acordado para este fin. Estos ensayos deben interpretarse por personas competentes en este campo, que también tengan un conocimiento técnico del proceso de hincado de pilotes, así como experiencia sobre los suelos considerados.

**9.3.7** Los informes de cada ensayo deben incluir

- el método y el procedimiento de ensayo;
- los resultados del ensayo;
- las conclusiones del ensayo del pilote.

## 10 INFORMES

**10.1** Los informes deben ajustarse a lo indicado en la Norma Europea Experimental ENV 1997-1.

**10.2** Los informes de obra se componen de dos partes:

Parte 1: Referencias e informaciones generales sobre:

- el tipo de pilote;
- el método de realización; y
- las especificaciones de las armaduras y del hormigón, la calidad del acero, la calidad de la madera.

Parte 2: Informaciones particulares sobre los procedimientos de realización.

**10.3** La parte relativa a las informaciones generales debe ser la misma para diferentes tipos de pilotes y los diferentes métodos de ejecución y debe contener las informaciones generales que se indican a continuación:

emplazamiento de la obra	X
identificación del contrato	X
obra	X
constructor principal	(X)
constructor de las cimentaciones (pilotaje)	X
cliente/subcontratista	(X)
ingeniero/proyectista	(X)
tipo/medidas/calidad del pilote	X
método de ejecución	X
características de las armaduras	(X)
especificación del hormigón	(X)
características del hormigonado	(X)
fabricante de los pilotes prefabricados	(X)
calidad de los materiales	(X)

X = información necesaria

(X) = información cuando proceda

**10.4** La parte relativa a las informaciones particulares se debe referir al tipo de pilote y a un método de ejecución y es conveniente que recoja la información que se indica en la tabla 2.

**Tabla 2**

<b>Objeto</b>	<b>Pilote prefabricados</b>	<b>Pilotes realizados en obra</b>
Número de referencia del pilote (emplazamiento)	X	X
Tipo de pilote	X	X
Medidas nominales	X	X
Longitud del pilote prefabricado	X	(X)
Fecha y duración de la hinca y del rehincado	X	X
Fecha del hormigonado (fabricación)	(X)	X
Profundidad de la base del pilote respecto al nivel del suelo en el emplazamiento del pilote	X	X
Nivel de la base del pilote	X	X
Nivel de la parte superior del pilote realizado	X	X
Nivel de enrase	X	X
Tipo, peso altura de caída y condición mecánica de la maza e informaciones equivalentes para los otros equipos	X	X
Número y tipo de los protectores utilizados; tipo y condición de los falsos pilotes utilizados durante la hinca del pilote	X	X
Longitud y características de las armaduras	(X)	X
Dispositivo final del pilote o del tubo de hinca en milímetros por cada 10 golpes o número de golpes por metro o parte de metro de penetración	X	(X)
Composición del hormigón	X	X
Volumen de hormigón colocado en el pilote	–	X
Cualquier información sobre retrasos debidos a obstáculos y otras interrupciones de obra	X	X
Número y emplazamiento de las uniones	(X)	(X)
Longitud de los tubos o vainas permanentes	–	(X)
X = información necesaria		
(X) = información cuando proceda		

**10.5** Conviene consignar las informaciones particulares que figuran en la tabla 3.

**Tabla 3**

<b>Objeto</b>	<b>Pilote prefabricados</b>	<b>Pilotes realizados en obra</b>
Nivel de capas subterráneas obtenidos a partir de un examen directo o a partir de datos de reconocimiento del terreno	(X)	(X)
Nivel del suelo de emplazamiento del pilote al iniciarse la colocación (nivel de partida)	(X)	(X)
Nivel de la plataforma de hincado	(X)	(X)
Avances registrados a intervalos regulares sobre los tres últimos metros de hincado	(X)	(X)
Avance elástico del suelo y del pilote, a partir del momento en que se produce un incremento neto de la resistencia del hincado y hasta que el pilote alcanza el nivel final	(X)	(X)
Diámetro y anchura del sondeo /pre-perforación	(X)	(X)
Nivel y tipo de las ayudas a la hinca	(X)	(X)
Información sobre los revestimientos de los pilotes	(X)	(X)
Medidas de las presiones intersticiales	(X)	(X)
Medidas inclinométricas	(X)	(X)
Movimientos laterales	(X)	(X)
X = información necesaria (X) = información cuando proceda		

**10.6** Según los casos, las informaciones pueden facilitarse en forma de:

- un conjunto de informes individuales sobre cada pilote; o
- un informe resumen, en el caso de grupos de pilotes de un mismo tipo e hincados por el mismo método.

**10.7** Las informaciones que se han de consignar y la presentación de los informes de obra deben ser objeto de acuerdo antes de empezar los trabajos de hincado.

**10.8** Salvo acuerdo en contrario, todos los informes deben estar firmados por los representantes de la empresa y del cliente.

## **11 REQUISITOS PARTICULARES**

**11.1** Los pilotes de desplazamiento debe realizarse de acuerdo con las normas nacionales, con las especificaciones o con las prescripciones reglamentarias.

### **11.2 Seguridad**

Las reglas de seguridad que deben observarse incluyen:

- la seguridad en obra;
- la seguridad de funcionamiento de los equipos de clavado, de los equipos auxiliares y de las herramientas;
- la seguridad de los procedimientos de trabajo.

Es conveniente que los equipos se ajusten a las Normas Europeas EN 996 y EN 791.

Se debe prestar una atención especial a todos los procedimientos que requieren que el personal trabaje en las proximidades de equipos y herramientas pesadas.

### **11.3 Ruidos y vibraciones**

Cuando existe el riesgo de que las personas próximas queden expuesta a ruidos o vibraciones, es conveniente que se definan los niveles sonoros o las vibraciones alcanzadas mediante ensayos de hincado o mediante experiencias anteriores comparables, y que se evalúe si el procedimiento es aceptable o no. Si procede, es conveniente que se realicen controles durante la ejecución de los trabajos para comprobar que los niveles se mantienen dentro de los límites convenidos.

