

TÍTULO

Ejecución de trabajos geotécnicos especiales

Tablestacados

Execution of special geotechnical work. Sheet-pile walls.

Exécution de travaux géotechniques spéciaux. Rideaux de palplanches.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 12063 de febrero 1999.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

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

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M :2001

© AENOR 2000
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

75 Páginas

Grupo

ICS 93.020

Descriptores: Suelo, construcción, estructura, tablestaca, definición, información, madera, acero, soldeo, diseño, condiciones de ejecución, hinca, anclaje, ensayo, inspección.

Versión en español

Ejecución de trabajos geotécnicos especiales Tablestacados

**Execution of special geotechnical work.
Sheet-pile walls.**

**Exécution de travaux géotechniques
spéciaux. Rideaux de palplanches.**

**Ausführung von besonderen
geotechnischen Arbeiten.
(Spezialtiefbau).
Spundwandkonstruktionen.**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 1999-01-09. 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

© 1999 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

ÍNDICE

	Página
ANTECEDENTES.....	6
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	7
2 NORMAS PARA CONSULTA	7
3 DEFINICIONES	8
4 INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA EJECUCIÓN DE TABLESTACADOS.....	13
4.1 Generalidades.....	13
4.2 Información específica.....	14
5 ESTUDIOS DEL LUGAR DE LA OBRA	14
5.1 Estudios de los suelos y de la roca	14
5.2 Hincabilidad de las tablestacas	14
6 MATERIALES Y PRODUCTOS.....	14
6.1 Tablestacas de acero	14
6.2 Tablestacas de madera	15
6.3 Otros materiales y productos.....	15
6.4 Protección frente a la corrosión de las tablestacas de acero y preservación de las tablestacas de madera	15
6.5 Sellado de las juntas.....	15
7 CONSIDERACIONES DE PROYECTO	15
7.1 Generalidades.....	15
7.2 Selección de tablestaca	15
7.3 Otros elementos estructurales.....	16
7.4 Secuencia de la ejecución	16
7.5 Consideraciones específicas de proyecto.....	17
8 EJECUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE TABLESTACADOS	18
8.1 Generalidades.....	18
8.2 Preparación del lugar de la obra	18
8.3 Almacenamiento y manipulación de las tablestacas	18
8.4 Soldadura y corte de elementos de acero	19
8.5 Hincabilidad de las tablestacas.....	31

	Página
8.6 Tolerancias para la posición en planta y verticalidad	34
8.7 Correcciones de la posición de la tablestaca durante la hinca	34
8.8 Instalación de los anclajes	35
8.9 Vigas de reparto y puntales.....	35
8.10 Excavación, relleno, drenaje y vaciado de agua.....	36
8.11 Extracción de tablestacas	36
8.12 Clavijas en roca y pernos de anclaje	36
8.13 Sellado.....	37
 9 SUPERVISIÓN, ENSAYOS Y SEGUIMIENTO	 38
9.1 Supervisión.....	38
9.2 Ensayos	39
9.3 Seguimiento	39
 10 REGISTRO DE DATOS DE LA OBRA	 40
10.1 Registro de datos relacionados con la ejecución	40
10.2 Registro de datos al terminar la ejecución de la obra.....	40
 11 REQUISITOS ESPECIALES.....	 40
11.1 Seguridad.....	40
11.2 Impacto sobre edificios e instalaciones contiguas	40
11.3 Reducción de ruidos	40
11.4 Permeabilidad de los tablestacados.....	41
 ANEXO A (Informativo) MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LAS TABLESTACAS	 42
ANEXO B (Informativo) SOLDADURA DE TABLESTACAS.....	50
ANEXO C (Informativo) HINCA DE TABLESTACAS.....	61
ANEXO D (Informativo) EJECUCIÓN Y AYUDA A LA HINCA	62
ANEXO E (Informativo) ESTANQUIDAD DE LAS JUNTAS SELLADAS	65
ANEXO F (Informativo) TABLESTACAS Y VIGAS DE REPARTO DE MADERA.....	68
ANEXO G (Informativo) BIBLIOGRAFÍA.....	75

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 agosto de 1999, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deberán anularse antes de finales de agosto de 1999.

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 trata el concepto de proyecto sólo cuando es necesario, pero abarca ampliamente todos los requisitos relativos a la ejecución y a la supervisión de las estructuras de tablestacados.

Esta norma se ha basado en las recomendaciones existentes y conocimientos generales disponibles que se pueden encontrar en la literatura especializada.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma especifica los requisitos, recomendaciones e información relacionados con la ejecución de estructuras permanentes o temporales de tablestacas, de acuerdo con el apartado 2.4 de la Norma Europea Experimental ENV 1991-1:1994, y con la manipulación de los equipos y los materiales.

No establece requisitos y recomendaciones para la instalación de partes concretas de la estructura tales como los anclajes y pilotes cubiertos por otros códigos.

Sólo es de aplicación a las tablestacas de acero y a los tablestacados compuestos o mixtos.

Estructuras compuestas tales como las tablestacados berlineses y los tablestacados en combinación con hormigón gunitado (shotcrete), no entran en el alcance de esta norma.

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.

EN 287-1:1992 + A1:1997 – *Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros.*

EN 288-2:1992+ A1:1997 – *Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Parte 2 : Especificación del procedimiento de soldeo por arco.*

EN 288-3:1992+ A1:1997 – *Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Parte 2: Cualificación del procedimiento de soldeo por arco de aceros.*

EN 499:1994 – *Productos de aportación para el soldeo. Electrodo revestidos para el soldeo por arco de aceros no aleados y aceros de grano fino. Clasificación.*

EN 996:1995 – *Equipos de pilotaje. Requisitos de seguridad.*

prEN 1537 – *Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Vástagos de anclado.*

ENV 1991-1:1994 – *Eurocódigo 1: Bases de proyecto y acciones en estructuras. Parte 1: Bases de proyecto.*

ENV 1992-1-1:1994 – *Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.*

ENV 1993-1-1:1994 – *Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1: Reglas generales y reglas para edificación.*

ENV 1993-5:1998 – *Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 5: Pilotajes.*

ENV 1997-1:1994 – *Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico. Parte 1. Reglas generales.*

EN 10020:1998 – *Definición y clasificación de los tipos de acero.*

EN 10079:1992 – *Definición de los productos de acero.*

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

EN 10219-2:1997 – *Perfiles huecos para construcción conformados en frío de acero no aleado y de grano fino. Parte 2: Tolerancias, dimensiones y características.*

EN 10248-1:1995 – *Tablestacas de acero no aleado laminadas en caliente. Parte 1: Condiciones técnicas de suministro.*

EN 10248-2:1995 – *Tablestacas de acero no aleado laminadas en caliente. Parte 2: Tolerancias dimensionales y de forma.*

EN 10249-1:1995 – *Tablestacas de acero no aleado conformadas en frío. Parte 1: Condiciones técnicas de suministro.*

EN 10249-2:1995 – *Tablestacas de acero no aleado conformadas en frío. Parte 2: Tolerancias dimensionales y de forma.*

EN 24063:1992 – *Soldeo, soldeo fuerte, soldeo blando y cobresoldeo de metales. Nomenclatura de procesos y números de referencia para la representación simbólica en planos.. (ISO 4063: 1990).*

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

EN 29692:1994 – *Soldeo por arco con electrodo revestido, soldeo por arco con protección gaseosa y soldeo por gas. Preparación de uniones de aceros. (ISO 9692:1992).*

ISO 1106-1:1984 – *Prácticas recomendadas para el examen radiográfico de las uniones soldadas a tope por fusión , en chapas de acero de espesor inferior a 50 mm.*

3 DEFINICIONES

Para el objeto de esta norma, son de aplicación las siguientes definiciones:

3.1 anclaje: Sistema de anclaje de las tablestacas, como por ejemplo, placas de anclaje o muros de anclaje que incluyen los vástagos de conexión (vástagos de atado), anclajes de rosca, anclajes para terreno y para roca, pilotes de anclaje y anclajes con mortero fluido o con elementos expansivos.

3.2 estructuras auxiliares: Todas aquellas estructuras necesarias para la ejecución apropiada y segura de la puesta en obra del tablestacado.

3.3 arriostramiento (bracing): Sistema de vigas de reparto y de codales para soportar la estructura.

3.4 tablestacado compuesto o mixto: Muro de contención formado por elementos principales y secundarios. Los elementos principales pueden ser tubos metálicos, vigas o pilotes de cajón. Los elementos secundarios son normalmente tablestacas metálicas con sección en U o en Z. La figura 1 muestra ejemplos de tablestacados compuestos o mixtos o mixtos.

3.5 experiencia comparable: Información documentada o claramente establecida, relacionada con el terreno y con las condiciones de instalación, referente a tipos similares de suelo y roca de los que se espera un comportamiento similar. La información obtenida de fuentes locales es considerada particularmente relevante.

3.6 sufridera: Material, encajado en un hueco en el sombrerete de hinca, que suaviza la fuerza de impacto del martillo sobre el sombrerete de hinca y sobre la cabeza de la tablestaca (véase la figura 2).

3.7 desenhebrado: desconexión de la junta durante la hinca de la tablestaca.

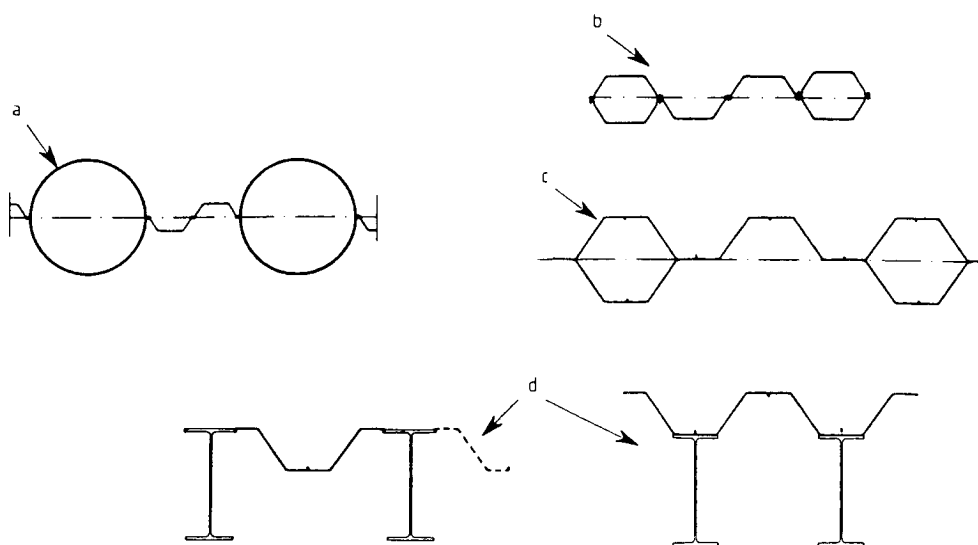
3.8 detector de desenhebrado: Instrumento que permite determinar si las juntas de dos tablestacas contiguas están completamente unidas durante la hinca.

- 3.9 sombrerete de hinca:** Dispositivo, colocado encima de la tablestaca, que transmite el golpe del martillo, previniendo con ello daños en la cabeza de la tablestaca.
- 3.10 hinca:** Cualquier método que lleve la tablestaca hasta la profundidad requerida.
- 3.11 método de hinca:** Método de hinca tal como la hinca por tablero, clavar e hincar, hinca alternativa por impacto, por presión mediante vibración o por una mezcla de éstos.
- 3.12 ayuda a la hinca:** Método que reduce la resistencia a la penetración durante la hinca, tal como la hinca con lanza de agua o con perforación previa.
- 3.13 placa cubrejunta, placa de empalme:** Placa metálica que une a lo largo dos tablestacas contiguas (véase la figura B.2).
- 3.14 estructura de guía:** Estructura consistente en una o más vigas de guía rígidas, normalmente de acero o de madera, para poner en su sitio y mantener la alineación de las tablestacas durante el clavado y la hinca.
- 3.15 martillo:** Parte del equipo de pilotaje empleado para la hinca de tablestacas mediante impacto por percusión.
- 3.16 guiadera (leader):** Viga o similar, adosado a la torre de hinca para dirigir la tablestaca y el martillo (o el vibrador) durante la hinca (véanse las figuras 2, 3 y 4).
- 3.17 deslizadera de la guiadera:** Dispositivo de guía que une el sombrerete de hinca y/o el martillo con la guiadera (véanse las figuras 2 y 3).
- 3.18 sistema de guía:** El sistema completo para guiar la tablestaca y el martillo (o vibrador) durante la hinca (véase la figura 3).
- 3.19 clavija o espiga para roca:** Barra que sale de la punta de la tablestaca, empleada para fijar las tablestacas a la base de roca (véase la figura).
- 3.20 anclaje roscado:** Barra con una cuchilla roscada en la punta, que entra por rotación en el terreno detrás de las tablestacas para disponer de un anclaje.
- 3.21 pinza de elevación:** Dispositivo para levantar las tablestacas del suelo y ponerlas en posición vertical (véase la figura A.7).
- 3.22 tablestaca:** Elemento individual de un muro de tablestacas (tablestacado) (tablestaca sencilla, doble o múltiple).
- 3.23 tablestacado:** Pantalla de tablestacas que forman un muro continuo. En las tablestacas de acero la continuidad viene dada por la junta de las juntas, encaje de los surcos longitudinales o mediante ciertos conectores especiales y en las tablestacas de madera mediante caja y espiga.
- 3.24 estructura de tablestacado:** Estructura formada por tablestacas, suelo y roca, anclajes, arriostramientos y vigas de reparto que retienen el terreno y el agua. La figura 5 muestra estos elementos.
- 3.25 inspección del lugar de la obra:** Inspección del lugar de la obra o en sus alrededores.
- 3.26 investigación del lugar de la obra:** Investigaciones geotécnicas en el lugar de la obra y en sus proximidades.
- 3.27 deslizamiento:** Desplazamiento longitudinal relativo entre las juntas de tablestacas contiguas.
- 3.28 codal:** Elemento largo que trabaja a compresión, normalmente de acero, de madera u de hormigón armado, empleado para la sujeción del tablestacado y conectado normalmente a las vigas de reparto.
- 3.29 plantilla:** Un tipo específico de marco guía empleado para poner en su sitio tablestacas curvas o en ángulo.

3.30 enhebradora: Dispositivo ubicado en la punta de la tablestaca para guiar la tablestaca en la junta de otra tablestaca ya colocada en el marco guía (véase la figura A.8).

3.31 vibrador: Unidad vibradora empleada en la hincada y extracción de las tablestacas y de los elementos principales y secundarios de un tablestacado compuesto.

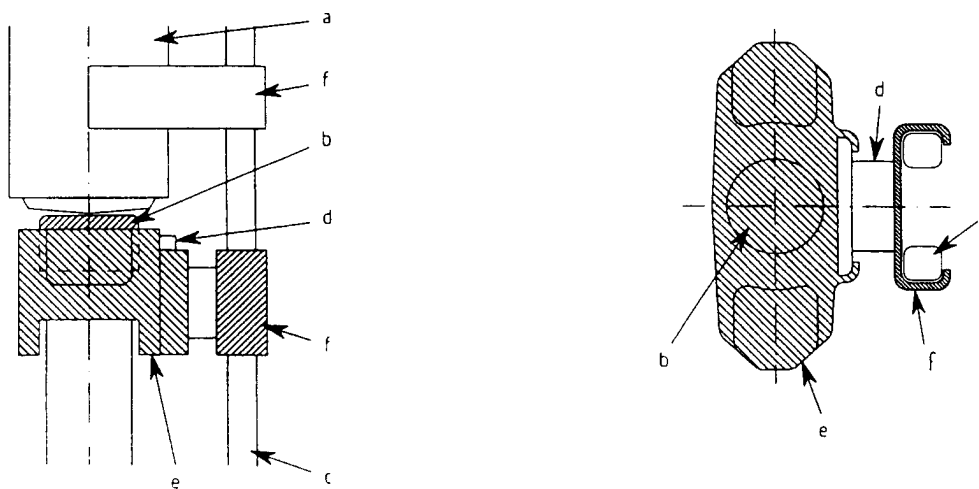
3.32 viga de reparto: Viga horizontal, normalmente de acero o de hormigón armado, fijada al tablestacado y conectada con el anclaje o los codales, con el fin de distribuir las fuerzas aplicadas por el anclaje o al codal de una forma regular sobre el tablestacado.



Leyenda

- A tubos + tablestacas
- B pilotes de cajón en U + tablestacas en U
- C pilotes de cajón en Z + tablestacas en Z
- D vigas I + tablestacas en Z

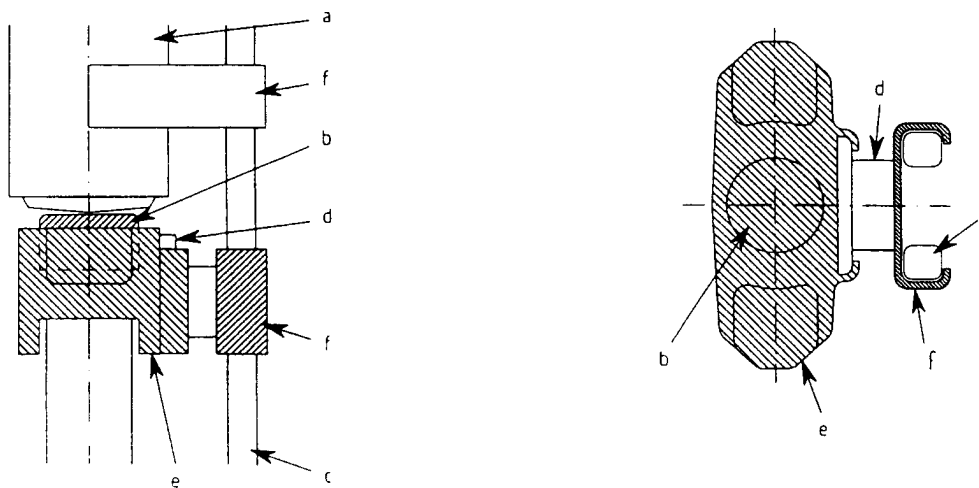
Fig. 1 – Ejemplos de tablestacados compuestos o mixtos



Leyenda

- a martillo
- b sufridera
- c guiadera
- d guía de deslizamiento
- e sombrerete de hincia
- f deslizadera

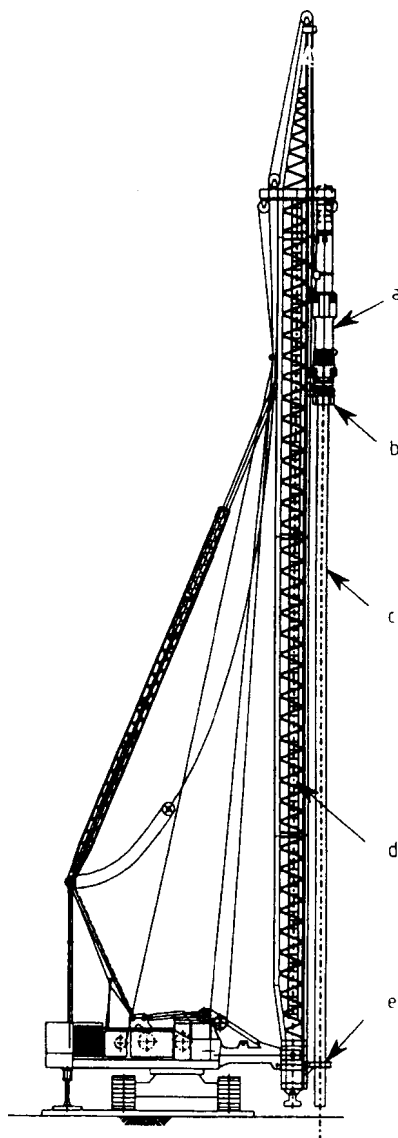
Fig. 2 – Ejemplo de sombrerete de hincia