### **11.4 Daños al medioambiente (contaminación)**

**11.4.1** Los daños al entorno que puedan derivarse de los trabajos no deben superar los niveles prescritos.

**11.4.2** Estos daños al medio ambiente pueden dar lugar, por ejemplo a la contaminación de:

- los terrenos;
- las aguas superficiales;
- las aguas subterráneas;
- el aire.

#### **11.4.3**

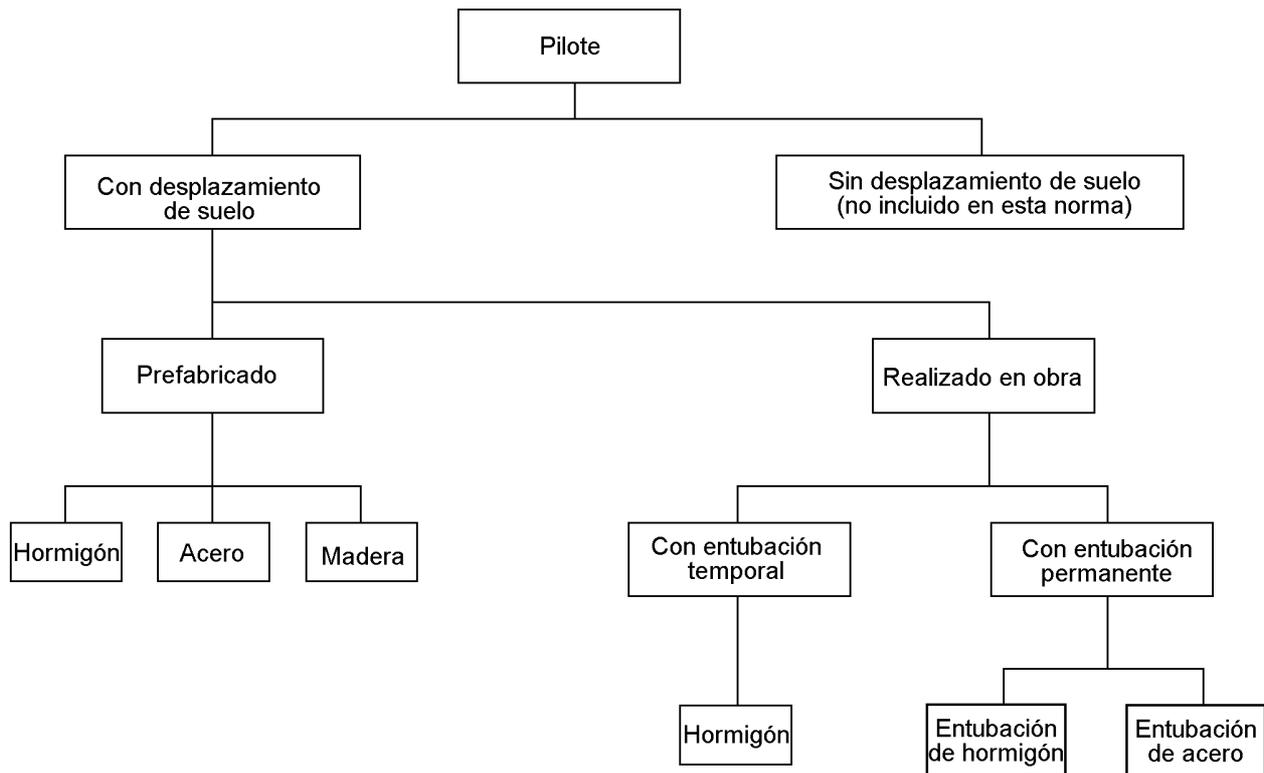
NOTA – El tipo y amplitud de los posibles ruidos o de las repercusiones sobre el medioambiente dependen, entre otras causas de:

- el emplazamiento de la obra;
- las condiciones del suelo;
- la elección del procedimiento y del orden de colocación de los pilotes.

### **11.5 Efecto sobre las estructuras y pendientes próximas**

Cuando en las proximidades de la obra, o en una zona de posible influencia de los trabajos de pilotaje se encuentre estructuras, instalaciones sensibles o pendientes inestables, es conveniente analizar sus condiciones cuidadosamente y consignarlo antes de comenzar los trabajos y durante su ejecución.

**ANEXO A (Informativo)**  
**CLASIFICACIÓN Y EJEMPLOS**



- NOTA 1 – Los pilotes prefabricados pueden ser macizos o huecos y pueden estar alargados por soldeo mediante piezas de empalme o por uniones.
- NOTA 2 – Los métodos de hincas se aplican a diferentes tipos de pilotes. Los requisitos se indican en el apartado 8.3.
- NOTA 3 – En el capítulo 8 se indican los métodos suplementarios para mejorar la capacidad de los pilotes y para facilitar su colocación.
- NOTA 4 – Los pilotes prefabricados y los realizados en obra pueden ser inyectados. Los requisitos y las posibilidades se indican en el apartado 8.6.

**Fig. A.1 – Diagrama de familias de pilotes con desplazamientos de terreno**



a) Ejemplo de pilote clavado realizado en obra



b) Ejemplo de pilote roscado realizado en obra



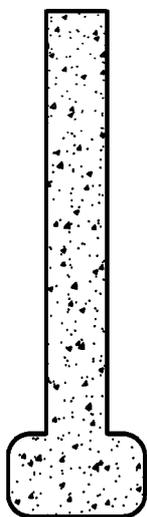
c) Ejemplo de un pilote prefabricado de hormigón (circular o cuadrado)



d) Ejemplo de pilote de acero (circular o en H)



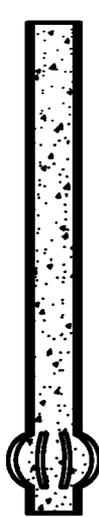
e) Ejemplo de un pilote cónico prefabricado de hormigón (circular o cuadrado)



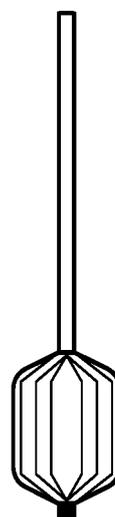
f) Ejemplo de un pilote realizado en obra con la base ensanchada



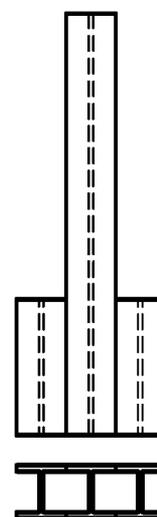
g) Ejemplo de un pilote realizado en obra con la base ensanchada



h) Ejemplo de un pilote de acero con base ensanchada

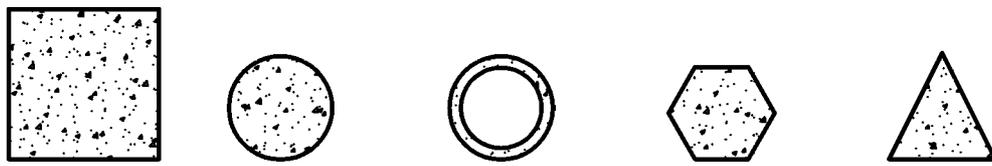


i) Ejemplo de pilote con cuerpo expandido en la base

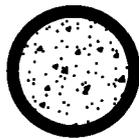


j) Ejemplo de un pilote H de acero con base ensanchada

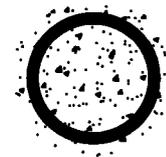
Fig. A.2 – Ejemplos de fustes y de bases de pilotes con desplazamiento de terreno



a) Ejemplos de secciones transversales de pilotes prefabricados de hormigón



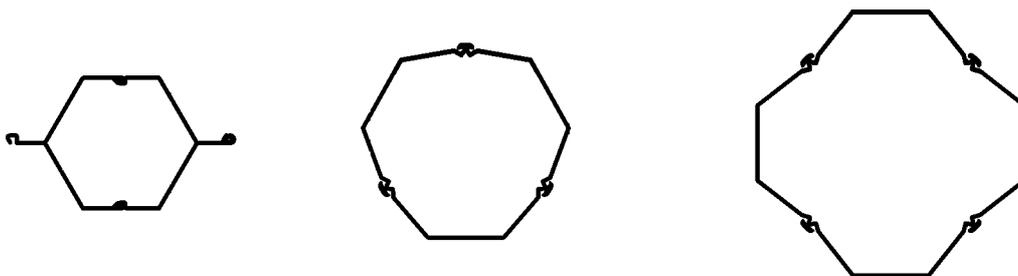
b) Ejemplos de secciones transversales de pilotes realizados en obra con entubación permanente



c) Ejemplo de sección transversal de pilotes inyectados



d) Ejemplo de secciones transversales de pilotes de acero

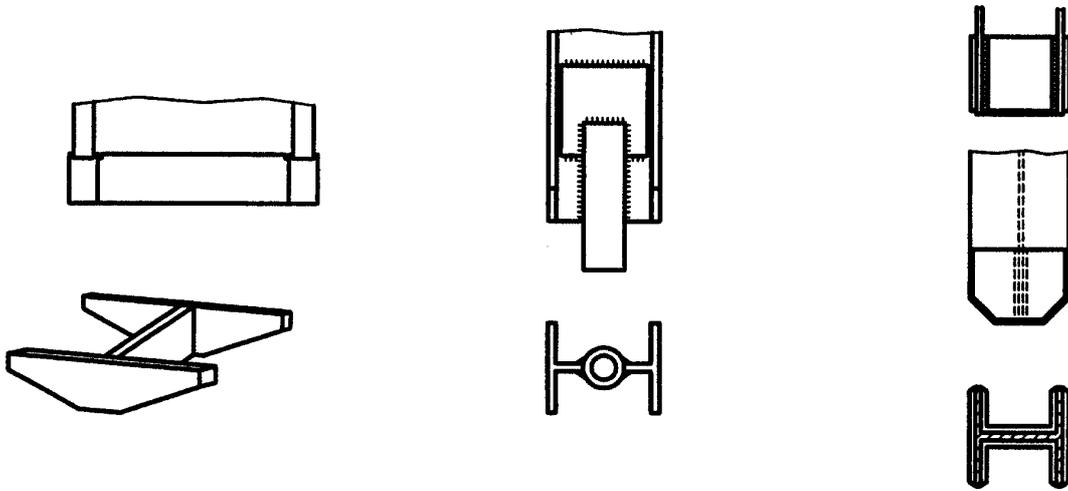


e) Ejemplo de secciones transversales de pilotes de tablestacas de acero

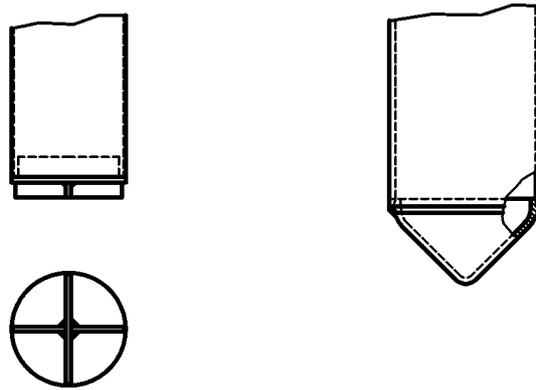


f) Ejemplos de tablestacas de hormigón formando un muro

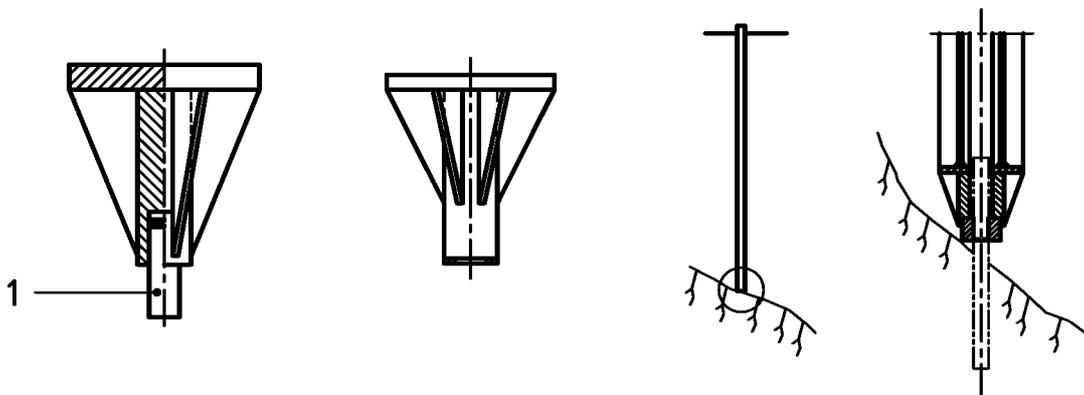
Fig. A.3 – Ejemplos de secciones transversales de pilotes con desplazamiento de terreno