Leyenda

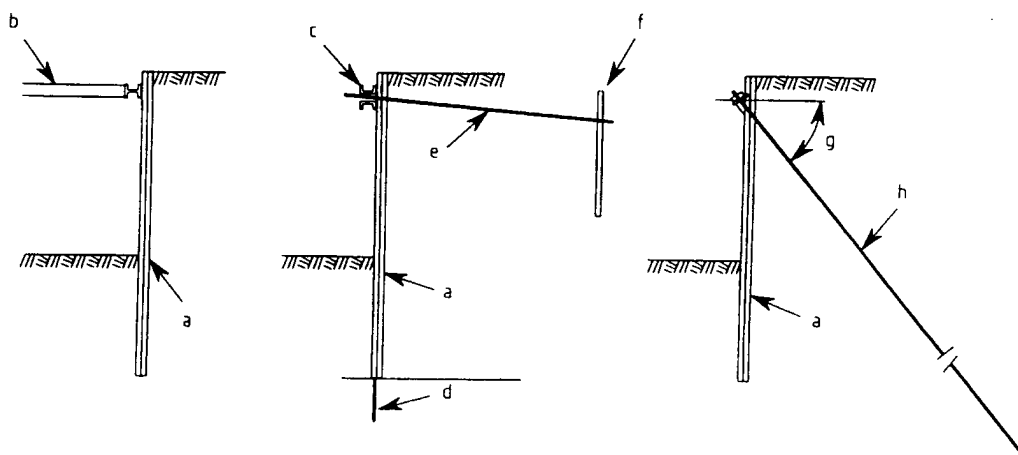
- | | |
|-------------------|------------------|
| A Viga guía en H | a cuadradillos |
| B Pilote guía | b tubos redondos |
| C Cercha guía | c deslizadera |
| D Guía triangular | |

Fig. 3 – Ejemplos de sistemas de guía

**Leyenda**

- a martillo
- b sombrerete de hincia
- c tablestaca
- d guiadera
- e guía de la tablestaca

Fig. 4 – Ejemplos de una máquina de hincar tablestacas con guía fija



Leyenda

a	tablestacas	e	barra de atado o tirante
b	codal	f	pantalla de anclaje
c	viga de reparto	g	ángulo variable
d	clavija en roca	h	tirante de anclaje al terreno o pilote de tracción
e	guía de la tablestaca		

Fig. 5 – Ejemplo de estructuras de tablestacado

4 INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA EJECUCIÓN DE TABLESTACADOS

4.1 Generalidades

Se deberá disponer de la siguiente información antes de comenzar la ejecución de una estructura de tablestacado:

- planos de ubicación de la obra, incluyendo carreteras de acceso y posibles impedimentos;
- nivel y posición de puntos fijos de referencia dentro o cerca de la obra;
- limitaciones que afecten al acceso del equipo y los materiales;
- localización de las instalaciones de electricidad, teléfono, tuberías de agua y gas y alcantarillas;
- datos geotécnicos del lugar de la obra;
- composición y estratificación del terreno y sus cambios a lo largo y ancho del lugar de la obra;
- resistencia y deformación de las capas de suelo y de roca;
- posible presencia de piedras y cantos rodados en el terreno;
- posibilidad de suelos cohesivos que se adhieran a las tablestacas durante su extracción (véase el apartado 8.11);
- datos hidrogeológicos de la zona en que se encuentra el lugar de la obra;
- especificaciones de los tablestacados, incluyendo todos los detalles tales como tipo, perfil, grado, sistemas de protección y preservación y también si se requiere algún tipo de fijación en las juntas para garantizar la transmisión de los esfuerzos cortantes longitudinales;
- presencia de edificios y/o instalaciones sensibles en la proximidad del lugar de la obra;
- restricciones en cuanto a ruido y vibraciones;
- restricciones en cuanto a la permeabilidad del tablestacado al agua o a otros fluidos;
- diferentes etapas de la ejecución del tablestacado exigidas por el cálculo;
- en el caso de estructuras frente al mar, los niveles alcanzados por el agua y sus fluctuaciones (amplitud, frecuencia y causa de las fluctuaciones, p. ej., descarga de una presa, mareas, etc.);
- datos relacionados con la posible contaminación del suelo;
- una lista de puntos específicos identificados que necesitan ser investigados.

4.2 Información específica

4.2.1 Se dispondrá, antes de iniciar los trabajos, de la información específica siguiente:

- toda la información específica de proyecto que sea importante para la ejecución;
- restricciones relacionadas con la presencia, en o cerca del sitio, de anclajes, de dispositivos de protección catódica y de cosas similares;
- historia del lugar de la obra; presencia de restos de cimentaciones u otros elementos artificiales en el terreno.

4.2.2 Se dispondrá, antes de iniciar los trabajos, de información acerca de los aspectos siguientes:

- aspectos especiales particulares del proyecto, tales como problemas de corrosión y abrasión;
- experiencia comparable de otras obras en la proximidad o de trabajos similares llevados a cabo en condiciones similares;
- condición de los edificios, estructuras e instalaciones próximos así como la naturaleza y profundidad de su cimentación;
- datos sobre condiciones climáticas adversas, por ejemplo, condiciones del viento y frecuencia;
- acción severa de helada sobre el terreno, cuando pueda conducir a tensiones excesivas sobre el tablestacado.

5 ESTUDIOS DEL LUGAR DE LA OBRA

5.1 Estudios de los suelos y de la roca

Cuando se requieran datos de los suelos y de las rocas para la selección de los métodos de hinca, de los procedimientos, del equipo, de las estructuras auxiliares, etc. o controlar la ejecución, el estudio cumplirá con la apartado 3 de la norma Norma Europea Experimental ENV 1997-1:1994.

5.2 Hincabilidad de las tablestacas

5.2.1 Cuando se estudia la hincabilidad, se debe tener en cuenta cualquier restricción en el proyecto con respecto a las técnicas de ayuda a la hinca (como por ejemplo, con chorro de agua o con barrenado previo).

5.2.2 Cuando no exista experiencia comparable, se recomienda que se hagan uno o más ensayos de hinca antes del comienzo del trabajo de tablestacado.

NOTA – Los datos de hinca obtenidos del ensayo se emplean para mejorar la efectividad de las operaciones de hinca y para confirmar la elección del perfil. Indica si es necesaria la ayuda a la hinca y que influencia puede tener sobre las propiedades del suelo y sobre otros temas importantes. El ensayo puede indicar igualmente la necesidad de utilizar clavijas.

6 MATERIALES Y PRODUCTOS

6.1 Tablestacas de acero

6.1.1 Las tablestacas nuevas cumplirán con las Normas Europeas EN 10248-1:1995, EN 10248-2:1995, EN 10249-1:1995, EN 10249-2:1995 y EN 10079:1992.

6.1.2 Las tablestacas de acero reutilizadas, deberán como mínimo, cumplir con las especificaciones relativas al tipo, tamaño, calidad y grado de acero.

6.1.3 Los tubos a emplear como elementos principales en tablestacados compuestos o mixtos cumplirá con las Normas Europeas EN 10219-1:1997 y EN 10219-2:1997.

6.1.4 Los conectores especiales como los se presentan en la figura B.4, cumplirán con las Norma Europeas EN-102481:1995 y EN 10248-2:1995.

6.2 Tablestacas de madera

Las estructuras de tablestacados permanentes de madera en suelos que contienen agua serán de una clase de elevada durabilidad tales como madera de especies frondosas y de pino tropical que hayan sido impregnadas (véase el anexo F).

6.3 Otros materiales y productos

Todos los demás materiales y productos (incluyendo el relleno del trasdós), cumplirán con las especificaciones de proyecto.

6.4 Protección frente a la corrosión de las tablestacas de acero y preservación de las tablestacas de madera

Las pinturas, revestimientos y otros medios de protección frente a la corrosión de los elementos de acero y los tratamientos de preservación de las tablestacas de madera cumplirán con las especificaciones de proyecto.

6.5 Sellado de las juntas

6.5.1 Los materiales de sellado para reducir la permeabilidad de las juntas cumplirán, cuando sea necesario, con las especificaciones de proyecto.

6.5.2 Cuando los requisitos de permeabilidad sean muy estrictos, se demostrará, mediante ensayos que reproduzcan la realidad sobre juntas sellados, que el producto propuesto satisface las especificaciones de proyecto.

7 CONSIDERACIONES DE PROYECTO

7.1 Generalidades

Las normas básicas para el proyecto de todos los elementos de las estructuras de tablestacados de acero son:

ENV 1991-1:1994 – *Eurocódigo 1 - Bases de proyecto y acciones en estructuras - Parte 1: Bases de proyecto.*

ENV 1992-1-1:1994 – *Eurocódigo 2 - Proyecto de estructuras de hormigón - Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.*

ENV 1993-1-1:1994 – *Eurocódigo 3 - Proyecto de estructuras de acero - Parte 1: Reglas generales y reglas para edificación.*

ENV 1993-5:1998 – *Eurocódigo 3 - Proyecto de estructuras de acero - Parte 5: Pilotaje.*

ENV 1997-1:1994 – *Eurocódigo 7 - Proyecto geotécnico - Parte 1: Reglas generales.*

7.2 Selección de tablestaca

7.2.1 La selección del tipo, perfil y calidad de la tablestaca, al igual que las dimensiones de los elementos principales de los tablestacados compuestos o mixtos, cumplirán, como mínimo con las consideraciones generales de proyecto.

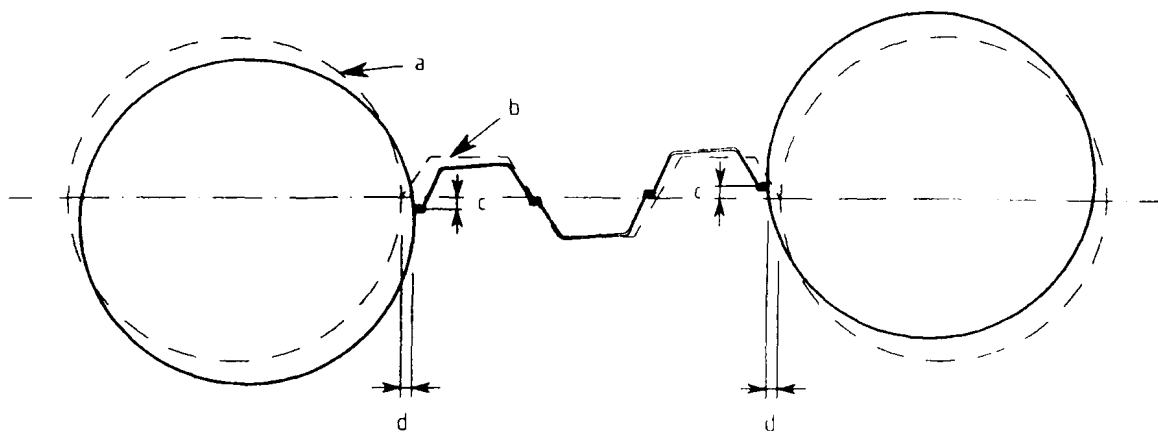
Con las tablestacas de acero se tendrá en cuenta la clasificación de secciones de acuerdo con la Norma Europea Experimental ENV 1993-5:1998. La selección asegurará la hinca adecuada según lo establecido en el apartado 5.2.

7.2.2 Cuando los esfuerzos cortantes no puedan ser transmitidos por las juntas, se tendrá en cuenta esto, de acuerdo con la Norma Europea Experimental ENV 1993-5:1998, a la hora de seleccionar los perfiles de las tablestacas.

7.2.3 En el caso de tablestacados compuestos o mixtos, los perfiles de las tablestacas para los elementos secundarios serán seleccionados no sólo en base a consideraciones de resistencia sino también de flexibilidad e hincabilidad. Se deberán tener en cuenta las tolerancias que puedan darse después de la hinca de los elementos principales, como se indica en la figura 6 (véase el apartado 8.6.2).

NOTA – El riesgo de desenhebrado depende fundamentalmente de las siguientes condiciones:

- precisión del posicionamiento y la verticalidad de los elementos primarios;
- condiciones del suelo;
- el comportamiento en cuanto a la deformación de las tablestacas.



Leyenda

-----	proyecto		
-----	construido		
a	elemento principal	b	elemento secundario
c	tolerancia transversal	d	tolerancia longitudinal

Fig. 6 – Ejemplos de tolerancias en tablestacados compuestos o mixtos

7.3 Otros elementos estructurales

7.3.1 Además del propio tablestacado de acero, la selección de los elementos que son necesarios para la estructura del tablestacado, tales como los anclajes, deberá tener en cuenta las cargas adversas y las condiciones de la obra.

7.3.2 Los anclajes con el terreno deberán cumplir con el proyecto de Norma Europea prEN 1537.

7.4 Secuencia de la ejecución

7.4.1 Las diferentes etapas de la obra se establecerán de acuerdo con el proyecto.

7.4.2 Se definirán los criterios para pasar de una etapa a la siguiente.

Como un mínimo para cada etapa de la ejecución de la obra, esto supone lo siguiente:

- los niveles y tolerancias para el relleno y la excavación;
- los niveles y tolerancias para el agua freática y el agua libre;
- las características de los materiales y la calidad del relleno a ambos lados del tablestacado y delante de las placas de anclaje;
- los desplazamientos del tablestacado, según previstos al final de las distintas etapas;
- restricciones con respecto a sobrecargas.

7.5 Consideraciones específicas de proyecto

Cuando sea apropiado, los temas siguientes deberían ser especificados:

- método para fijar las juntas;
- método para unir los conectores de los elementos principales de un tablestacado compuesto, teniendo en cuenta la tabla 5 de la Norma Europea EN 10248-2:1995;
- calidad de las soldaduras;
- método para cortar los elementos de acero;
- método para ayudar a la hincia y la profundidad hasta la que se puede aplicar;
- forma del azuche (rock shoe) y otras medidas necesarias para asegurar la punta de la tablestaca en la capa rocosa;
- en arcillas blandas, sobre capas rocosas, el método para prevenir que la arcilla fluya por el espacio entre la punta de la tablestaca y la capa rocosa;
- calidad del relleno o el método de desplazamiento del mismo;
- pretensado de los puntales o anclajes con el fin de reducir los desplazamientos del terreno detrás del tablestacado;
- control del tiempo durante secuencias de ejecución críticas;
- tipo, clase y método para recubrir elementos de acero y para proteger piezas de madera;
- métodos de protección catódica;
- compatibilidad entre el sellante de la junta y el material de recubrimiento;
- requisitos especiales relacionados con la permeabilidad del tablestacado, incluyendo criterios prestacionales para los materiales, los procedimientos y los ensayos;
- método para afianzar la posición de la punta de tablestacas cuando se realizan excavaciones en roca;
- consecuencias de la extracción de tablestacas sobre los edificios contiguos, las instalaciones y servicios, en asiento de la superficie del suelo y sobre la creación de un enlace entre capas de suelo con distintos regímenes de aguas freáticas;
- medidas necesarias para comprobar asientos, desplazamientos y vibraciones.

8 EJECUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE TABLESTACADOS

8.1 Generalidades

8.1.1 La secuencia de ejecución de la estructura de tablestacado se llevará a cabo de acuerdo con el apartado 7.4.

8.1.2 Si no se puede mantener la secuencia prevista para los trabajos, se establecerá ajustándose al proyecto una revisión que se ajuste a los requisitos del apartado 7.4.

8.1.3 Se deberá dar una referencia a cada tablestaca.

8.2 Preparación del lugar de la obra

8.2.1 Se preparará el lugar de la obra de forma que las operaciones puedan realizarse con seguridad y eficiencia.

8.2.2 La ejecución y uso de estructuras auxiliares se hará de acuerdo con el apartado 7.3.

NOTA – Es posible que las carreteras de acceso y los servicios de amarradero para el lugar de la obra tengan que cumplir con reglamentaciones especiales de las autoridades competentes.

8.3 Almacenamiento y manipulación de las tablestacas

En el anexo A se facilita información relacionada con el almacenamiento y manipulación de las tablestacas de acero.

8.3.1 El almacenamiento y manipulación de las tablestacas en el lugar de la obra se realizarán de tal manera que no puedan producirse daños significativos ni en la rectitud de la tablestaca, ni en las juntas ni en los recubrimientos.

8.3.2 Deben seguirse las directrices específicas dadas por el suministrador de tablestacas para el almacenamiento y la manipulación de las tablestacas.

8.3.3 Las tablestacas deben almacenarse de forma tal que puedan ser levantadas fácilmente según la secuencia de uso.

8.3.4 Se deben almacenar separadas y marcar apropiadamente las tablestacas de distinto tipo y de distinto grado de acero.

8.3.5 El almacenamiento y la manipulación de las tablestacas planas deberán hacerse con el máximo cuidado para evitar la deformación de los perfiles.

8.3.6 Cuando se almacenen tablestacas de acero previamente recubiertas, se deben colocar espaciadores entre las distintas tablestacas de una pila (véase el anexo A).

8.3.7 Los elementos principales de un tablestacado compuesto deberán almacenarse y apoyarse sobre madera u otro material suave parecido colocado entre los elementos para evitar la distorsión permanente de estos elementos.

8.3.8 Los elementos principales de un tablestacado compuesto deberán manipularse utilizando cintas o cinchas no metálicas para evitar daños al recubrimiento y a los conectores fijados a estos elementos.

8.3.9 Se deberá tener en cuenta la longitud y la rigidez de cada tablestaca cuando se compruebe el número y posiciones de los soportes de una pila de tablestacas con el fin de evitar flexiones que puedan ocasionar deformaciones permanentes.

8.3.10 Se deben emplear dispositivos especiales para el izado y posicionamiento de las tablestacas, tales como pinzas de elevación, ganchos soldados para izado y similares, con el fin de evitar que se produzcan daños en las tablestacas y en particular en las juntas.

8.3.11 Cuando se utilicen pinzas de elevación de apertura remota para levantar las tablestacas, su funcionamiento debe ser verificado antes de emplearse.

8.3.12 Los dispositivos de mordaza por fricción pueden liberarse de improviso y por lo tanto no se deben emplear para la manipulación de tablestacas a no ser que se tomen medidas adicionales de seguridad.

8.3.13 Si se lleva a cabo un tratamiento de protección o de anticorrosión con las tablestacas y los otros elementos en el lugar de la obra, se deberán tomar precauciones para asegurarse de que el almacenamiento y la aplicación de productos y materiales están de acuerdo con la reglamentación local sobre salud, seguridad y aspectos medioambientales.

8.4 Soldadura y corte de elementos de acero

El anexo B facilita información referente a la soldadura.

8.4.1 La soldadura y el corte de tablestacas así como la preparación de elementos principales deberá cumplir con los requisitos de calidad especificados en el proyecto.

8.4.2 La preparación de los bordes y el corte de elementos de acero se deberá llevar a cabo de tal forma que la fragilidad debida a la llama al cortar no suponga un efecto adverso significativo sobre la calidad de la junta. Deberán cumplirse las tolerancias dimensionales de la Norma Europea EN 29692:1994 o las indicadas en la figura 7j. Las tablestacas preparadas estarán de acuerdo con las Normas Europeas EN 10248-2:1995, EN 10249-2:1995 y EN 10219-2:1997.

8.4.3 A no ser que se especifique otra cosa, la preparación de juntas, el proceso de soldadura y la descripción de la calificación del procedimiento de soldadura estará de acuerdo con la tabla 1. En elementos principales tubulares se deberá asegurar que la distancia entre el conector y un cordón de soldadura longitudinal del elemento es ≥ 300 mm y que los cordones de soldadura circulares y helicoidales de los elementos están niveladas en la posición del conector.