a) Ejemplos de protección con pilotes H



b) Ejemplos de protección con pilotes tubulares de acero



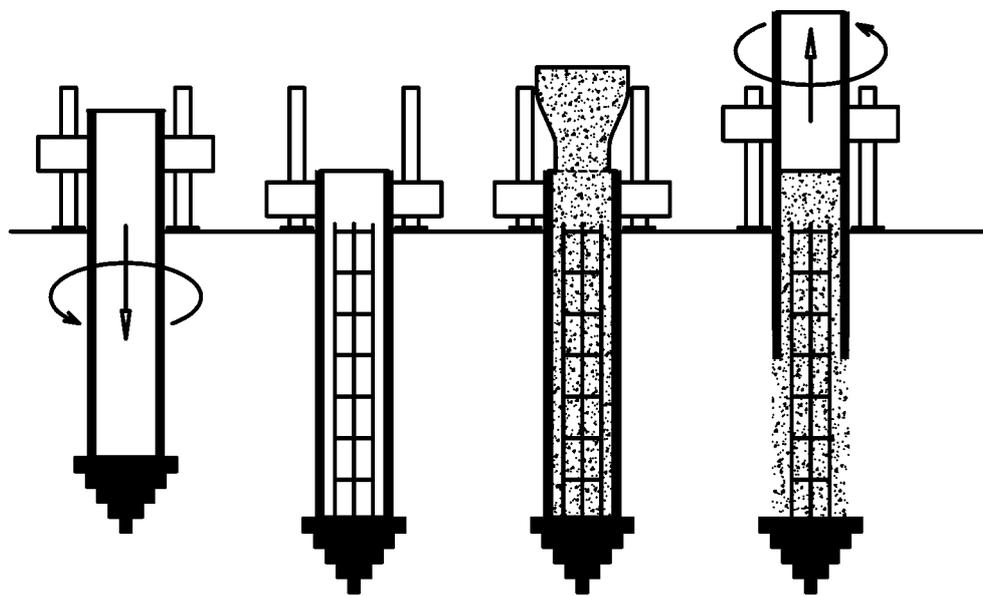
Leyenda:

1 Mandril (brocha) especialmente reforzada par anclajes en roca

c) Ejemplos de dispositivos de anclajes en terrenos rocosos para pilotes tubulares de aceros y de pilotes de hormigón

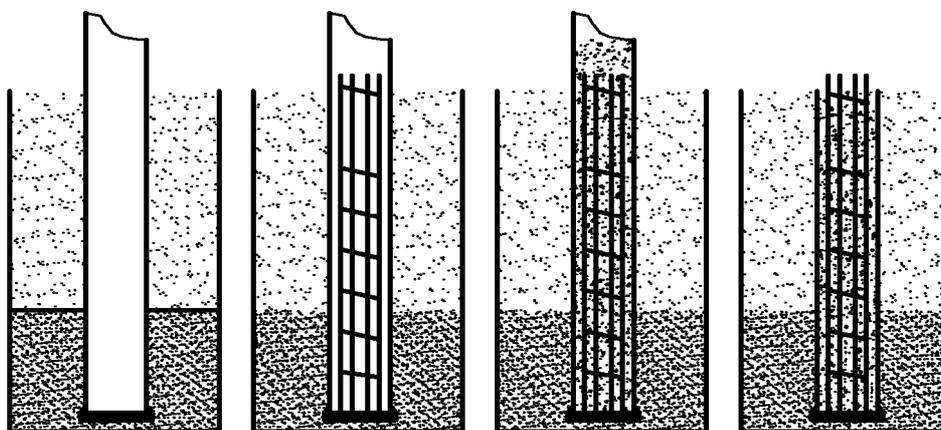
d) Ejemplo de dispositivo de anclaje en terreno rocoso inclinado

Fig. A.4 – Ejemplos de protección de la punta de los pilotes prefabricados



- 1 Giro del tubo de hincia
- 2 Colocación de la armadura
- 3 Hormigonado
- 4 Extracción del tubo de hincia