Tabla 1
Requisitos de soldadura para tablestacas de acero

Soldadura							Ensayos e inspección de soldaduras		
Tipo de conjunto soldado	Tipo de junta	Tipo de soldadura	Preparación de las juntas	Procesos de soldadura permitidos	Descripción/calificación del procedimiento de soldadura		Nivel de calidad de acuerdo con la EN 25817:1992	Tipo de ensayo	Extensión de los ensayos (%)
					BS(EN 10248-1:1995) ²⁾ S235 JRC, S275 JRC, S355 JOC de acuerdo con la EN 10249:1997 y los grados de acuerdo con la Norma Europea EN 10219-1:1997 ³⁾	QS(EN 10248-1:1995) ⁴⁾ y los grados dados en la EN 10219-1:1997 de acuerdo con ⁵⁾			
Alargamiento de tablestacas									
– planas	Unión a tope ¹⁾ (véase la fig. 7a)	EN 29692:1994	EN 29692:1994	⁶⁾	–	EN 288-2:1992 + A1:1997	D	Visual	100
– resistentes a la flexión	Unión por solapo (véase la fig. 7b) Unión a tope ¹⁾ (véase la fig. 7c) Unión por solapo (véase la fig. 7d)	EN 29692:1994	EN 29692:1994	⁶⁾	– ⁷⁾	EN 288-2:1992 + A1:1997 ⁷⁾	D ⁸⁾	Visual ⁹⁾	100 ⁹⁾
Refuerzos de tablestacas	Unión por solapo (véase la fig. 7e)	EN 29692:1994	EN 29692:1994	⁶⁾	–	--	D	Visual	100
Uniones de tablestacas									
– todas, excepto las tablestacas de encuentro de plana	Unión en T (oblicua) (véanse las fig. 7f y 7g) Unión de esquina (véase la fig. 7h) Unión por solapo (+ Unión a tope) (véase la fig. 7i)	EN 29692:1994	EN 29692:1994	⁶⁾	– ⁷⁾	EN 288-2:1992 + A1:1997 ⁷⁾	D ⁸⁾	Visual ⁹⁾	50 ⁹⁾
– tablestacas de encuentro planas	Unión en T (oblicua) (véase la fig. 7j)	Soldadura en media V/ Doble soldadura en V	De acuerdo con la figura 7j	⁶⁾	EN 288-3:1992 + A1:1997	EN 288-3:1992 + A1:1997	D ⁸⁾	US + visual	10 (US) ¹⁰⁾ + 100 (visual)

Tabla 1
Requisitos de soldadura para tablestacas de acero (*Continuación*)

Soldadura							Ensayos e inspección de soldaduras		
Tipo de conjunto soldado	Tipo de junta	Tipo de soldadura	Preparación de las juntas	Procesos de soldadura permitidos	Descripción/calificación del procedimiento de soldadura		Nivel de calidad de acuerdo con la EN 25817:1992	Tipo de ensayo	Extensión de los ensayos (%)
					BS(EN 10248-1:1995) ²⁾ S235 JRC, S275 JRC, S355 JOC de acuerdo con la EN 10249:1997 y los grados de acuerdo con la Norma Europea EN 10219-1:1997 ³⁾	QS(EN 10248-1:1995) ⁴⁾ y los grados dados en la EN 10219-1:1997 de acuerdo con ⁵⁾			
Tablestacas de cajón – junta contigua – junta conectada – otros	Unión a tope (véase la fig. 7k)	Soldadura a tope entre elementos curvos	–	6)	–	EN 288-2:1992 + A1:1997	D	Visual	100
	Unión por solapo (véase la fig. 7l)	EN 29692:1994	–	6)	–	EN 288-2:1992 + A1:1997	D	Visual	100
	Unión en T (véase la fig. 7m)	EN 29692:1994	EN 29692:1994	6)	–	EN 288-2:1992 + A1:1997	D	visual	100
	Unión por solapo (véase la fig. 7n)			6)					
Juntas soldadas (fijación, sellado)	Unión a tope (véase la fig. 7o)	Soldadura a tope entre elementos curvos	–	6)	–	EN 288-2:1992 + A1:1997	D	visual	100
1) Para diferentes espesores la forma de los bordes a tope estará de acuerdo con las especificaciones de proyecto. 2) BS = Acero Base de acuerdo con el apartado 5.1.1 de la Norma Europea EN 10020:1998. 3) Grados de acero de acuerdo con las tablas A.1, B.1 y B.2, excepto S420xxx y S460xxx. 4) QS = Acero de Calidad de acuerdo con el apartado 5.1.2 de la Norma Europea EN 10020:1998. 5) Grados de acero S420xxx y S460xxx003333. 6) Se permiten todos los procesos descritos en 111,114,121, 122, 131, 135 y 136 de la Norma Europea EN 24063:1992. 7) La Norma Europea EN 288-3:1992 +A1:1997 es de aplicación en el caso de clase de aceptación C. 8) Clase de aceptación C si exigido por el proyecto. 9) En el caso de clase de aceptación C, un ensayo de rayos X de acuerdo con la Norma Internacional ISO 1106-1:1984 sobre el 10% de las tablestacas o elementos principales y inspección visual al 100% o ensayos de ultrasonidos sobre el 10% de las tablestacas o elementos principales a lo largo de toda la soldadura e inspección visual al 100%. 10) El 10% de las tablestacas o elementos principales a lo largo de toda la soldadura.									

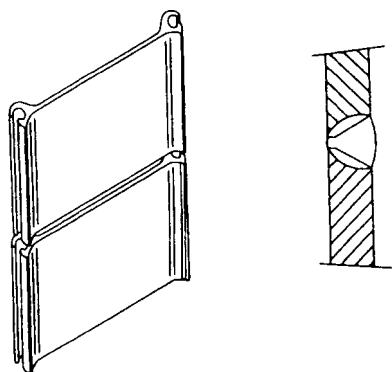


Fig. 7a – Unión a tope de tablestaca prolongada

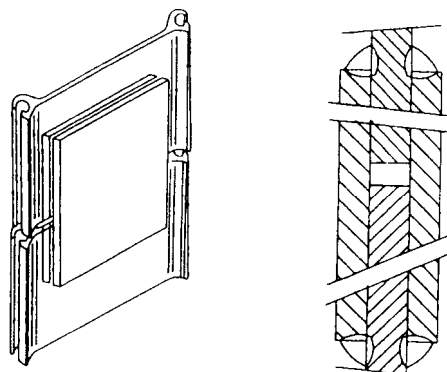


Fig. 7b – Unión por solapo de tablestaca prolongada

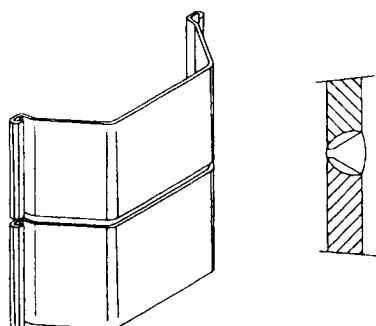


Fig. 7c – Unión a tope de tablestaca resistente a la flexión

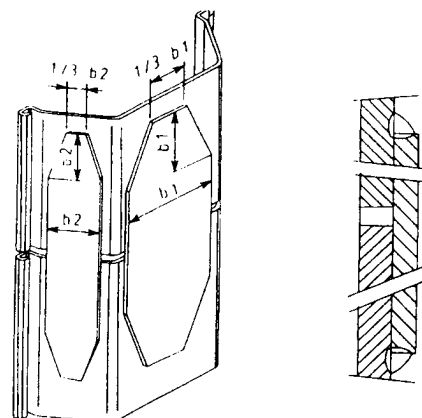


Fig. 7d – Unión por solapo de tablestaca resistente a la flexión

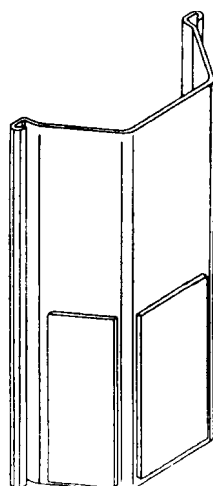
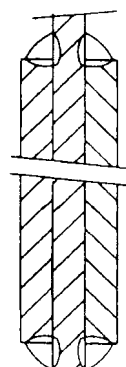


Fig. 7e – Unión por solapo de tablestaca reforzada



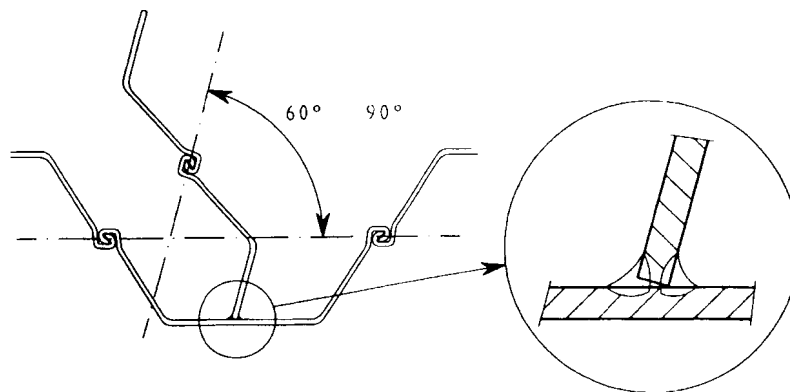


Fig. 7f – Unión en T oblicua de tablestaca de encuentro

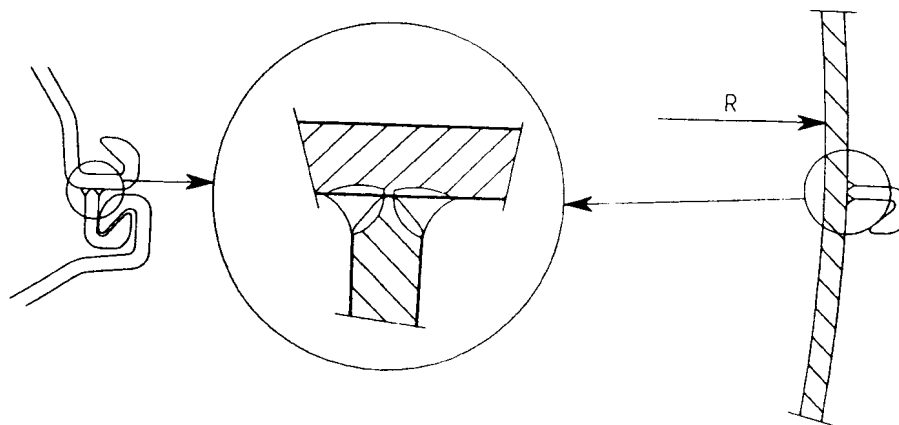


Fig. 7g – Encuentro con unión en T

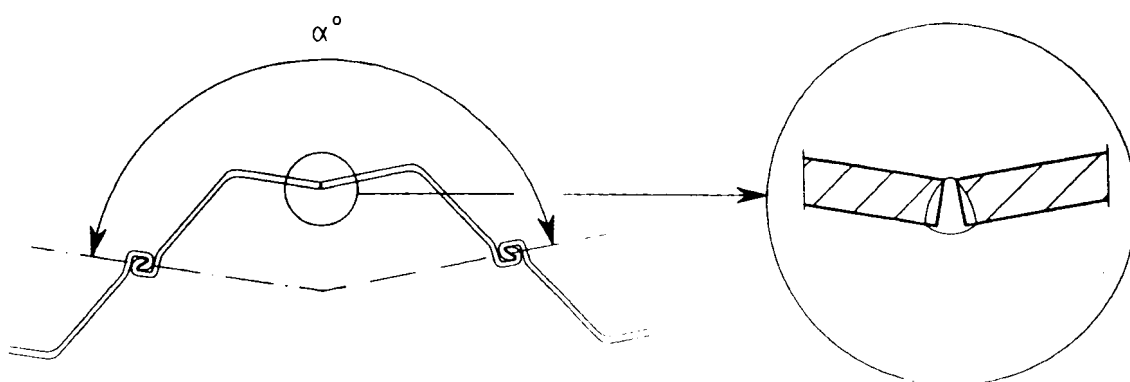


Fig. 7h – Unión de esquina de tablestaca de encuentro

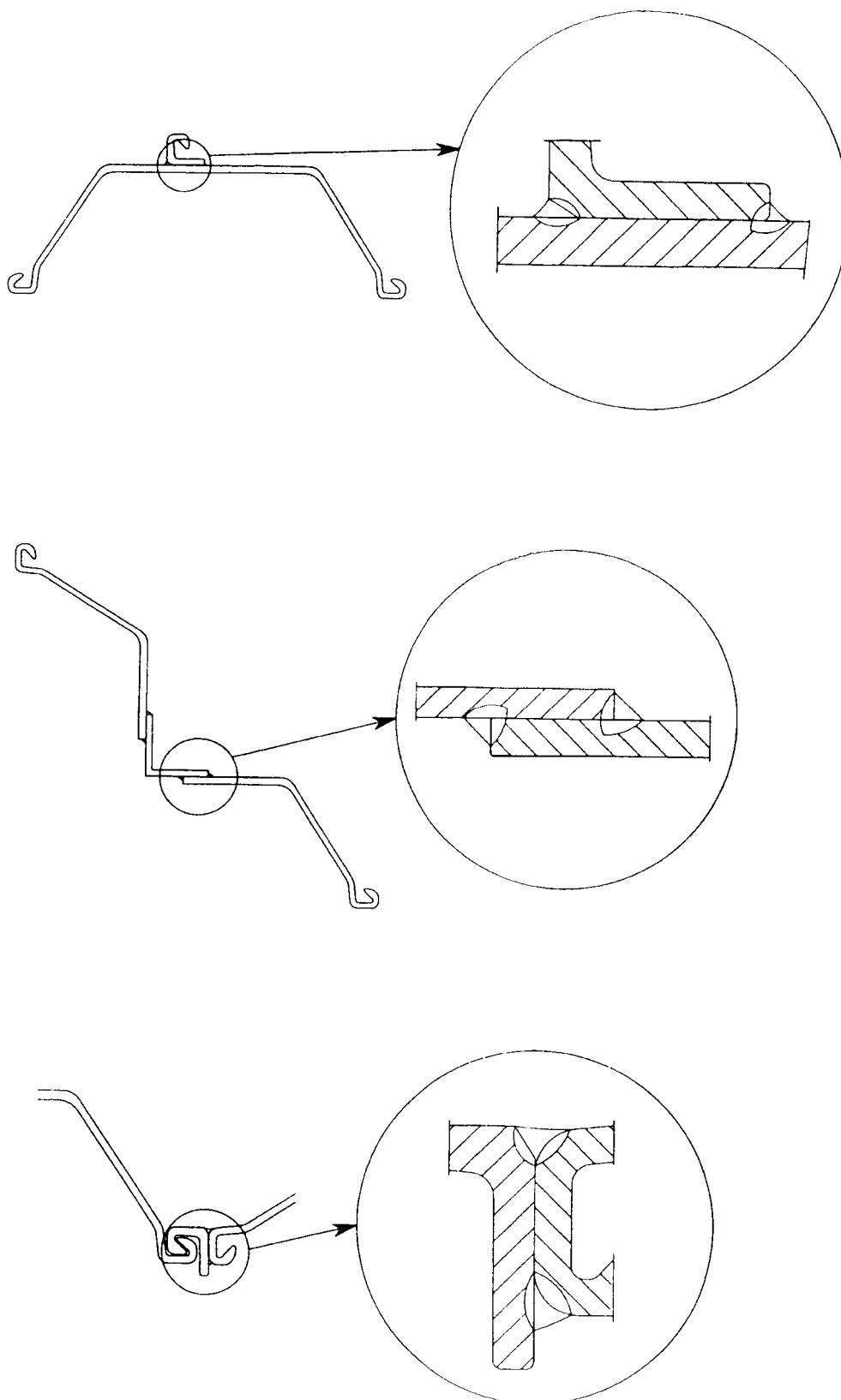


Fig. 7i – Unión por solapo (+ unión a tope) de tablestaca de encuentro

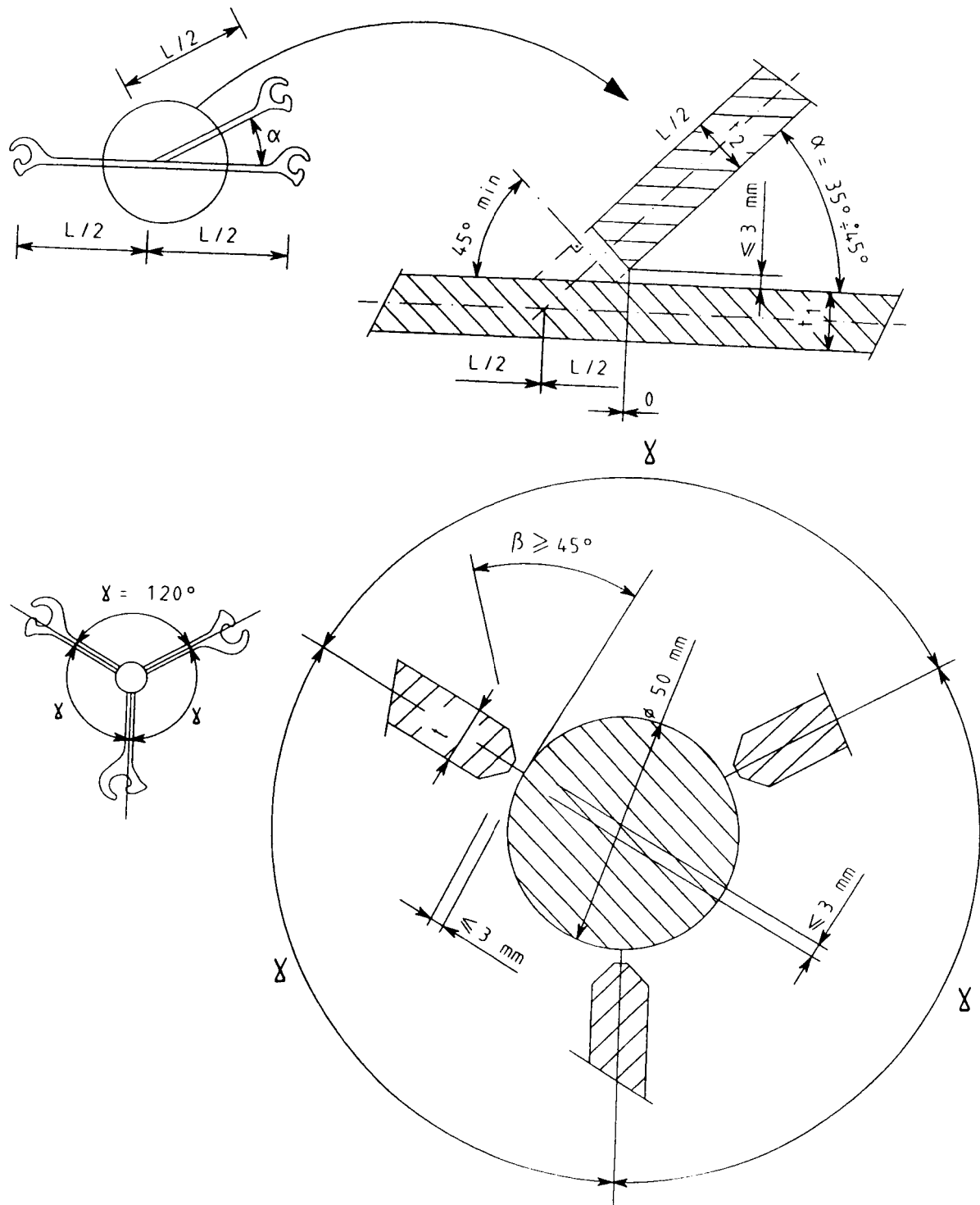


Fig. 7j – Unión en T oblicua de tablestacas planas

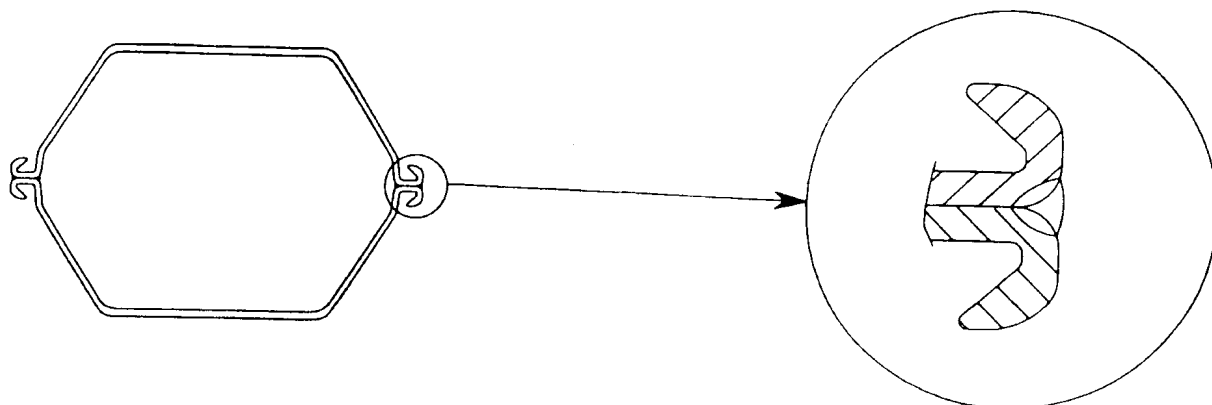


Fig. 7k – Unión a tope de tablestaca de cajón

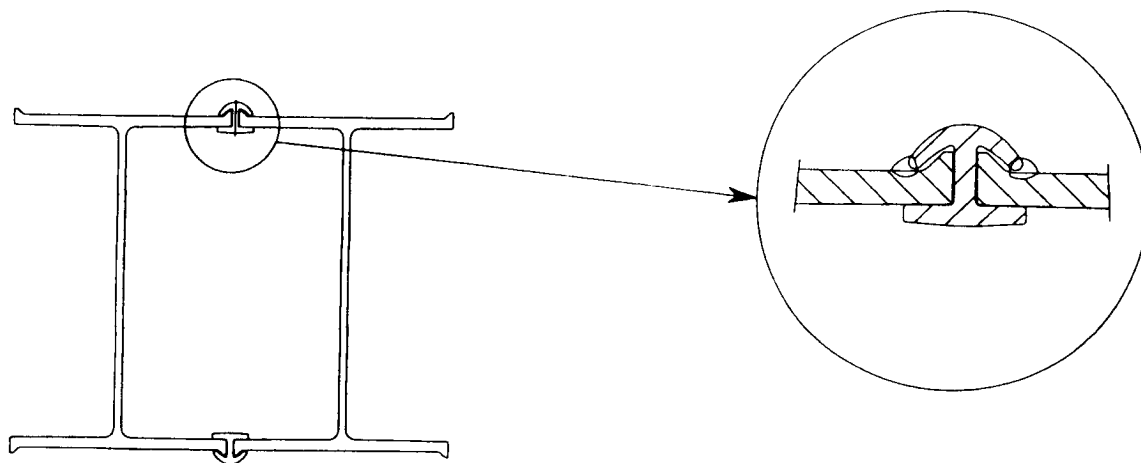


Fig. 7l – Unión por solapo de tablestaca de cajón

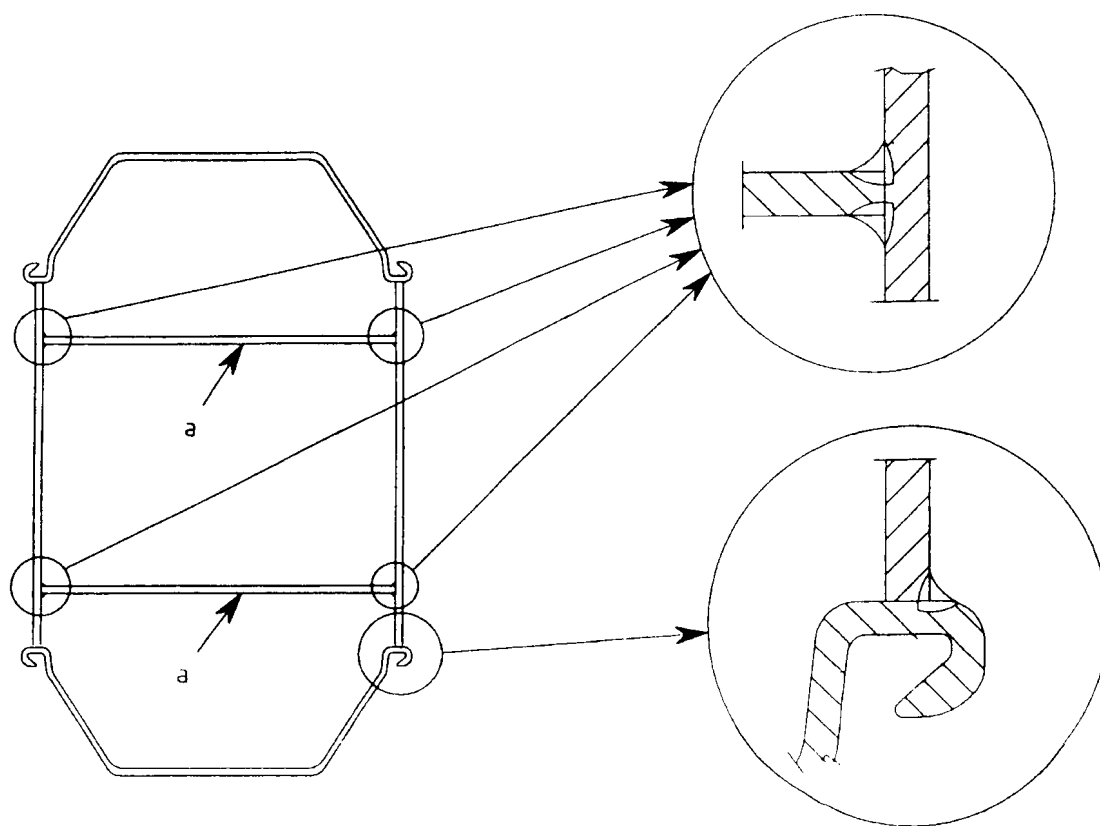
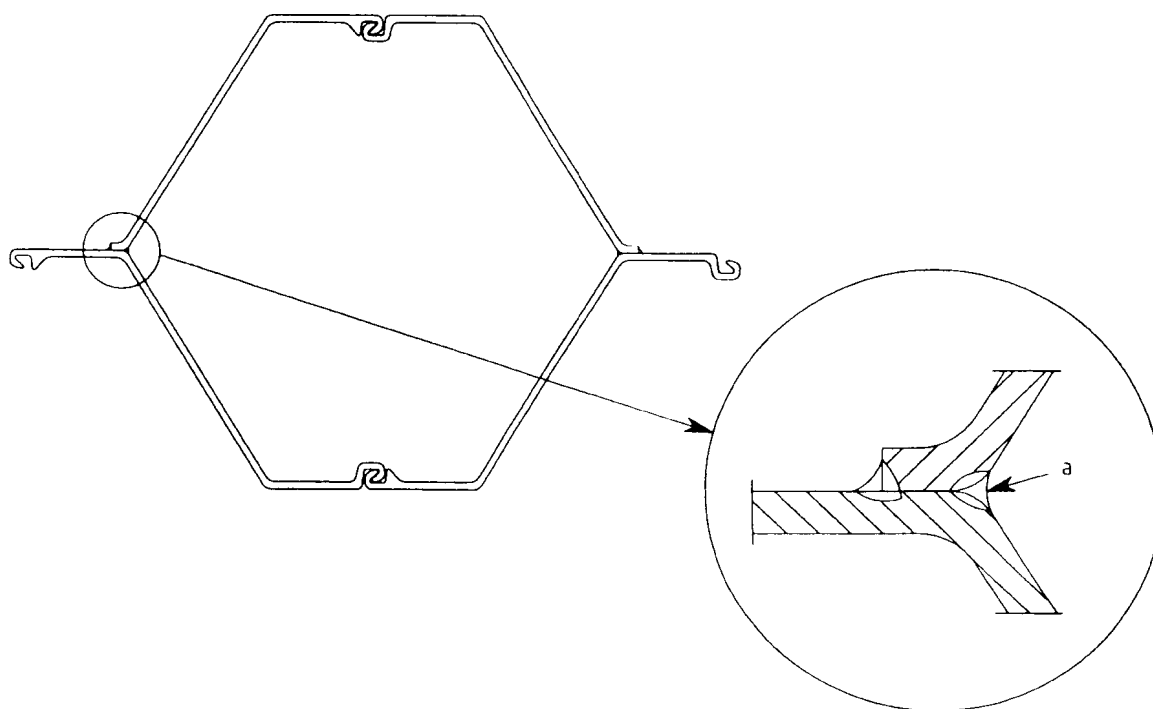


Fig. 7m – Unión en T de tablestaca de cajón



Leyenda

a soldadura interior (sólo a lo largo de 500 mm por encima y en la punta)

Fig. 7n – Unión por solapo de tablestaca de cajón

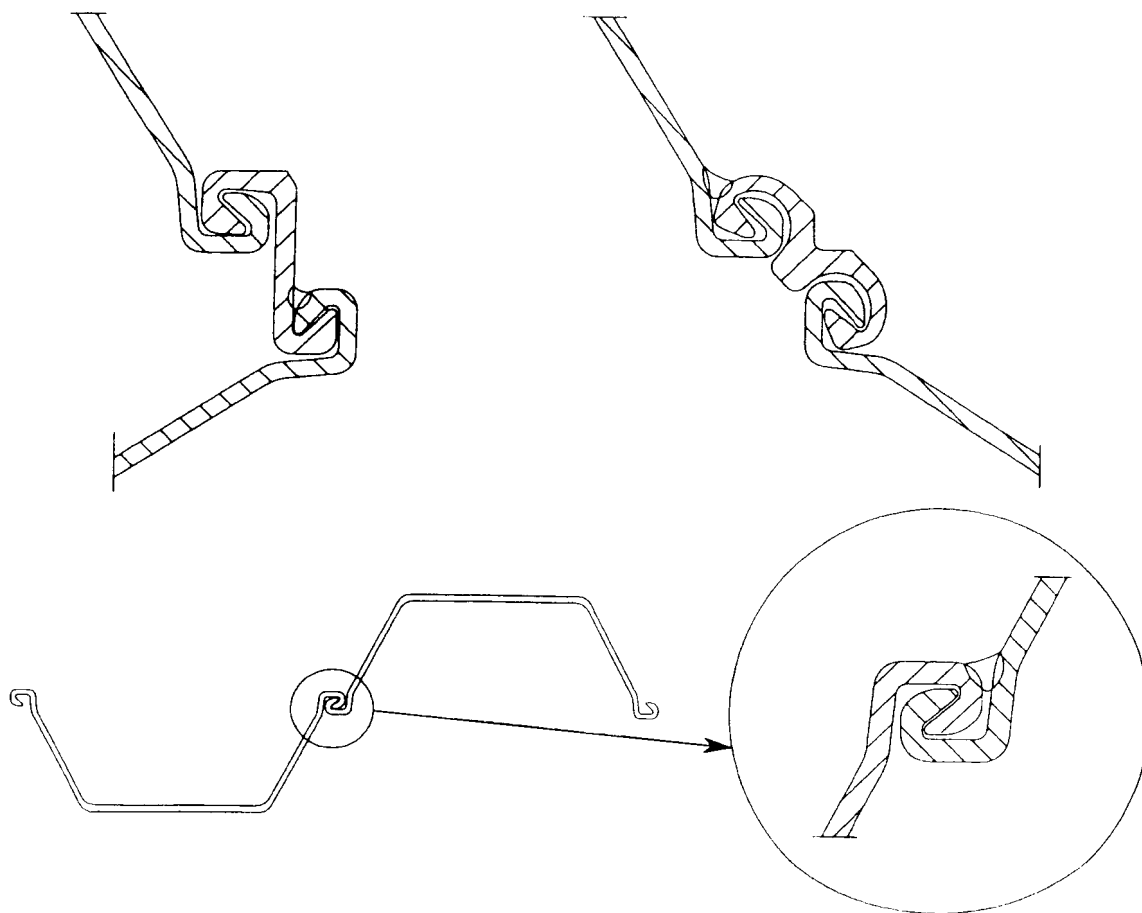


Fig. 7o – Soldadura en unión a tope de un junta

8.4.4 Después de soldar, el procedimiento para comprobar la posición de los conectores sobre los elementos principales será el siguiente:

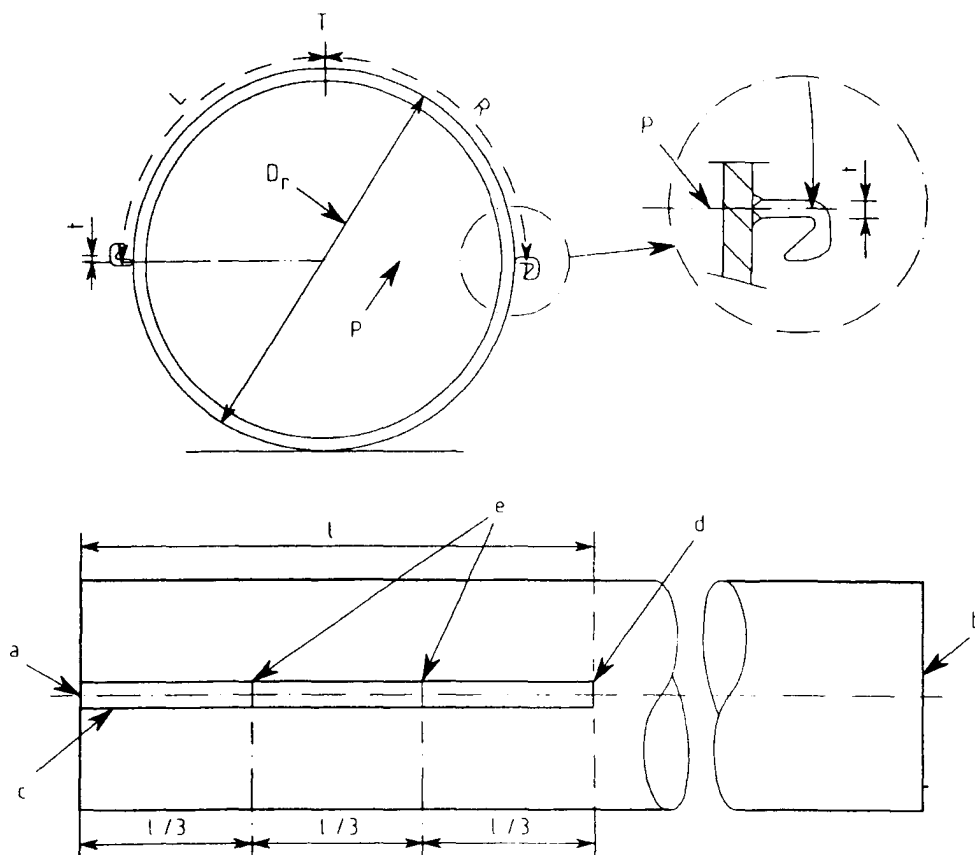
- se coloca el elemento en un plano horizontal y se gira de manera que la línea P en el extremo superior del elemento sea horizontal;
- usando técnicas de nivelación se marca la posición T en el elemento a cada tercio a todo lo largo y en el extremo inferior de los conectores según se indica en la figura 8;
- se comprueba que se cumplen las siguientes tolerancias en el extremo superior, en cada tercio y en el extremo inferior del conector:

$$L = (\pi D_r)/(4 \pm 10) \text{ mm};$$

$$R = (\pi D_r)/(4 \pm 10) \text{ mm};$$

L y R se miden a lo largo de la circunferencia exterior del elemento;

D_r es el diámetro externo del elemento principal en las secciones comprobadas.



Leyenda

- a parte de arriba del elemento y del conector
- b punta del elemento
- c conector
- d punta de los conectores
- e puntos a cada tercio de la longitud de los conectores
- l longitud de los conectores
- T parte superior del elemento establecido mediante nivelación
- P línea que une los centros de ambos conectores en la parte superior del elemento

Fig. 8 – Posición de los puntos de comprobación y tolerancias de un conector soldado en un elemento principal tubular

8.4.5 Los electrodos cumplirán con la Norma Europea EN 499:1994.

8.4.6 El metal depositado por la soldadura deberá, como mínimo, tener características mecánicas equivalentes a aquellas del material base.

8.4.7 El acero de Calidad (QS) de acuerdo con la Norma Europea EN 10248-1:1995 y los aceros de grado S420xxx y S460xxx de acuerdo con la Norma Europea EN 10219-1:1997 se soldarán utilizando materiales de relleno básicos bajos de hidrógeno. El nivel de hidrógeno en el metal depositado será ≤ 10 ml/100 g.

8.4.8 Para prevenir los riesgos de fisuración, las temperaturas de precalentamiento tendrán en cuenta el equivalente del acero carbono, el proceso de soldadura y el tipo de unión. La temperatura de una soldadura será ≤ 250 °C antes de que se empiece a dar la segunda capa.

El precalentamiento sobrepasará por lo menos 75 mm por cada lado de la soldadura.

NOTA – Las temperaturas de precalentamiento para distintos espesores y grados de acero de dan en la tabla B.3.

8.4.9 Se deberá tener especial cuidado para asegurar que se minimizan las tensiones y las distorsiones producidas por la soldadura.

8.4.10 Las soldaduras de clase de aceptación D según la Norma Europea EN 25817:1992 las harán soldadores experimentados

8.4.11 Las soldaduras de clase de aceptación C según la Norma Europea EN 25817:1992 las harán soldadores experimentados de acuerdo con la EN 287-1:1992 + A1:1997.

8.4.12 Las tolerancias de tablestacas de esquina y de tablestacas principales prolongadas bien por soldaduras a tope o por placas de unión estarán de acuerdo con las Normas Europeas EN 10248-2:1995, EN 10249-2:1995 o EN 10219-2:1997 a las que se hace referencia en el capítulo 2.

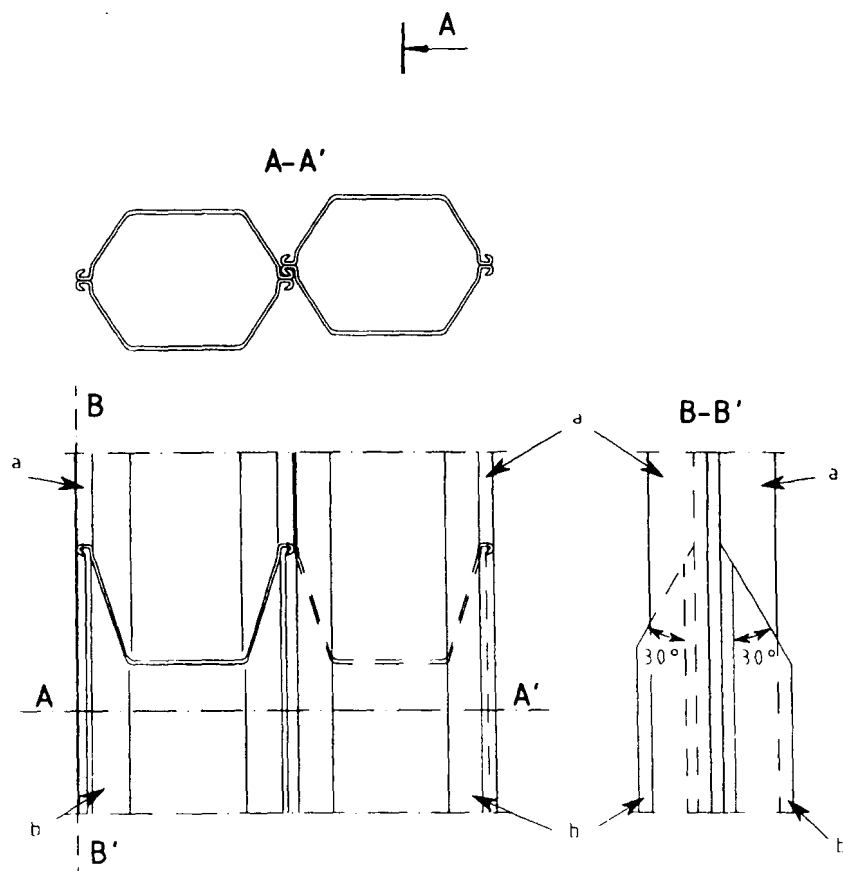
8.4.13 Las tolerancias de tablestacas reforzadas y de elementos principales estarán de acuerdo con las Normas Europeas EN 10248-2:1995, EN 10249-2:1995 o EN 10219-2:1997.