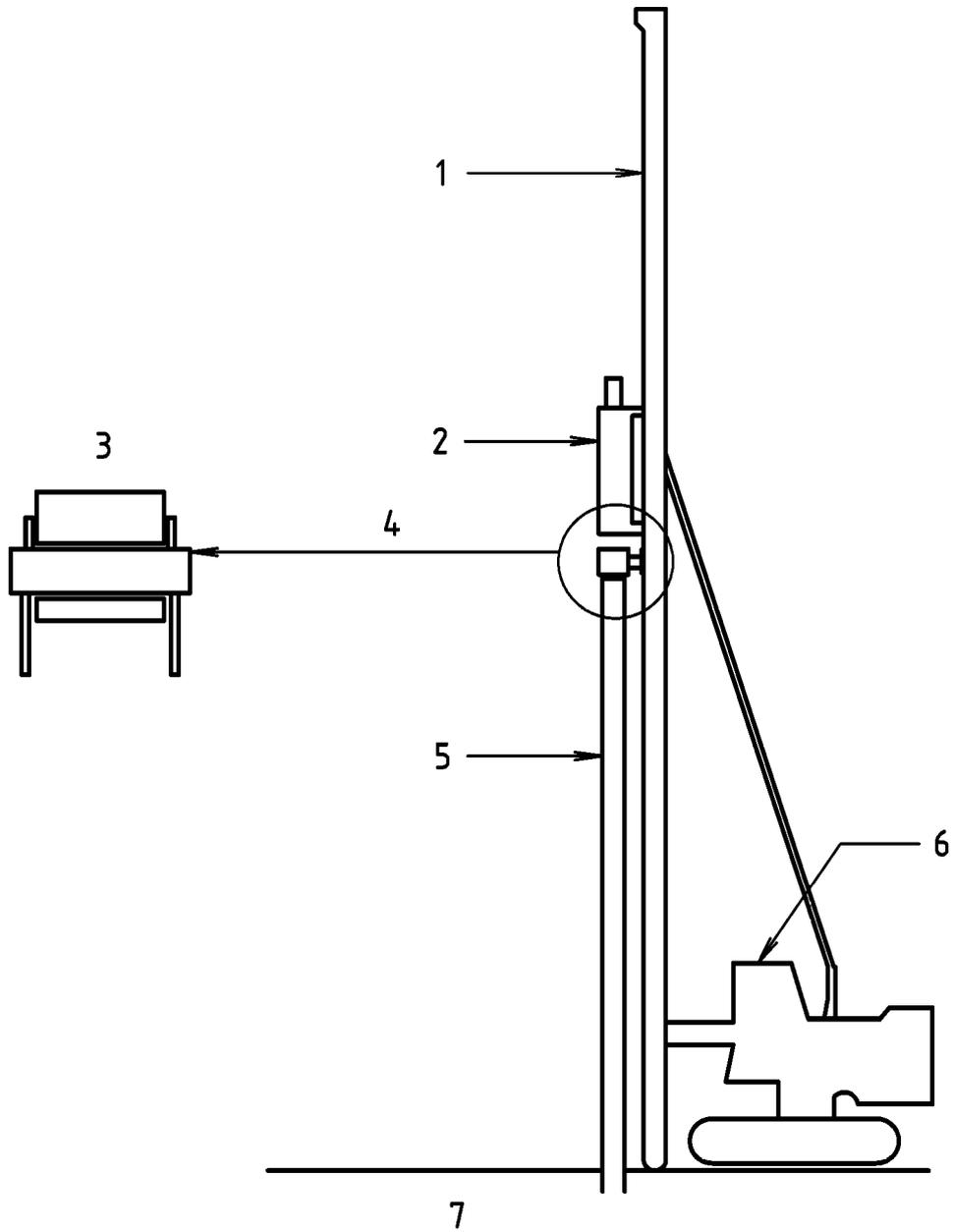
a) Ejecución de pilotes roscados realizados en obra



- 1 Hincado de la entubación
- 2 Colocación de la armadura
- 3 Hormigonado y extracción de tubo de hincia
- 4 Pilote realizado

b) Ejecución de pilotes realizados en obra

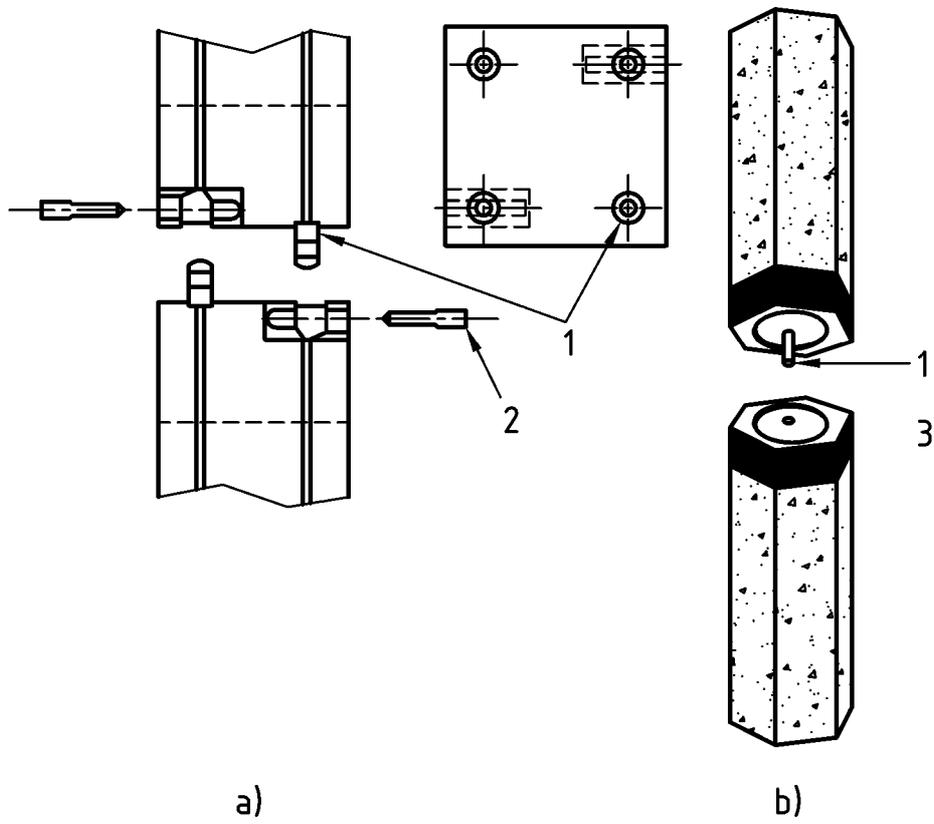
Fig. A.5 – Ejemplos de hincado de pilotes con desplazamiento de terreno realizados en obra



**Leyenda:**

- 1 Mástil de guía
- 2 Maza de golpeo
- 3 Protector de la mesa de golpeo
- 4 Mesa de golpeo
- 5 Pilote
- 6 Máquina de base
- 7 Plataforma de trabajo

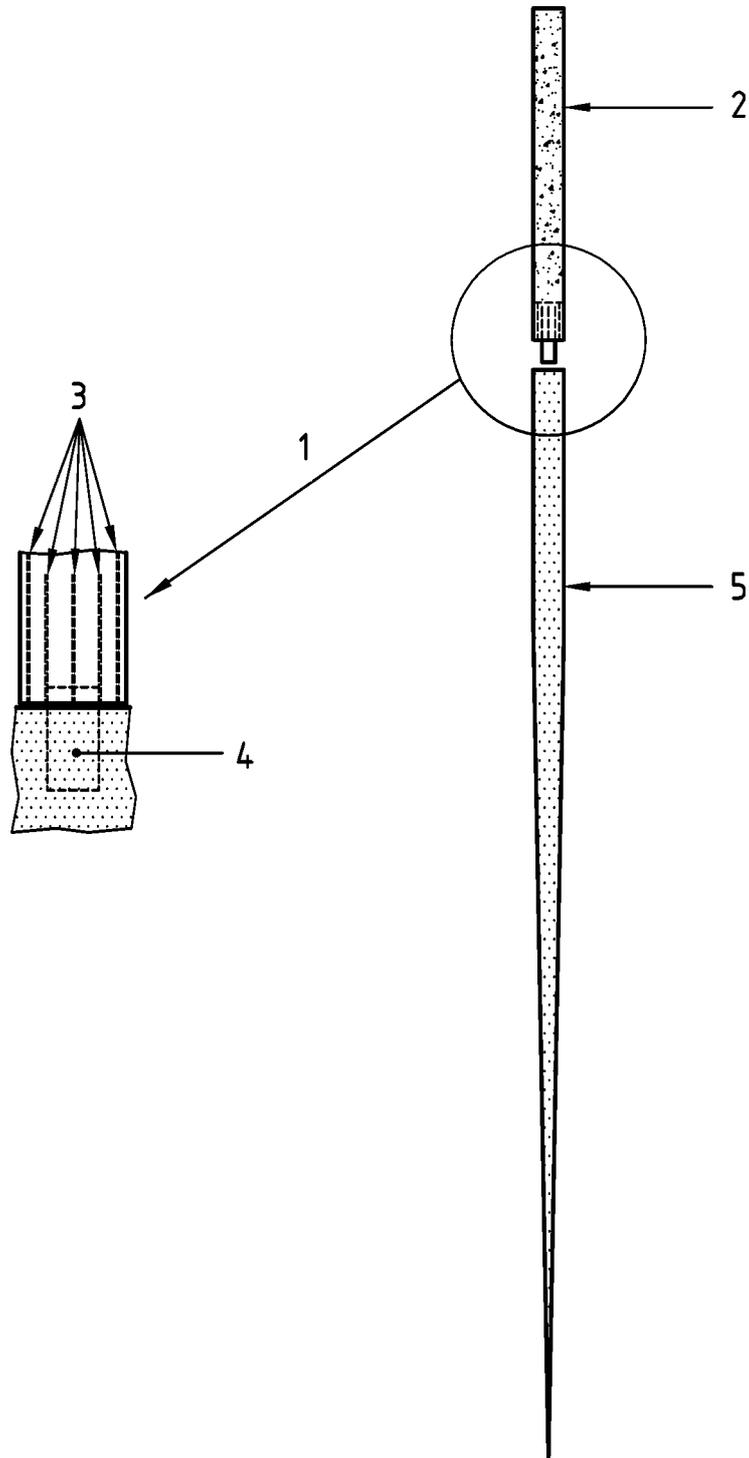
**Fig. A.6 – Ejemplo de un equipo de golpeo**



**Leyenda:**

- 1 Mástil de posicionamiento
- 2 Chaveta de bloqueo
- 3 Macho y hembra

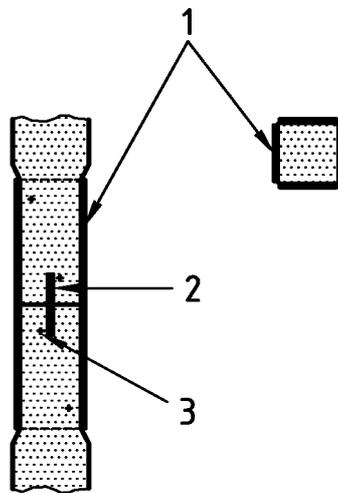
**Fig. A.7 – Ejemplo de uniones mecánicas en pilotes de hormigón prefabricados**



**Leyenda:**

- 1 Tubo de acero sellado con el elemento de hormigón y clavado por golpeo en la parte baja del pilote
- 2 Elemento de hormigón del pilote
- 3 Armadura
- 4 Tubo de acero
- 5 Elemento de madera del pilote

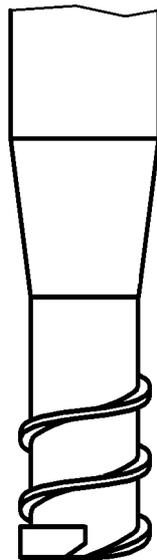
**Fig. A.8 – Ejemplo de pilote mixto**



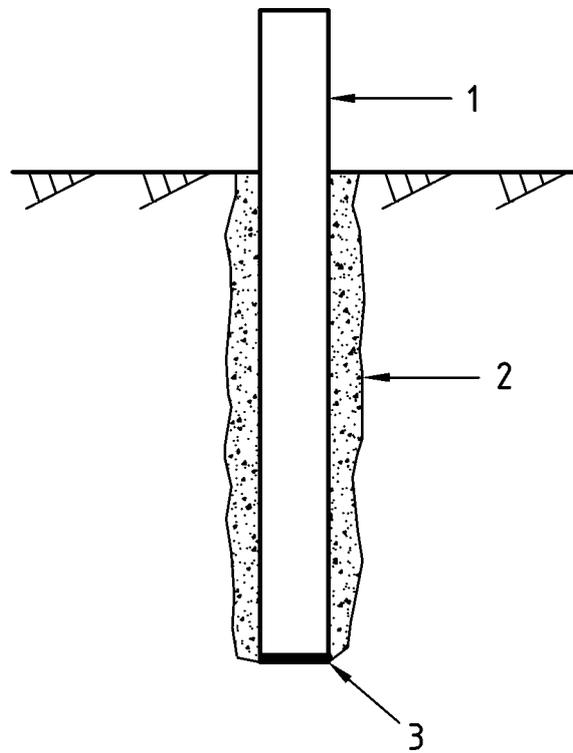
**Leyenda**

- 1 Placas alquitranadas en las caras internas
- 2 Brocha
- 3 Emplazamiento de los tornillos