8.4.14 Las tolerancias de tablestacas de esquina, tablestacas de encuentro planas, tablestacas de cajón y elementos principales prefabricados estarán de acuerdo con las Normas Europeas EN 10248-2:1995, EN 10249-2:1995 o EN 10219-2:1997.

8.4.15 Cuando se vayan a unir tablestacas de acero por medio de soldaduras a tope, la junta puede dejarse sin soldar, a no ser que se exija o se especifique en el proyecto una soldadura de sellado.

8.4.16 Cuando sea posible, las soldaduras a tope deben colocarse en una posición dentro del largo de la tablestaca que esté bien alejada de la ubicación de la sección con momento flector máximo. Además, las posiciones de las soldaduras de dos tablestacas contiguas deberán distanciarse 0,5 m.

8.4.17 Las tablestacas de acero no deberán tener variaciones bruscas de sección en el sentido de la dirección longitudinal de la tablestaca. Las placas, flejes, placas de unión y tablestacas parciales utilizados para reforzar deberán ser biseladas.



Leyenda

a par de tablestacas reforzadas b tablestacas parcialmente biseladas

Fig. 9 – Ejemplo de refuerzo utilizando una tablestaca parcialmente biselada

8.4.18 El ensayo y la inspección de las soldaduras deberán hacerse de acuerdo con la tabla 1.

8.4.19 Si se especifica el refuerzo de una tablestaca, el método deberá tener en cuenta la forma de hinca prevista.

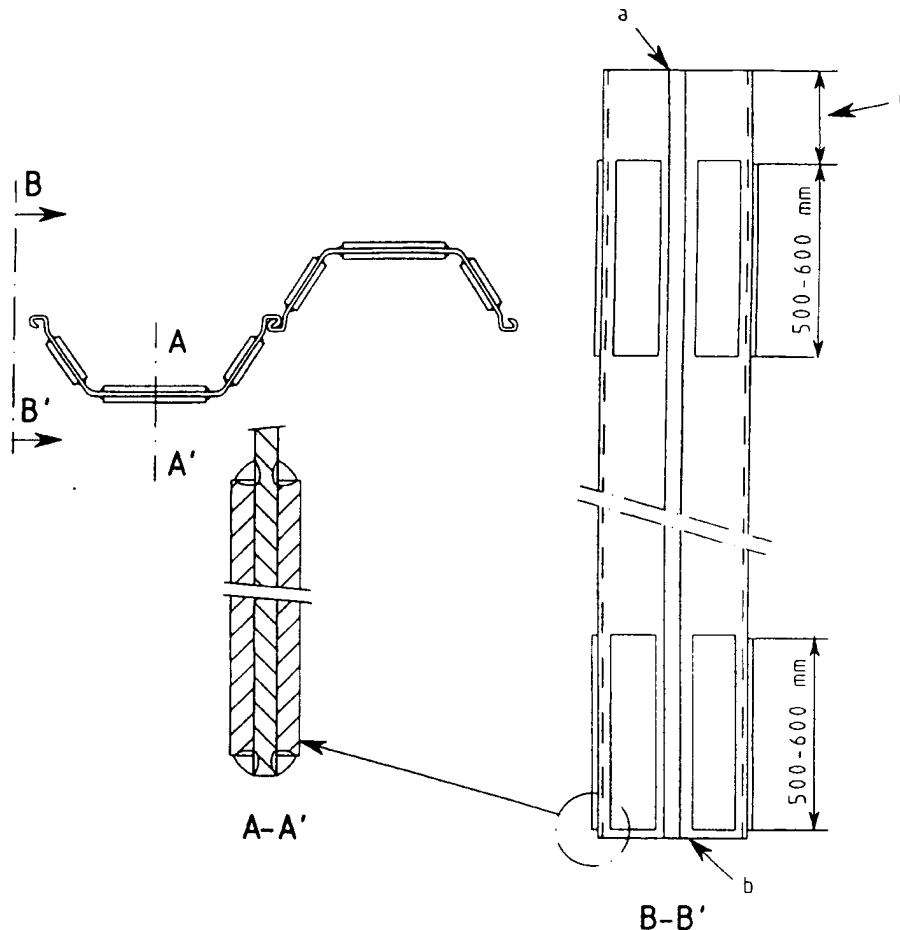
NOTA – Los detalles del refuerzo dependen principalmente de la presencia de obstrucciones en el suelo. La figura 10 da un ejemplo de un método de refuerzo simple para la cabeza y la punta de una tablestaca doble en U.

8.5 Hinca de las tablestacas

8.5.1 El método de hinca, el equipo y la ayuda deberán seleccionarse en base a experiencias comparables y deberá cumplir con el diseño de la sección de acuerdo con el apartado 7.2.1.

8.5.2 Cuando no exista experiencia comparable o se considere insuficiente, se adaptarán unos ensayos de hinca o un análisis matemático del proceso de hinca para seleccionar el método de hinca correcto (véase el anexo C).

8.5.3 Al presionar las tablestacas en el terreno, se debe demostrar que la capacidad de la presión y la capacidad de agarre de la tablestacas hincadas anteriormente (que deben suministrar las necesarias fuerzas de reacción) son suficientes. Esto puede demostrarse bien mediante experiencia comparable o bien mediante ensayos o análisis sobre datos del suelo.



Leyenda

a cabeza b punta c retranqueo

A menudo, es necesario un retranqueo sobre la cabeza de la tablestaca para la instalación con un sombrerete de hinca. El tamaño del retranqueo debería cumplir con la forma y las dimensiones del sombrerete.

Fig. 10 – Ejemplo de un refuerzo simple de cabeza y punta de una tablestaca doble en U

8.5.4 Todo el equipo de tablestacado cumplirá con la Norma Europea EN 996:1995

8.5.5 Se debe verificar, bien mediante ensayos o por análisis, que el método de hinca seleccionado no cause daños en los edificios e instalaciones contiguas (véase el anexo C).

8.5.6 Las técnicas con chorro de agua, con perforación previa o por voladura para ayudar a la hinca, deberán llevarse a cabo de manera que no se produzcan daños a los edificios e instalaciones contiguas así como a la obra misma (véase el anexo D)

8.5.7 Se escogerá un método de hinca adecuado que asegure que se cumplen los requisitos del cálculo con respecto a las tolerancias del tablestacado después de la hinca.

NOTA – Son importantes los aspectos siguientes:

- conseguir el nivel debido en la punta;
- mantener la posición en planta y la verticalidad de acuerdo con el apartado 8.6;
- evitar daños significativos en las tablestacas y en las juntas;
- conseguir el coeficiente de permeabilidad exigido;
- asegurarse que las fuerzas de hinca actúan en el eje neutro de las tablestacas y de los elementos principales;
- mantener la secuencia de hinca de los elementos principales en un tablestacado compuesto;
- alcanzar la capacidad portante vertical requerida, si es necesario;
- especificar plantillas para tablestacados compuestos o mixtos y tablestacas planas.

8.5.8 Se deberían guiar las tablestacas en uno o mas niveles durante la hinca.

8.5.9 Las estructuras de guía deben ser estables y robustas y colocadas en tales niveles que aseguren la alineación vertical y horizontal de las tablestacas durante la hinca. El sistema de guía debe ser diseñado de forma que se eviten daños en el recubrimiento de las tablestacas (por ejemplo, usando rodillos de guía).

8.5.10 Los pilares en la torre de hinca o en la estructura de guía deberán colocarse con una precisión que asegure que se cumplen las tolerancias especificadas.

8.5.11 En el caso de un tablestacado cerrado, se deberá poner especial cuidado en la posición planta y la verticalidad de las pilastras que terminan por cerrar el recinto.

8.5.12 La secuencia para la hinca de los elementos primarios debe seleccionarse de forma que los elementos cumplan con las condiciones del apartado 8.6.1.

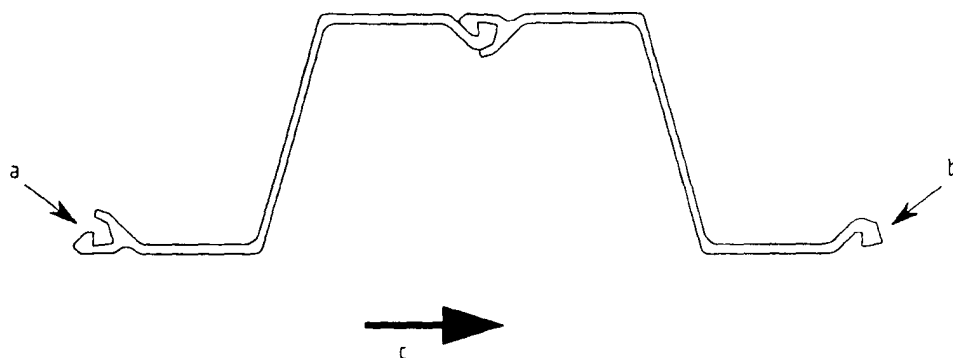
8.5.13 Los sombreretes de hinca deben ajustarse al perfil de la tablestaca. Deben comprobarse regularmente los rellenos de almohadillado de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes o con la experiencia aceptada para los materiales utilizados.

8.5.14 Si se utilizan lubricantes o bentonita para facilitar la hinca, se deben seguir los reglamentos locales sobre medioambiente.

8.5.15 No se deben emplear lubricantes por la posible reducción de la tensión de la junta en tablestacas planas.

8.5.16 Si se utilizasen lubricantes en la junta, estos deberán cumplir con el proyecto (véase el apartado 7.2.2).

8.5.17 En caso de tablestacas que tengan juntas machihembradas, la tablestacas deberán hincarse con la lengüeta hacia el frente en el sentido de hinca (véase la figura 11).



Leyenda

a gancho b lengüeta c dirección de hinca

Fig. 11 – Dirección de hinca en tablestacas en Z con juntas de machihembradas

8.6 Tolerancias para la posición en planta y verticalidad

8.6.1 La posición en planta y la verticalidad de las tablestacas después de la instalación deben cumplir con los valores recomendados que da la tabla 2. Esta tabla da valores para casos normales.

Tabla 2
Tolerancias para la posición en planta y la verticalidad
de las tablestacas después de su instalación

Tipo de tablestacado	Situación durante la ejecución	Situación en planta de la cabeza de la tablestaca mm	Verticalidad ²⁾ medida sobre el último metro %
			En todas la direcciones
Tablestaca ⁴⁾	En tierra En agua	$\leq 75^{1)}$ $\leq 100^{1)}$	$\leq 1^{3)}$ $\leq 1,5^{3)}$
Elementos principales de un tablestacado compuesto		Dependiendo de las condiciones del suelo y de la longitud, forma, tamaño y número de elementos secundarios, estos valores deberían establecerse en cada caso para asegurarse que no pueda desenhebrarse.	

1) Perpendicular al tablestacado.

2) Cuando el proyecto requiera que las tablestacas se hinquen con una inclinación, las tolerancias especificadas en la tabla son con respecto a esa dirección.

3) Puede suponer hasta un 2% en suelos difíciles, siempre y cuando no se especifiquen criterios no estrictos con respecto a, por ejemplo, estanquidad y que no se considere que el desenhebrado pueda convertirse en un problema.

4) Excluyendo tablestacas planas.

NOTA – Las tolerancias referentes a la posición en el plano y la verticalidad puede ser acumulativas.

8.6.2 Los requisitos de los tablestacados compuestos o mixtos con respecto a la posición en planta y la verticalidad de los elementos principales son generalmente muy estrictos y, consecuentemente, se deben aplicar medidas especiales tales como estructuras de guía rígidas y estables.

8.6.3 Si los niveles de la punta de la tablestaca y de los elementos principales y secundarios de un tablestacado compuesto después de su hincia están 250 mm por encima de los niveles especificados en el proyecto, se debe demostrar que se siguen cumpliendo los requisitos funcionales del proyecto.

8.6.4 Si los niveles de la cabeza de la tablestaca y de los elementos principales y secundarios después de su hincia difieren más que 50 mm con respecto al nivel especificado en el proyecto se debe demostrar que se siguen cumpliendo los requisitos funcionales del proyecto (por ejemplo, conexiones con otros elementos). Si éste no es el caso, las tablestacas se deben instalar de acuerdo con los requisitos de ejecución.

8.7 Correcciones de la posición de la tablestaca durante la hincia

Cuando la hincia sea en suelo muy duro, la rigidez y la estabilidad de la estructura de guía deben recibir una atención especial para conservar la inclinación transversal y longitudinal así como los desplazamientos horizontales de la tablestaca hincada dentro de las tolerancias dadas en el apartado 8.6.1.

8.7.2 No deben hacerse ni el biselado y ni el corte parcial de la punta de una tablestaca de acero para evitar la inclinación longitudinal por el riesgo de desenhebrado.

8.7.3 Si durante la hincia aparecen una inclinación transversal o una rotación de la tablestaca, ésta debe extraerse y volverse a hincar o no ser que otras medidas sean suficientes.

8.7.4 Si durante la hincia aparece una inclinación transversal de la tablestaca, se deben tomar inmediatamente medidas que la contrarresten, por ejemplo por empuje o por tracción.

8.8 Instalación de los anclajes

8.8.1 La posición, dirección y ejecución de los anclajes, incluyendo la conexión a las vigas de reparto deben corresponderse con las especificaciones del proyecto.

8.8.2 La naturaleza del material y la compactación del relleno debe corresponderse con los requisitos del proyecto y deberá estar de acuerdo con el capítulo 5 de la Norma Europea Experimental ENV 1997-1:1994.

8.8.3 Los anclajes con el terreno deben instalarse de acuerdo con las especificaciones dadas en el proyecto de Norma Europea prEN 1537.

8.8.4 Si se utilizasen zapatas a tracción para el anclaje de un tablestacado, la ejecución se hará de acuerdo con el apartado 7.7.2.2 de la Norma Europea Experimental ENV 1997-1:1994.

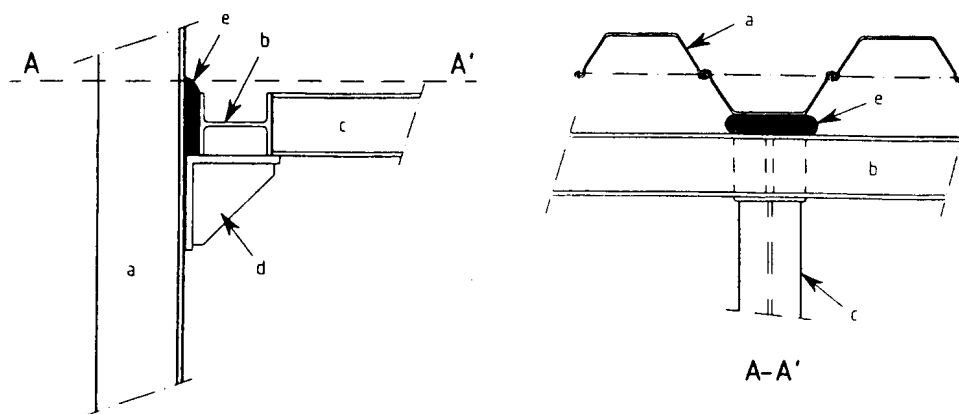
8.8.5 Se debe contemplar el sellado de los agujeros del anclaje en la tablestaca para evitar arrastres de terreno y filtraciones.

8.9 Vigas de reparto y puntales

8.9.1 Las vigas de reparto y los puntales se construirán e instalarán de forma que cumplan con el apartado 7.3.1.

8.9.2 Los huecos que queden entre la tablestaca y la viga de reparto se llenarán para asegurar una distribución uniforme de la carga sobre la viga de reparto.

NOTA – Los rellenos entre la tablestaca y la viga de reparto pueden ser placas o cuñas de acero, madera o plástico. Pueden utilizarse también sacos llenos de hormigón o mortero de cemento (véase la figura 12).



Leyenda

a tablestaca b viga de reparto c puntal d perfil de apoyo e saco de hormigón

Fig. 12 – Sacos de hormigón o mortero de cemento para obtener una buena conexión entre viga de reparto y tablestaca

8.10 Excavación, relleno, drenaje y vaciado de agua

8.10.1 La excavación, el relleno, el drenaje y el vaciado de agua se llevarán a cabo con el necesario cuidado y de acuerdo con las especificaciones de proyecto.

NOTA – En el caso de excavación por dragado, las tolerancias en los niveles pueden llegar a ser grandes. La precisión del dragado puede depender de lo siguiente:

- tipo de draga;
- tipo de suelo;
- profundidad del agua y características de la ola.

El vaciado del agua antes de la hincada de la tablestaca aumenta la tensión efectiva en el suelo. Su ejecución, puede hacer más difícil la instalación posterior.

8.10.2 La excavación y el relleno no deben producir daños sobre el tablestacado ya colocado.

8.11 Extracción de tablestacas

8.11.1 Cuando se extraigan tablestacas se tendrá en cuenta lo siguiente:

- deformaciones horizontales y verticales en el terreno circundante;
- la posibilidad de cortocircuitar diferentes capas freáticas.

NOTA – En particular, los suelos cohesivos pueden adherirse a los lados de la tablestaca creando por ello huecos en el suelo al extraer las tablestacas.

En arenas sueltas y limos, las vibraciones y los huecos pueden dar lugar a desplazamientos del terreno que pueden causar daños en los edificios e instalaciones próximos. Se pueden eliminar estos desplazamientos del terreno y los posibles enlaces entre distintas capas freáticas mediante la inyección en los huecos de mortero fluido (grout) o similar, al tiempo que se hace la extracción.

8.11.2 Cuando las tablestacas estén cerca de estructuras sensibles, plantas químicas, instalaciones de infraestructura sensibles, ferrocarriles subterráneos, etc., la extracción se hará con especial precaución.

8.11.3 La manipulación y el transporte de tablestacas que van a reutilizarse, se hará de acuerdo con los requisitos del apartado 8.3.

8.12 Clavijas en roca y pernos de anclaje

La figura 13 muestra ejemplos de clavijas en roca y pernos de anclaje.

8.12.1 Cuando sea necesaria la utilización de clavijas, se aplicará un tubo adecuado a la tablestaca para asegurar la posición correcta de la clavija en la roca.