**Fig. A.9 – Ejemplo de herramienta para pilote roscado**



**Fig. A.10 – Ejemplo de herramienta para pilote roscado**

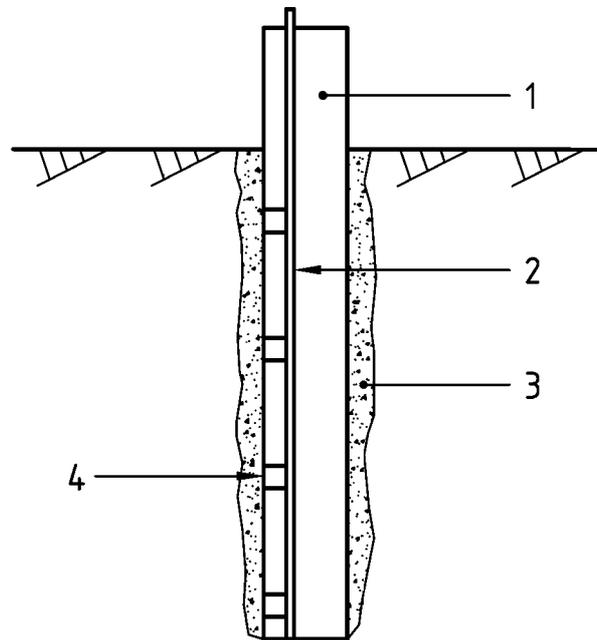


**Leyenda**

- 1 Pilote (con desplazamiento de terreno) prefabricado**
- 2 Lechada**
- 3 Azuche ampliado**

1) La lechada se inyecta durante la hincada, después la base del pilote, por el tubo.

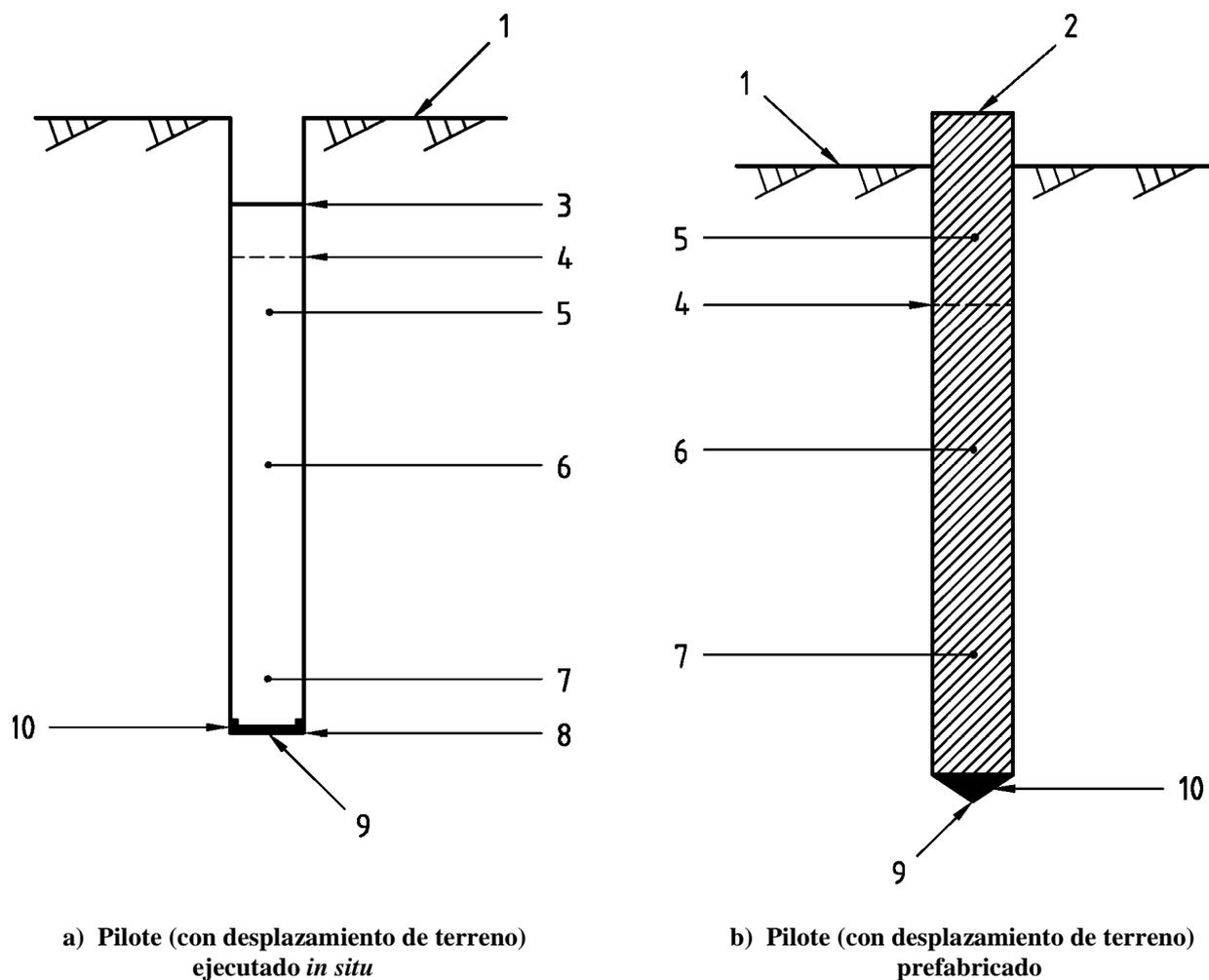
**Fig. A.11 – Ejemplo de pilote inyectado**

**Leyenda**

- 1 Pilote con desplazamiento de terreno
- 2 Tubo de alimentación de la lechada
- 3 Lechada
- 4 Válvula de inyección (sin retorno)

- 1) El pilote con desplazamiento de terreno está clavado hasta su profundidad.
- 2) Después de la hincada se realiza una inyección a alta presión.