8.12.2 Los últimos 0,5 m del tubo de instalación debe protegerse o endurecerse para evitar deformaciones.

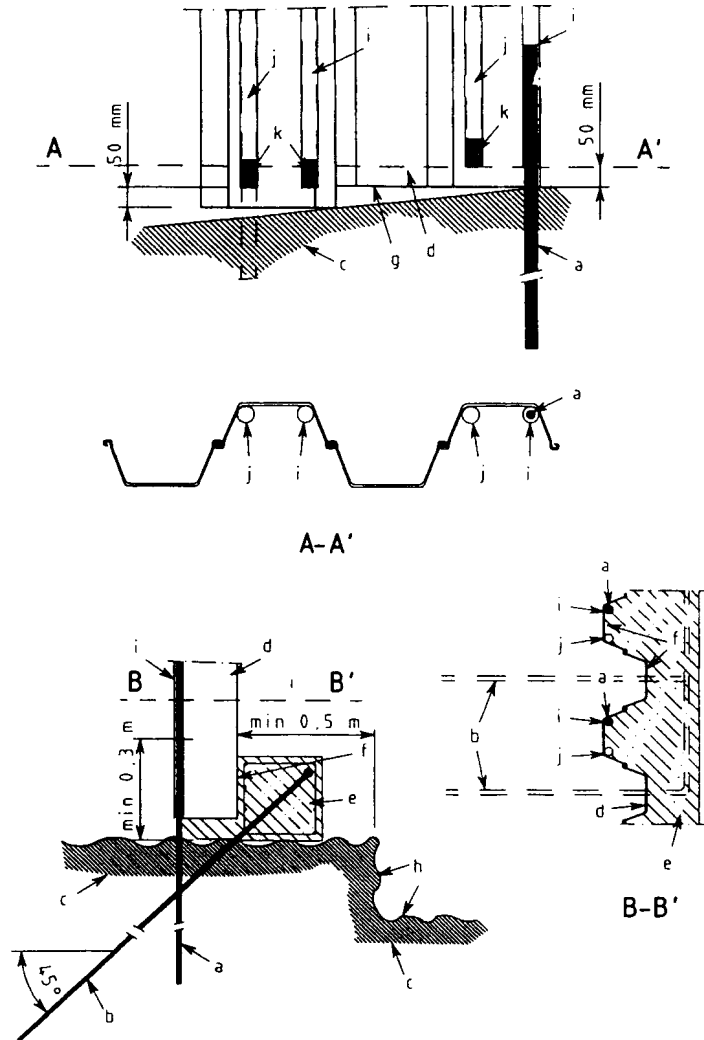
8.12.3 El tubo de instalación para la clavija terminará 50 mm por encima de la punta de la tablestaca.

8.12.4 El tubo estará cerrado en su extremo inferior mediante un tapón, normalmente de hormigón.

8.12.5 La clavija se anclará a la roca rellenando el agujero con mortero fluido.

8.12.6 Para verificar que las clavijas cumplen las condiciones del proyecto, el hueco entre la punta de la tablestaca y el nivel de la roca deberá determinarse con una precisión de 40 mm.

8.12.7 Si se excava roca cerca de la punta de la tablestaca, la punta deberá afianzarse de acuerdo con el proyecto o por otros procedimientos tales como los pernos de anclaje inclinados que se muestran en la figura 13.



Leyenda

- a clavija de anclaje
- b perno inclinado para roca en caso de excavación en roca delante del tablestacado
- c manto rocoso
- d tablestaca
- e viga de hormigón armado
- f superficie limpia
- g nivel de la punta de la tablestaca
- h contorno de la excavación en la roca
- i tubo colocado donde se espera que la distancia de la tablestaca a la roca sea la menor
- j tubo de recambio
- k tapón de hormigón a colocar antes de la instalación.

Fig. 13 – Ejemplo de clavija en roca con y sin perno inclinado de anclaje en roca

8.13 Sellado

Cuando haya arcillas blandas sobre el manto rocoso, las aberturas entre la punta de la tablestaca y la roca se sellarán de acuerdo con los requisitos de proyecto.

9 SUPERVISIÓN, ENSAYOS Y SEGUIMIENTO

9.1 Supervisión

Se debe disponer de un programa de supervisión en obra. En este programa se indicará como mínimo lo siguiente:

- frecuencia de las diferentes comprobaciones;
- valores críticos de las deformaciones, fuerzas y niveles de agua.

9.1.2 Como mínimo la supervisión de todos los trabajos relacionados con la ejecución del tablestacado deberán hacerse de acuerdo con el capítulo 4 de la Norma Europea Experimental ENV 1997-1:1994.

9.1.3 La supervisión también incluirá , si es posible, las siguientes comprobaciones y observaciones:

- están las condiciones de la obra, del suelo, de las aguas freáticas y del agua libre de acuerdo con los datos del proyecto;
- hay alguna obstrucción en el terreno que impida la hinca de la tablestaca y que no se tuvieron en cuenta en la etapa de proyecto;
- es el método de hinca capaz de instalar las tablestacas de acuerdo con los requisitos de proyecto y medioambientales;
- cumplen la secuencia y el método de ejecución con el esquema de ejecución y cumplen los criterios referentes a la progresión desde una etapa a la siguiente con lo indicado en el esquema (véase el apartado 7.4);
- están los elementos principales y secundarios de un tablestacado compuesto bien almacenados y manipulados;
- cumplen las tablestacas, los elementos principales y secundarios y todos los otros elementos estructurales de un tablestacado compuesto los requisitos a los que se refiere el capítulo 6;
- están de acuerdo con el apartado 6.4 los tratamientos, los materiales y los productos empleados en la protección de los elementos de acero y en la preservación de las partes de madera;
- están las plantillas y otros dispositivos para la guía de las tablestacas durante la hinca bien posicionadas y son los suficientemente estables para asegurar que las tablestacas cumplirán con las tolerancias especificadas en el apartado 8.6;
- se comprueba con instrumentos suficientemente precisos la verticalidad durante la puesta en posición e hinca de los elementos principales de un tablestacado compuesto;
- se encuentran dentro de las tolerancias especificadas en el apartado 8.6 las tablestacas, los elementos principales y los elementos secundarios en el caso de un tablestacado compuesto;
- están de acuerdo con el proyecto las posiciones de los elementos de los anclajes;
- se encuentran en cualquier etapa de la ejecución las sobrecargas que actúan detrás del tablestacado dentro de los límites calculados;
- hay algún daño en edificios, instalaciones aéreas o instalaciones subterráneas próximas que puedan atribuirse a los trabajos de ejecución;
- ha ocurrido algo durante los trabajos de ejecución que pueda haber afectado de forma adversa la calidad de la estructura.

9.2 Ensayos

9.2.1 Los ensayos del suelo se harán de acuerdo con el apartado 3 de la Norma Europea Experimental ENV 1997-1:1994.

9.2.2 Las pruebas de carga sobre las tablestacas, los elementos principales y los elementos secundarios se harán de acuerdo con el apartado 7.5 de la Norma Europea Experimental ENV 1997-1:1994.

9.3 Seguimiento

9.3.1 La velocidad de penetración de al menos una de las tablestacas deberá registrarse para establecer si las condiciones del suelo son las asumidas en el proyecto.

9.3.2 Cuando las tablestacas están diseñadas para soportar cargas verticales, se registrará la velocidad de penetración sobre al menos el último metro de hincia, a no ser que las tablestacas se encuentren en o sobre un manto rocoso. En ese caso, con el fin de establecer si las tablestacas han alcanzado la profundidad requerida, se llevará a cabo el seguimiento de acuerdo con los requisitos establecidos en el proyecto.

9.3.3 Si los niveles freáticos y de agua libre son parámetros críticos de acuerdo con el proyecto, se deberán comprobar en intervalos de tiempo lo suficientemente cortos como para obtener un modelo fiable de estos niveles.

9.3.4 Se recomienda que la comprobación de los niveles freáticos o las presiones intersticiales continúe después de acabar los trabajos hasta que se establezca que no hay efectos adversos.

9.3.5 Cuando el proyecto se sitúe en zonas con mucha edificación, se registrarán periódicamente los niveles de vibración y de ruido tanto en la obra como en los edificios más próximos y expuestos. Tales medidas deberán hacerse de acuerdo con la práctica local con el fin de comparar los resultados con los criterios que son apropiados a la zona.

9.3.6 Los desplazamientos horizontales de la cabeza de las tablestacas deberán ser medidos periódicamente con la precisión adecuada en puntos preestablecidos de forma que los resultados puedan ser comparados con los esperados en el proyecto.

9.3.7 Cuando haya edificios e instalaciones sensibles cerca del tablestacado, además de las mediciones indicadas en el apartado 9.3.6 se tendrá en consideración al menos lo siguiente:

- medición de los desplazamientos a profundidades seleccionadas;
- medición de asentamientos de estos edificios e instalaciones;
- medición de las fuerzas de anclaje.

9.3.8 Cuando se hinca un tablestacado compuesto, se deberán colocar detectores de desenhebrado a al menos uno de los elementos secundarios. Esto deberá hacerse en combinación con el registro de la velocidad de penetración a lo largo de toda su longitud de forma que el esquema de hincia pueda ser utilizado para comprobar posibles desenhebrados.

NOTA – Llevar un seguimiento de la velocidad de penetración de las tablestacas bajo circunstancias difíciles da muchas veces sólo un indicación aproximada de posibles desenhebrados. Los detectores de desenhebrado pueden ser útiles para verificar la integridad del tablestacado después de terminado.

9.3.9 Durante la extracción de las tablestacas o de los elementos principales, conviene registrar el tiempo de extracción de cada tablestaca o elemento. En algunos de ellos conviene medir los desplazamientos del terreno.

10 REGISTRO DE DATOS DE LA OBRA

10.1 Registro de datos relacionados con la ejecución

En tablestacados permanentes, se debe disponer en la obra de registro de datos referentes a todos los detalles de la supervisión, los ensayos y el seguimiento según se describen en el capítulo 9.

10.2 Registro de datos al terminar la ejecución de la obra

En los registros de datos de la terminación de obra debe incluirse lo siguiente:

- la posición del tablestacado "tal y como se construyó" con relación a puntos o líneas de referencia fijos, incluyendo estructuras auxiliares que permanezcan en el terreno;
- listado de información de importancia referente al uso, mantenimiento e inspección del tablestacado;
- información prescrita en el informe de proyecto con respecto a los niveles freáticos y la presión intersticial;
- directrices específicas referentes a la gestión después de la terminación del trabajo si parece necesario debido a las observaciones hechas durante la ejecución;
- directrices para el mantenimiento de los sistemas de drenaje, sistemas a utilizar y frecuencia;
- restricciones a las sobrecargas en el trasdós del muro;
- los desplazamientos del tablestacado medidos durante la ejecución;
- acontecimientos durante la ejecución que tuvieron efectos adversos y cómo se actuó ante estos efectos;
- registro de daños sobre edificios próximos;
- resultados de las pruebas de hinca y de carga.

11 REQUISITOS ESPECIALES

11.1 Seguridad

11.1.1 Durante la ejecución del tablestacado, se respetarán las normas europeas y nacionales y las especificaciones o requisitos estatutarios relacionados con la seguridad.

11.1.2 El equipo deberá estar de acuerdo con la Norma Europea EN 996:1995.

11.2 Impacto sobre edificios e instalaciones contiguas

Cuando haya cerca de la obra estructuras e instalaciones vulnerables a los daños producidos por la construcción, las condiciones de estas estructuras deberán ser cuidadosamente observadas y documentadas antes de empezar los trabajos. Durante la hinca o extracción de tablestacas por impacto o vibración, se llevará un seguimiento regular de los edificios correspondientes.

11.3 Reducción de ruidos

Se deberán tomar precauciones especiales para asegurar que las cargas de ruido no exceden los límites establecidos por las directrices internacionales o nacionales.

11.4 Permeabilidad de los tablestacados

11.4.1 Se seleccionarán tanto los procedimientos para reducir la permeabilidad de los tablestacados como los ensayos de acuerdo con el proyecto.

11.4.2 Cuando se especifiquen en el proyecto requisitos muy exigentes referentes a la impermeabilidad de los tablestacados, deberá demostrarse que todas las actividades, materiales y procedimientos, considerados necesarios para satisfacer estos requisitos, son conformes con los criterios funcionales especificados en el proyecto. Cuando no se disponga de experiencia comparable, se llevarán a cabo ensayos representativos en juntas selladas, demostrando que el método propuesto satisface los requisitos de descarga especificados (véase el anexo E).

ANEXO A (Informativo)**MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LAS TABLESTACAS****A.1 Generalidades**

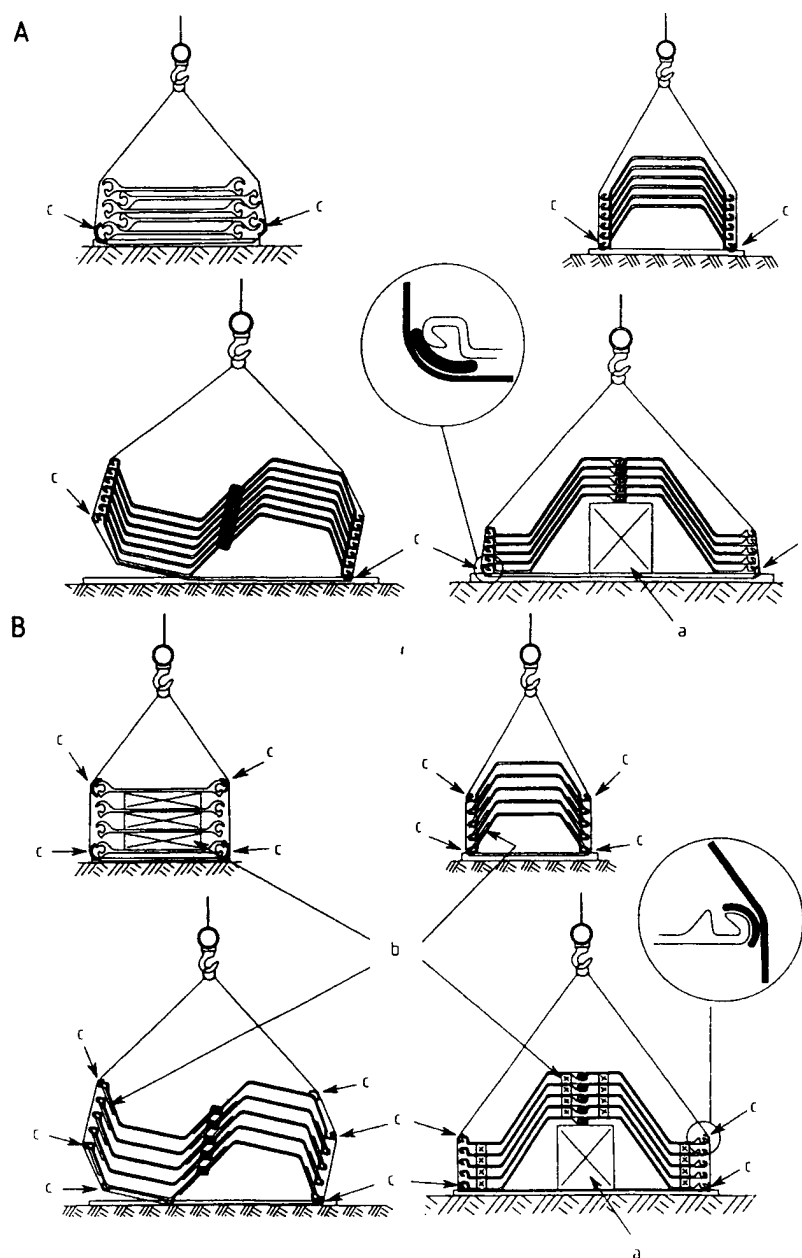
Una manipulación y un almacenamiento de tablestacas inapropiados, especialmente de las tablestacas planas, pueden ser a menudo la causa de problemas durante la instalación. Mal uso puede causar también daños a las tablestacas con protección de pintura ya incorporada. Cuando se instalen tablestacas conviene que haya acceso seguro para un operario para que pueda guiar la punta de la tablestaca que se está colocando en la cabeza de la tablestaca instalada anteriormente.

Se recomienda el uso de dispositivos que posibiliten el enhebrado de las tablestacas sin necesidad de disponer personas encima.

A.2 Izado con grúa

En la figura A.1 se dan algunos ejemplos de izado con grúa y colocación de pilas de tablestacas (sencillas y por pares) en la zona de almacenamiento.

Las figuras A.2 a A.4 dan ejemplos de cómo izar tablestacas de una pila.



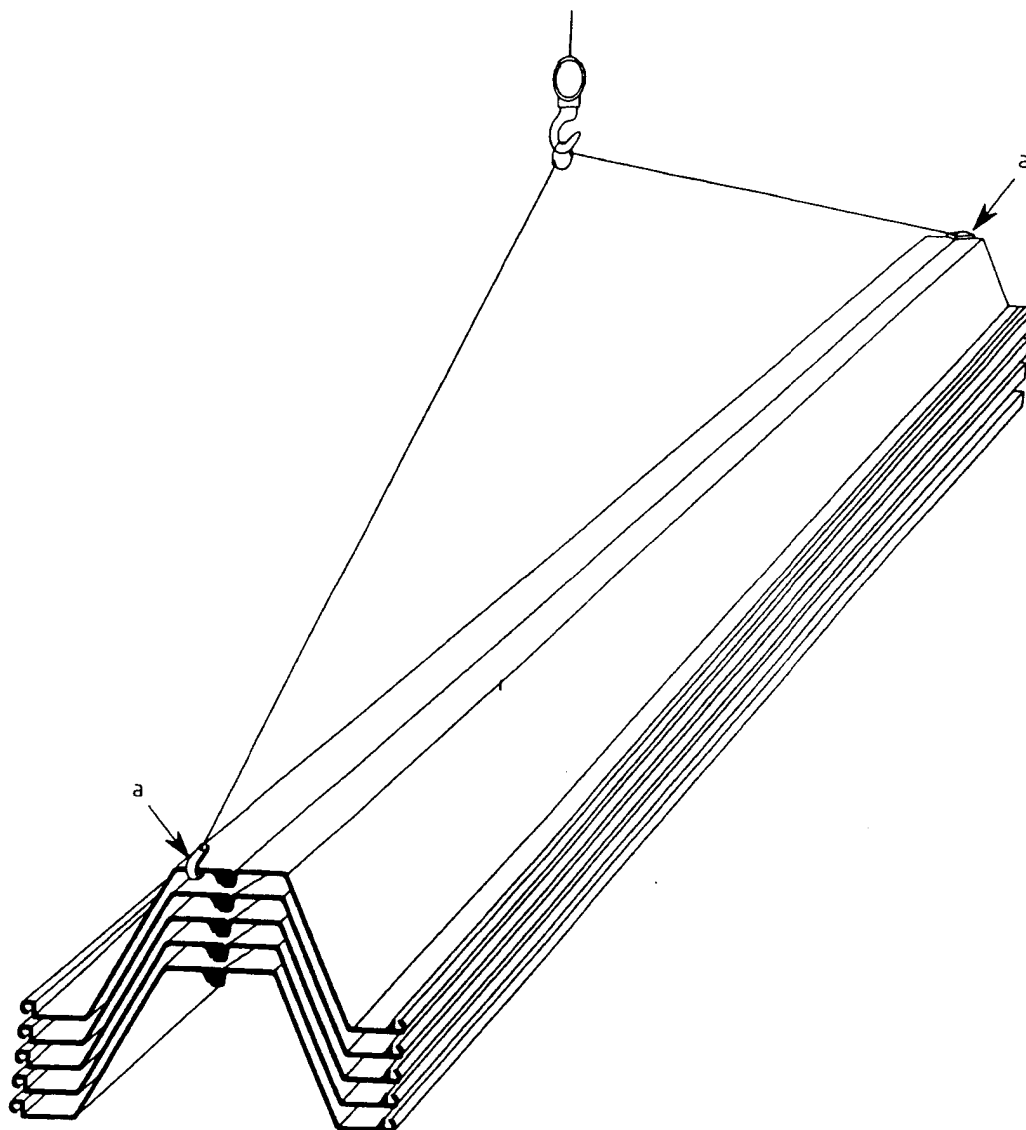
Leyenda

A = sin pintar B = pintado
a embalaje de apoyo b espaciador c protector

Cuando el izado se haga con ayuda de elementos no metálicos no será necesario dotar de ninguna protección a las juntas.