**Fig. A.12 – Ejemplo de pilote inyectado después de la hincada**



**Leyenda**

- 1 Nivel de trabajo o de hincado
- 2 Parte superior del pilote
- 3 Nivel de hormigonado
- 4 Nivel de descabezado o de corte
- 5 Cabeza del pilote
- 6 Fuste del pilote
- 7 Parte inferior o pie del pilote
- 8 Fondo o base del pilote
- 9 Nivel de fondo
- 10 Azuche

**Fig. A.13 – Pilote con desplazamiento de terreno, terminología y niveles**

## ANEXO B (Informativo)

## GRADO DE OBLIGACIÓN DE LOS PÁRRAFOS

El grado de obligación de los párrafos se indica a continuación:

- RQ: requisito
- RC: Recomendación
- PE: Permiso
- PO: Posibilidad u ocasional
- ST: Declaración

1 : ST	7.5.4 : RQ	7.8.3.2 : RQ
2 : ST	7.5.5 : RC	7.8.3.3 : RC
3 : ST	7.5.6 : RQ	7.8.3.4 : RC
4.1 : RQ	7.6.1 : RQ	7.8.4 : RQ
4.2 : RC	7.6.2 : RQ	7.8.5 : RQ
4.3 : RQ	7.6.3 : RC	7.8.6.1 : RQ
5.1 : ST	7.7.1.1 : RC	7.8.6.2 : RC
5.2 : RQ	7.7.1.2 : RC	7.8.7 : RQ
5.3 : RC	7.7.1.3 : PO	8.1.1 : RC
6.1 : RQ	7.7.1.4 : RC	8.1.2 : RQ
6.2 : RQ	7.7.2.1 : RC	8.1.3 : RC
6.3.1 : RQ	7.7.2.2 : PE	8.1.4 : RC
6.3.2 : PE	7.7.2.3 : RC	8.2 : RQ
6.4 : RQ	7.7.3.1 : RC	8.3.1 : RC
6.5 : RQ	7.7.3.2 : PM	8.3.2 : RQ
7.1 : ST	7.7.4.1 : RC	8.3.3.1 : RQ
7.2.1 : RQ	7.7.4.2 : PM	8.3.3.2 : RC
7.2.2 Nota : ST	7.7.4.3 : RC	8.3.3.3 : RQ
7.2.3 : RQ	7.8.1.1 : RC	8.3.3.4 : PO
7.3.1 : RQ	7.8.2.1 : RQ	8.3.3.5 : RC
7.3.2 : RQ	7.8.2.2 : RQ	8.3.4 : RQ
7.3.3 : RQ	7.8.2.4 : RQ	8.3.5 : RQ
7.3.4 : PO	7.8.2.5 : PE	8.3.6.1 : PO
7.3.5 : RC	7.8.2.6 : RQ	8.3.6.2 : RC
7.4.1 : RQ	7.8.2.7 : RC	8.3.4 : RQ
7.4.2 : RC	7.8.2.8 : RQ	8.3.5 : RQ
7.4.3 : RQ	7.8.2.9 : RQ	8.3.6.1 : PO
7.4.4 : PO	7.8.2.10 : RQ	8.3.6.2 : RC
7.5.1 : RQ	7.8.2.11 : RQ	8.3.7 : RQ
7.5.2 : PO	7.8.2.12 : RQ	8.4.1 : RQ
7.5.3 : RQ	7.8.3.1 : RQ	8.4.2.1 : RC

8.4.2.2 : RQ	8.6.2.2 : RQ	11.5 : RC
8.4.3.1 : RC	8.6.2.3 : RQ	Anexo A : informativo
8.4.3.2 : RQ	8.6.2.4 : PE	Anexo B : informativo
8.4.3.3 : RQ	8.6.2.5 : RQ	
8.4.4.1 : RQ	8.7 : RQ	
8.4.4.2 : RC	8.8.1 : PE	
8.4.4.3 : RC	8.8.1.2 : RQ	
8.4.4.4 : RC	8.8.1.3 : RQ	
8.4.5 : RC	8.8.2 : RC	
8.5.1.1 : RQ	8.8.3 : RQ	
8.5.1.2 : RQ	8.8.4.1 : RQ	
8.5.1.3 : RQ	8.8.4.2 : PM	
8.5.1.4 : RC	8.8.4.3 : RQ	
8.5.1.5 : RC	8.8.4.4 : RQ	
8.5.1.6 : PE	9.1 : RQ	
8.5.1.7 : RC	8.2.1 : RQ	
8.5.2.1 : RQ	8.2.2 : RQ	
8.5.2.2 : RQ	8.2.3 : RC	
8.5.2.3 : PE	8.2.4 : RQ	
8.5.2.4.1 : RQ	8.2.5 : RQ	
8.5.2.4.2 : RQ	8.2.6 : RQ	
8.5.2.4.3 : RQ	8.2.7 : RQ	
8.5.2.4.4 : RQ	8.2.8 : RC	
8.5.2.4.5 : PE	8.2.9 : RQ	
8.5.2.4.6 : RQ	8.2.10 : RC	
8.5.2.4.7 : PO	8.2.11 : RQ	
8.5.2.4.8 : PE	9.3.1 : RQ	
8.5.2.4.9 : RQ	9.3.2 : PO	
8.5.2.5.1 :	9.3.3 : PE	
1ª frase s : RQ	9.3.4 : RQ	
2ª frase : PE	9.3.5 : RC	
8.5.2.5.2 : RQ	9.3.6 : RQ	
8.5.2.5.3 : RQ	9.3.7 : RQ	
8.5.2.5.4 : RC	10.1 : RQ	
8.5.2.5.5 : RQ	10.2 : RQ	
8.5.2.5.6 : PE	10.3 : RQ	
8.5.2.5.7 : RQ	10.4 : RQ	
8.5.2.5.8 : RC	10.5 : RC	
8.5.2.5.9 : RC	10.6 : PO	
8.5.2.5.10 : RQ	10.7 : RQ	
8.5.2.5.11 RC	10.8 : RQ	
8.5.2.5.12 : RC	11.1 : RQ	
8.5.2.5.13 : RQ	11.2 : RQ	
8.6.1.1 : PO	11.3 : RC	
8.6.1.2 : PO	11.4.1 : RQ	
8.6.1.3 : RQ	11.4.2 : PO	
8.6.2.1 : RQ	11.4.3 : ST	

---

---

**AENOR** Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32