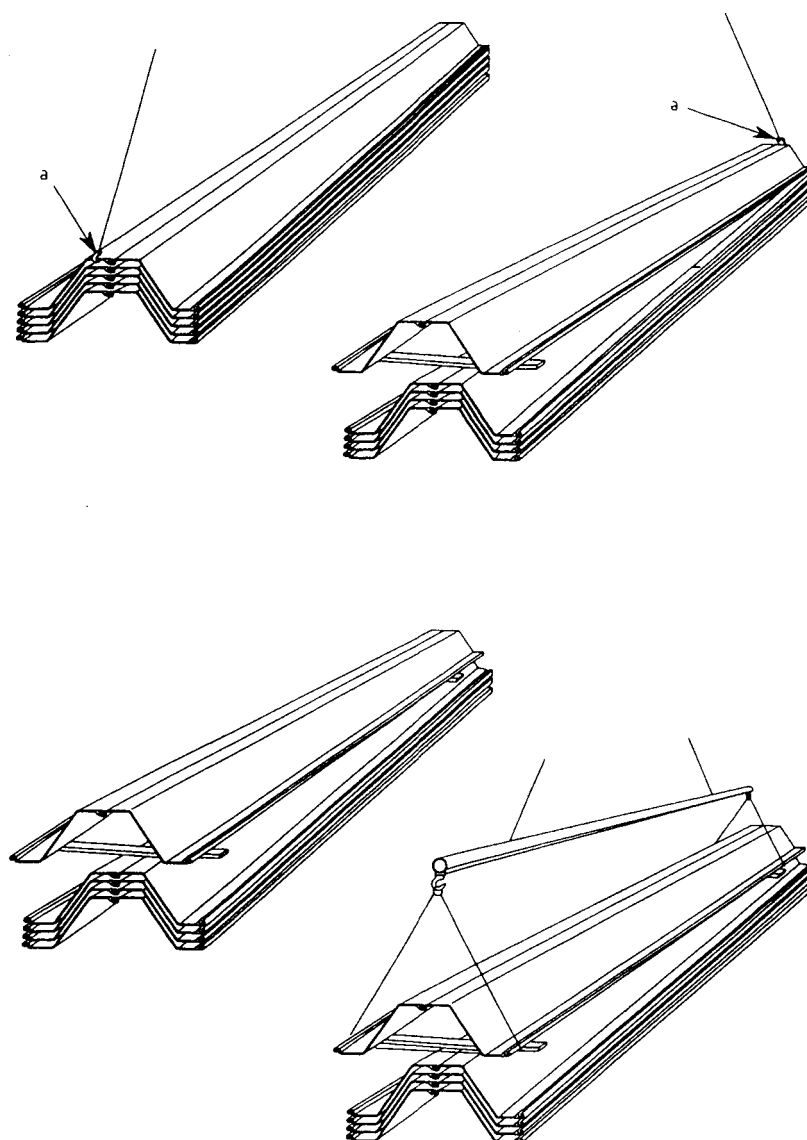
En caso de manipulación con cadenas o cinchas de acero se utilizarán protectores para evitar el deterioro de las juntas.

Fig. A.1 – Manipulación de tablestacas en obra

**Leyenda**

a gancho de izado

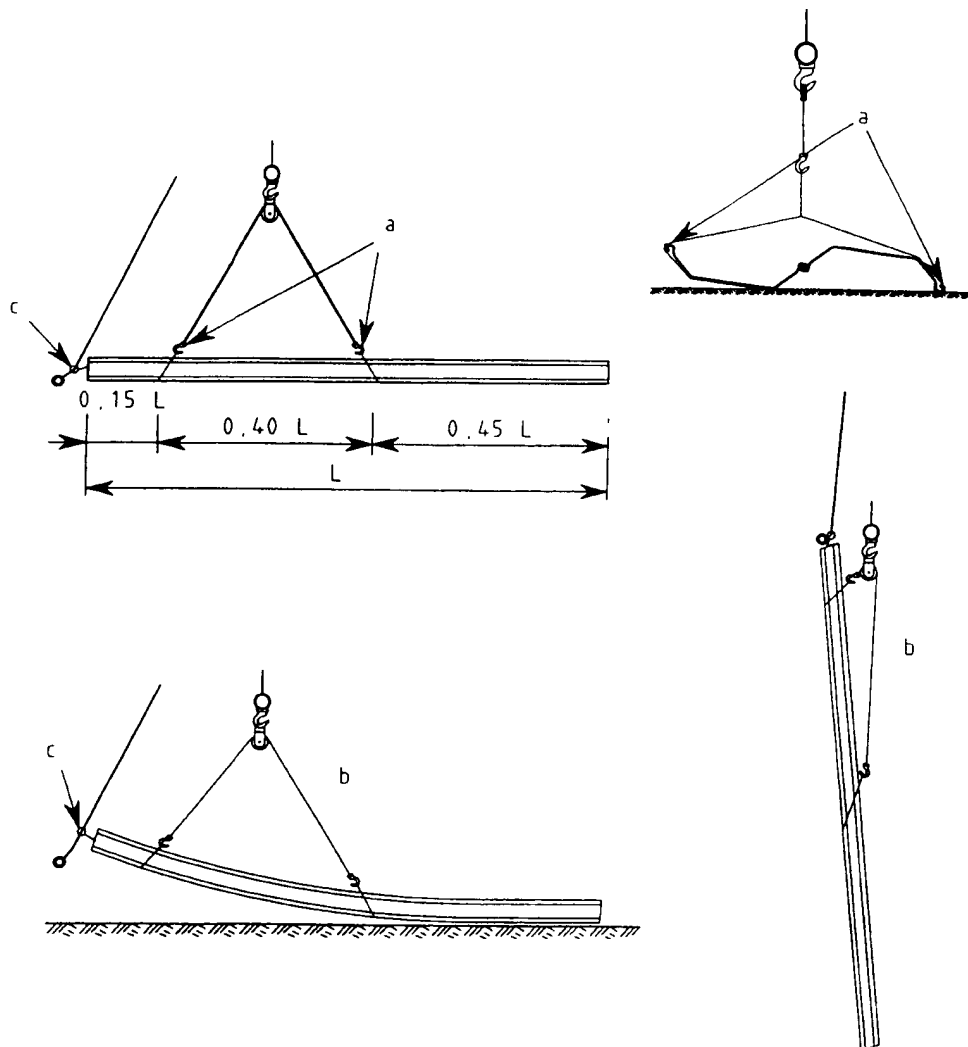
Fig. A.2 – Izado de tablestacas sin ayuda de viga



Leyenda

a gancho de izado

Fig. A.3 – Izado de tablestacas con ayuda de una viga



Leyenda

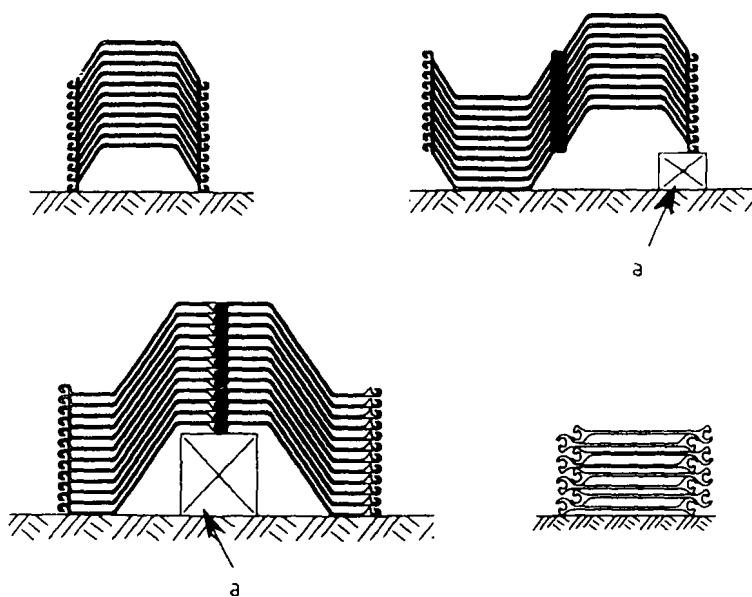
a puntos de apoyo b operación de izado c atado en el agujero de manipulación

Se necesitan dos cables de izado.

Fig. A.4 – Procedimiento para izar tablestacas largas de módulo de sección bajo

A.3 Almacenamiento

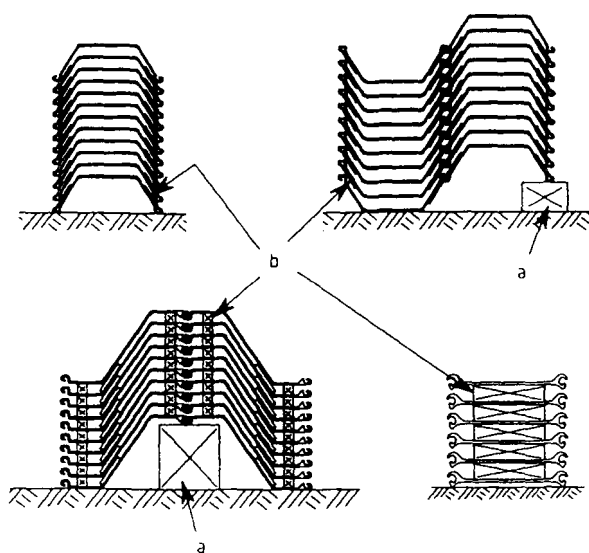
Las figuras A.5 y A.6 dan ejemplos de cómo apilar tablestacas en la zona de almacenamiento. Si la superficie del suelo de la zona de almacenamiento no está nivelada ni es firme, conviene sujetar adecuadamente las pilas sobre durmientes de madera o dispositivos similares con el fin de minimizar la flexión.



Leyenda

a embalaje de apoyo

Fig. A.5 – Almacenamiento de tablestacas sin pintura de protección



Leyenda

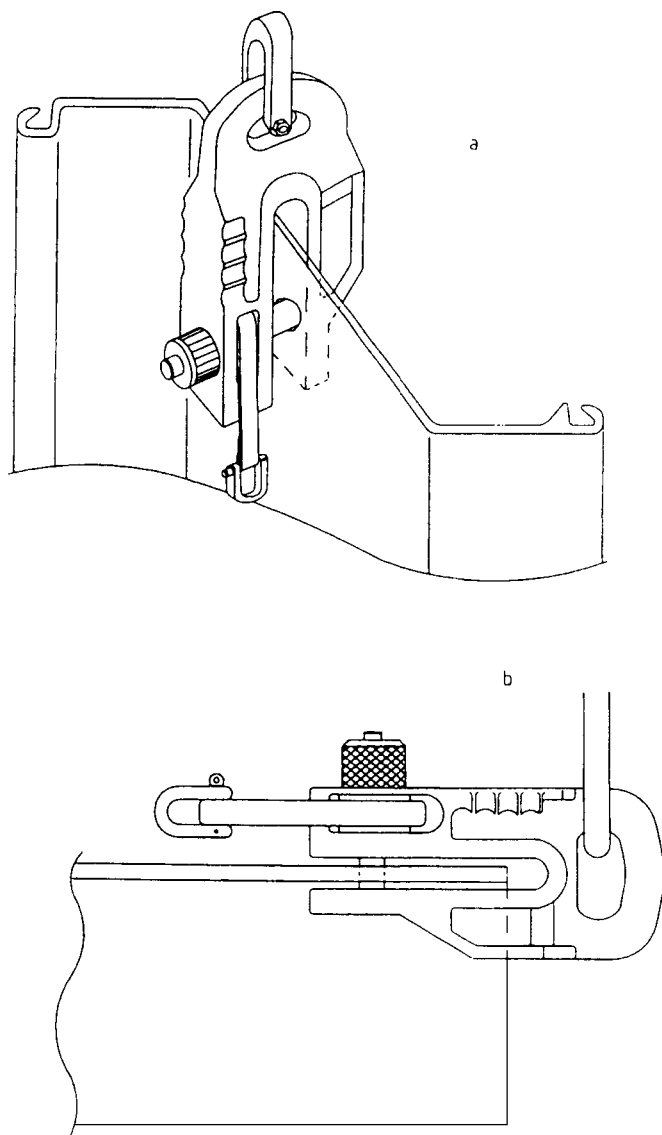
a embalaje de apoyo

b espaciadores

Fig. A.6 – Almacenamiento de tablestacas pintadas

A.4 Dispositivos especiales

La figura A.7 da un ejemplo de cómo usar una pinza de elevación para izar una tablestaca de una pila. La figura A.8 de cómo usar un dispositivo de enhebrar tablestacas para colocar una tablestaca en la junta de la tablestaca colocada anteriormente a gran altura en la hinca de módulos. Este procedimiento evita la necesidad de tener un hombre en lo alto del módulo para colocar la tablestaca.

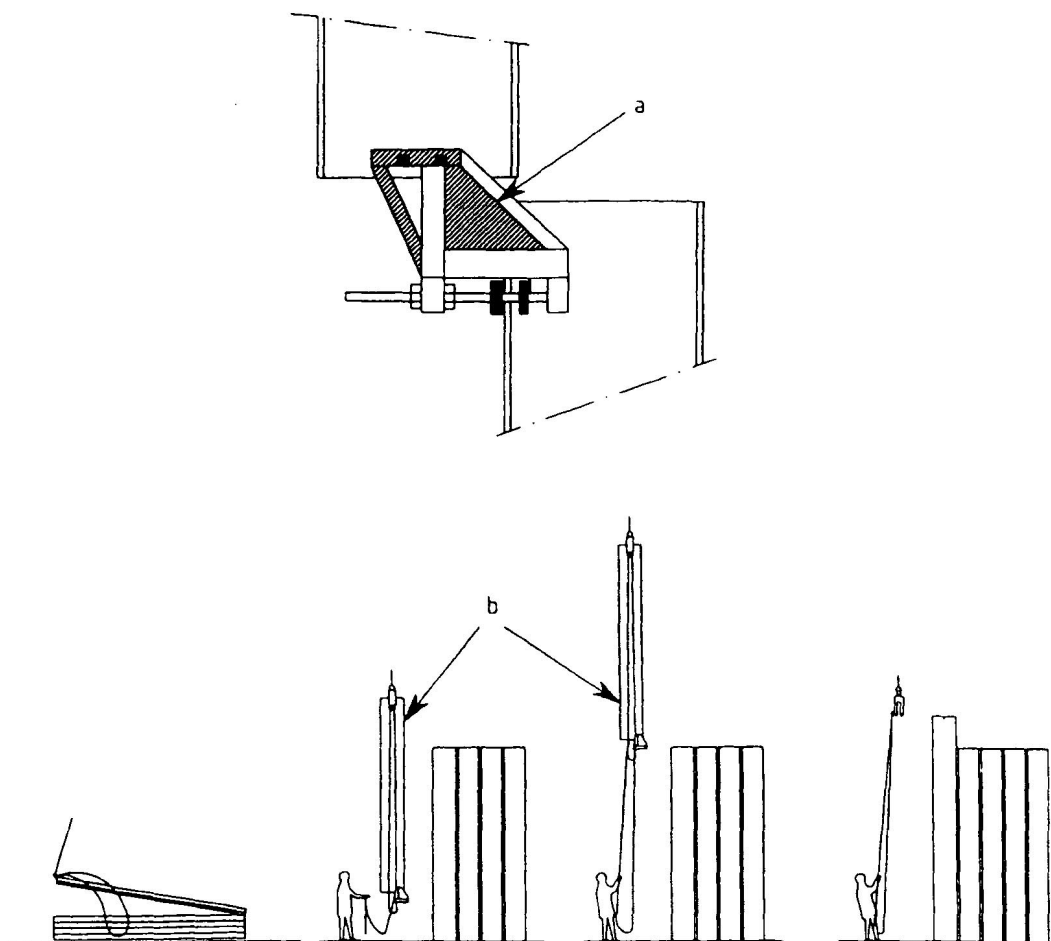


Leyenda

a izado según el eje

b Izado con un ángulo de 90° con respecto al eje de la tablestaca

Fig. A.7 – Ejemplo del uso de una pinza de elevación para izar una tablestaca de una pila



Leyenda

a dispositivo de enhebrar b proceso de formar un módulo

Fig. A.8 – Ejemplo del uso de un dispositivo de enhebrar para formar un módulo de tablestacas antes de proceder a la hincia

ANEXO B (Informativo)**SOLDADURA DE TABLESTACAS****B.1 Generalidades**

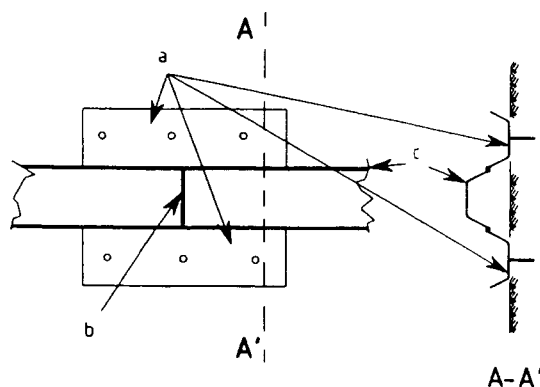
La soldadura se empleará con frecuencia en la obra para unir elementos de acero durante la ejecución de un tablestacado.

En este anexo se da información relacionada con los puntos importantes siguientes:

- soldadura a tope de piezas múltiples;
- refuerzos con chapas o platabandas;
- tablestacas de encuentro para unir una parte del tablestacado con el tablestacado principal;
- tablestacas especiales de esquina;
- tablestacas de encuentro planas;
- tablestacas en cajón;
- soldaduras de sellado.

B.2 Soldadura a tope de piezas múltiples

La preparación de las juntas normales a tope se harán de acuerdo con el apartado 8.4.

**Leyenda**

- a tablestacas de guía fijadas al terreno
- b soldadura a tope
- d piezas a soldar

Fig. B.1 – Disposición general y detalles de una plantilla de guía para soldadura a tope

Las tolerancias de fabricación significan que las tablestacas de la misma medida de sección pueden tener varios milímetros de diferencia en ancho y alto. Hay que tener cuidado para asegurar que las juntas están alineados en las juntas. El alineamiento puede conseguirse mediante la construcción de una plantilla en la que los extremos de las tablestacas a soldar pueden introducirse antes de soldar. Debe también disponerse de la superficie de replanteo con apoyos que aseguren la rectitud total de la tablestaca resultante. En la figura B.1 se muestra la disposición general y el detalle de una plantilla para soldadura a tope.

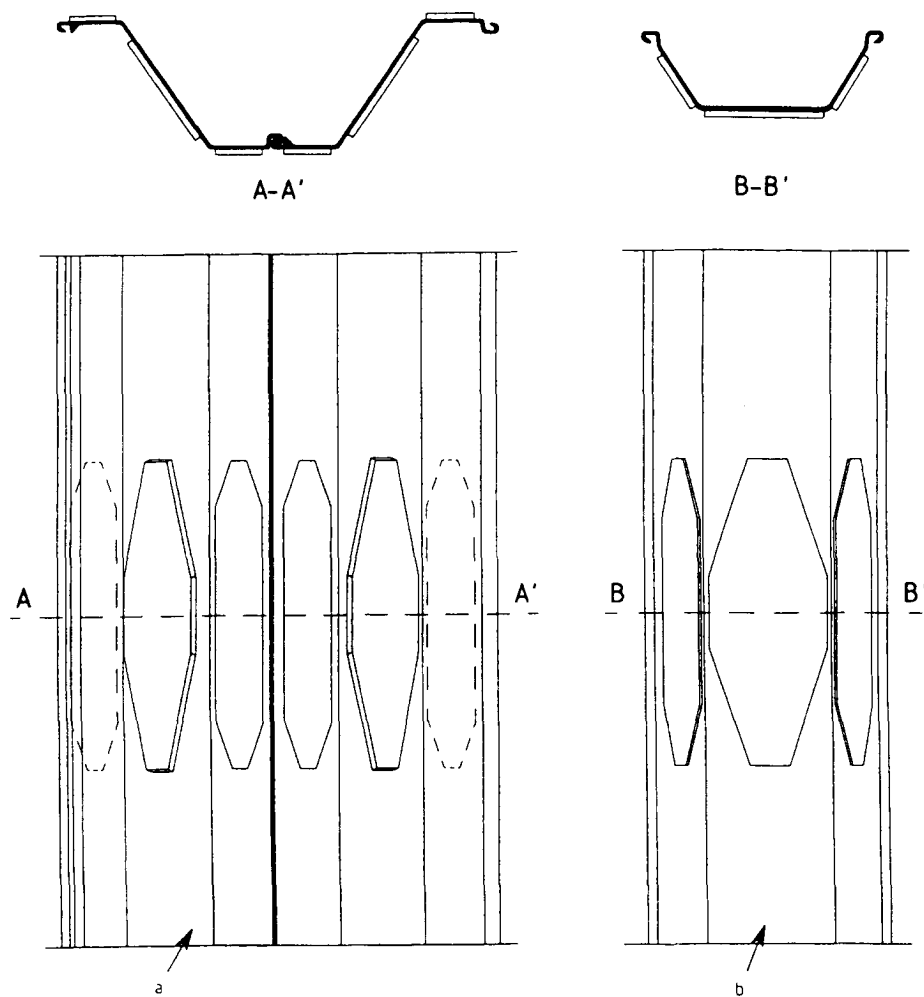
Las soldaduras son completas en todo el ancho de la tablestaca excepto en las juntas. La tablestaca se saca entonces de la plantilla de forma que las soldaduras puedan rematarse. Es importante evitar que metal de soldadura se deposite en las caras interiores de las juntas. Esto se debe comprobar cuidadosamente antes de usar las tablestacas.

B.3 Soldadura de piezas múltiples mediante refuerzo con chapas

Cuando el ensamblado se lleva a cabo mediante chapas, que son soldadas a los extremos de ambas tablestacas, es importante asegurarse que las fuerzas transmitidas son distribuidas lo más homogéneamente posible por la sección de las tablestacas.

La figura B.2 muestra dos ejemplos para reforzar una tablestaca en Z doble y una tablestaca en U sencilla. La utilización de chapas en cuña reduce el riesgo de fisuración con aristas vivas por concentración de tensiones.

Las chapas cubrejuntas deben soldarse alrededor de todo el perímetro. Es necesario comprobar que esto se lleva a cabo de acuerdo con los requisitos del apartado 8.4.

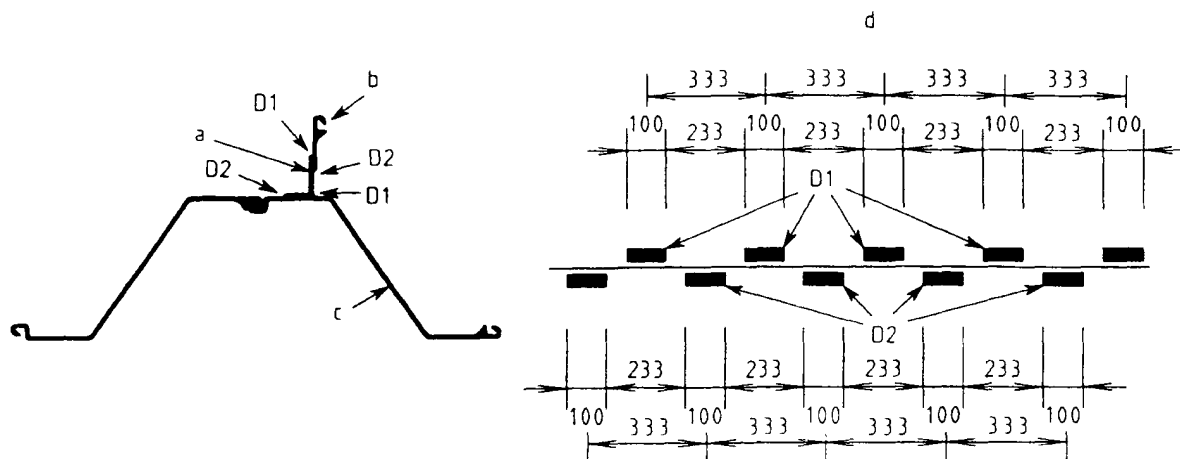
**Leyenda****A** tablestaca en Z doble unida con chapas**b** tablestaca en U sencilla unida con chapas**Fig. B.2 – Unión de tablestacas utilizando chapas**

B.4 Tablestacas de encuentro (en U y en Z) para unir un elemento del tablestacado con el tablestacado principal

B.4.1 Generalidades

La figura B.3 muestra una tablestaca de encuentro consistente en una tablestaca en Z doble con una tablestaca hecha con recortes.

La pieza en ángulo insertada que muestra la figura puede eventualmente omitirse.



Leyenda

D1, D2	soldaduras	
a	angular	b pieza de enganche de recorte
c	tablestaca en Z doble	d secuencias para la soldadura

Fig. B.3 – Ejemplo de unión entre una tablestaca en Z doble con una tablestaca hecha con recortes

B.4.2 Tipo de soldadura

Las soldaduras D1 y D2 son cordones de soldadura discontinuos con un espesor efectivo a_{eff} entre 5 mm y 6 mm, siendo su longitud total el 30% de la longitud de la tablestaca, lo que representa 3 cordones de soldadura de 100 mm cada uno por metro.

Cuando exista una posibilidad de corrosión grave, puede que sea necesario un cordón de soldadura continuo de sellado entre los cordones discontinuos.

B.4.3 Montaje y procedimiento de soldadura en las tablestacas de encuentro

- se prepara y endereza la pieza de enganche de recorte;
- se ensambla la pieza de enganche y el angular en soportes horizontales;
- se suelda por puntos a todo lo largo;
- se realizan los cordones de soldadura definitivos (100 mm de largo) comenzando por el centro del conjunto (en un tramo de 1 m) y colocando finalmente los cordones de soldadura definitivos en ambos extremos del conjunto en un tramo de 1 m;
- se realizan los cordones de soldadura definitivos (100 mm de largo) en los tramos intermedios del conjunto con un procedimiento hacia atrás, empezando por el centro y desplazándose hacia los extremos;
- las soldaduras D1 y D2 se realizan al tresbolillo como se indica en la figura B.3;
- si la pieza de enganche de recorte se deforma durante la soldadura, se debe enderezar antes de seguir las operaciones con un soplete o con una prensa;

- se ensambla la pieza formada por el angular y la pieza de enganche de recorte y la tablestaca sobre soportes horizontales. Generalmente la sección soldada no llega hasta la cabeza de la tablestaca especial para permitir que para la hincia se use un sombrerete o pinzas;
- se suelda por puntos a todo lo largo;
- se realizan los cordones de soldadura definitivos (100 mm de largo) comenzando por el centro del conjunto (en un tramo de 1 m) y realizando finalmente los cordones de soldadura definitivos en ambos extremos del conjunto en un tramo de 1 m;
- se realizan los cordones de soldadura definitivos (100 mm de largo) en los tramos intermedios del conjunto con un procedimiento hacia atrás, empezando por el centro y desplazándose hacia los extremos de la tablestaca;
- las soldaduras D1 y D2 se realizan al tresbolillo como se indica en la figura B.3;
- si la tablestaca se deforma durante la soldadura, se debe enderezar con un soplete o con una prensa.

B.4.4 Materiales de aportación para soldar

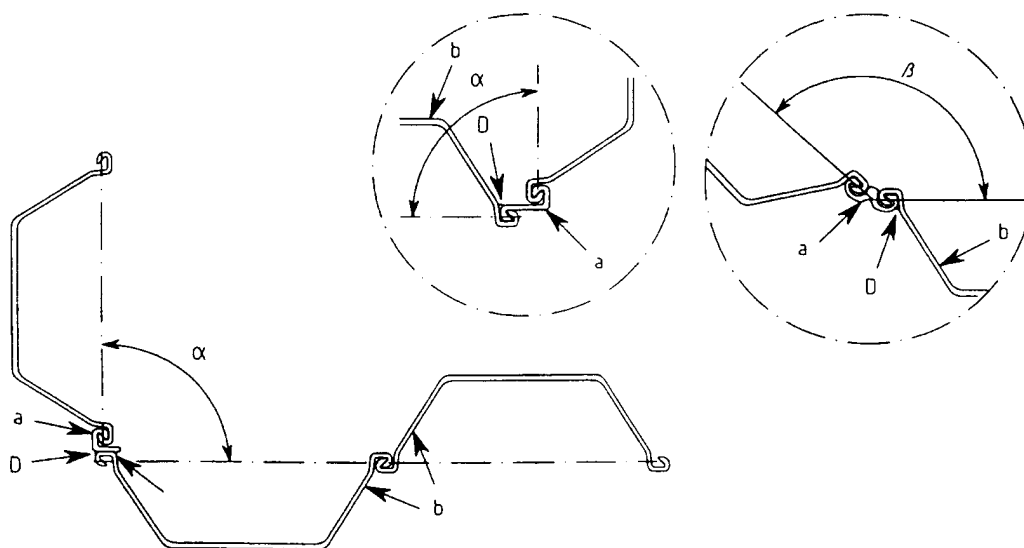
En el apartado 8.4 se dan las características de los materiales seleccionados.

Como guía para la soldadura con arco metálico en atmósfera protectora y soldadura por arco sumergido vánese las tablas B.1 y B.2.

B.5 Tablestacas especiales de esquina

B.5.1 Generalidades

La figura B.4 muestra ejemplos de la construcción de tablestacas especiales de esquina mediante la soldadura de un conector prefabricado a la tablestaca.



Leyenda

- α ángulo de $\pm 90^\circ$
- β ángulo de entre 90° y 135°
- a conector prefabricado
- b tablestaca de esquina especial (sencilla o doble)
- D soldadura

Fig. B.4 – Ejemplos de tablestaca de esquina con conector prefabricado con juntas y soldado

B.5.2 Tipo de soldadura

Soldadura D: cordón de soldadura discontinuo con un espesor efectivo a_{eff} entre 5 mm y 6 mm. Longitud total del cordón discontinuo del 30% de la longitud de la tablestaca, lo que representa 3 cordones de soldadura de 100 mm cada uno por metro de tablestaca.

Cuando exista una posibilidad de corrosión grave, puede que sea necesario un cordón de soldadura continuo de sellado entre los cordones discontinuos.

B.5.3 Montaje y procedimiento de soldadura en las tablestacas de esquina

- se ensambla el conector prefabricado y la tablestaca sobre unos soportes horizontales. Generalmente se suelda sin llegar a la cabeza de la tablestaca para permitir que para la hincas se utilice un sombrerete o pinzas;
- se coloca el conector en el ángulo apropiado (los ángulos posibles son 90° y desde 90° hasta 135°);
- se suelda por puntos a todo lo largo;
- se realizan las soldaduras definitivas de acuerdo con el procedimiento descrito para la tablestaca de encuentro.

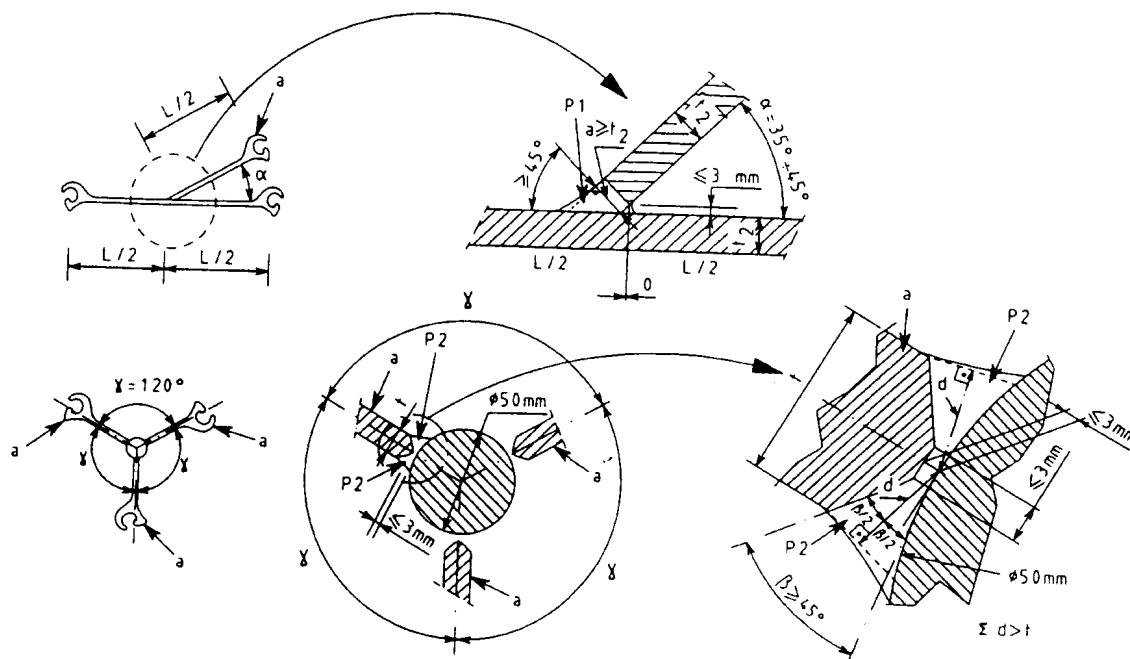
B.5.4 Materiales de aportación para soldar

Como para tablestacas de encuentro (de acuerdo con el capítulo B.4).

B.6 Tablestacas planas de encuentro

B.6.1 Generalidades

La fabricación de tablestacas de encuentro planas se lleva a cabo por soldadura, por conectores especiales o por atornillado. Las figuras B.5 y B.6 muestran ejemplos de la fabricación por soldadura y por conectores especiales.



Leyenda

P1, P2 Soldaduras
a Recorte de tablestaca

Fig. B.5 – Enlaces con tablestacas planas: ejemplo de preparación del encuentro y soldaduras

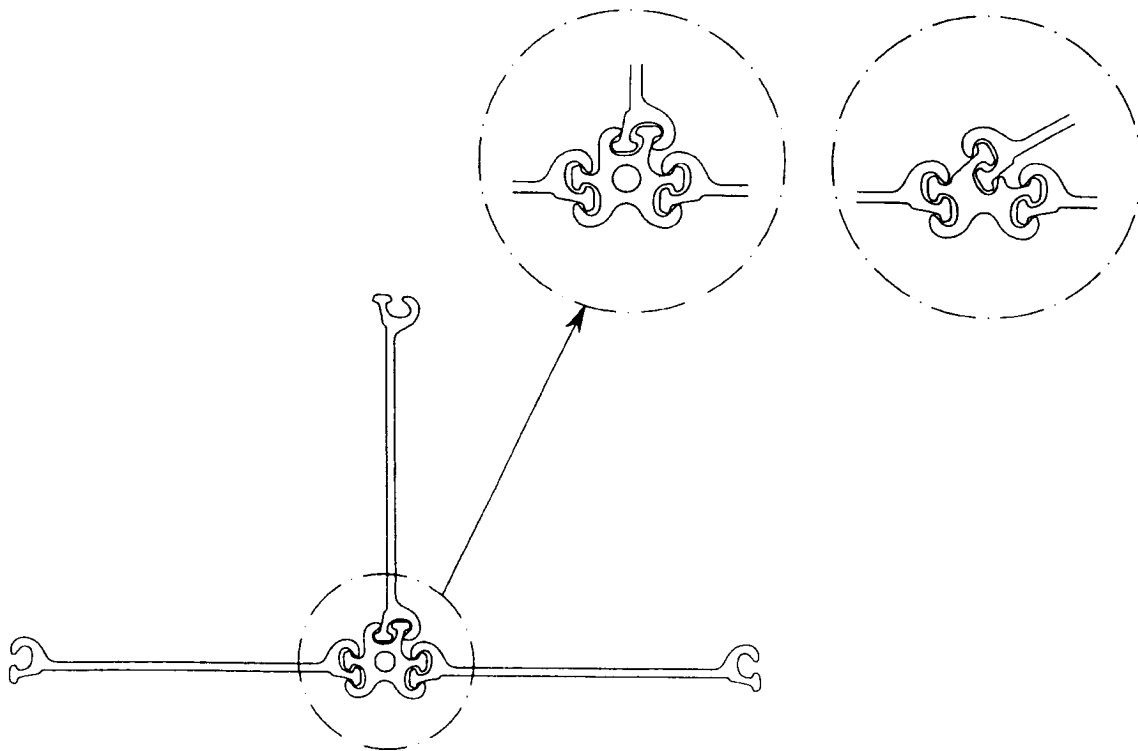


Fig. B.6 – Enlaces con tablestacas planas: ejemplo de conectores especiales

B.6.2 Tipo de soldadura en tablestacas planas de enlace

La soldadura es continua con un espesor efectivo que se indica en la figura B.5.

B.6.3 Montaje y procedimiento de soldadura en tablestacas planas de enlace

El procedimiento de ejecución es el siguiente (véase la figura B.5):

- se preparan y enderezan bien una o las tres piezas de recorte de tablestaca;
- normalmente el ancho de las piezas de recorte es la mitad del de la tablestaca completa;
- cuando sea necesario biselar las piezas de recortes;
- se ensamblan las piezas de recorte y la tablestaca completa o la barra redonda sobre soportes horizontales. El ángulo de conexión α está normalmente comprendido entre 35° y 45° , el ángulo γ de 120° ;
- se sueldan por puntos las piezas de recorte a todo lo largo de la tablestaca o de la barra redonda;
- soldadura P1: se suelda primero en ambos extremos, después en el centro de la tablestaca de encuentro (en un tramo de alrededor de 1 000 mm). A continuación comenzar la soldadura intermedia P1 por el centro y desplazarse con el método del paso hacia atrás hacia los extremos de la tablestaca (longitud de cada pasada de 1 000 mm);
- soldadura P2: soldar cada una de las piezas de recorte en toda su longitud por un lado y después en toda su longitud por el otro lado;
- si la tablestaca de encuentro se deforma durante la soldadura, enderezarla con un soplete o con una prensa.

B.6.4 Materiales de aportación para soldar

De acuerdo con el apartado B.4.4 (tablestacas para encuentros)

B.7 Tablestacas en cajón

B.7.1 Generalidades

La figura B.8 muestra un ejemplo de una tablestaca en cajón hecha con dos tablestacas tipo U.

B.7.2 Tipo de soldadura

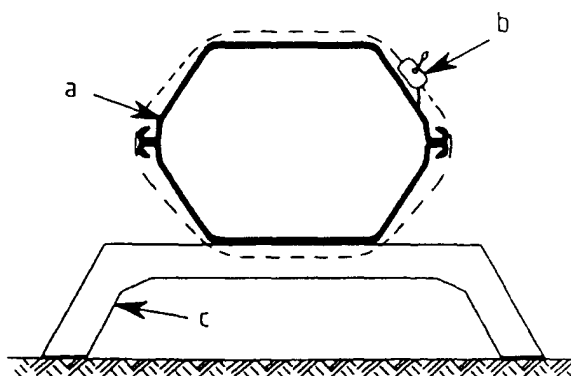
Soldadura 'C': cordón de soldadura externo continuo con un espesor efectivo de acuerdo con el proyecto ($9 \text{ mm} \geq a_{\text{eff}} \geq 5 \text{ mm}$, en función del espesor de la tablestaca).

Soldadura 'R': soldadura longitudinal interna con un espesor efectivo de $a_{\text{eff}} \geq 5 \text{ mm}$ normalmente en un tramo de 500 mm en los dos extremos de la tablestaca en cajón.

B.7.3 Montaje y procedimiento de soldadura en tablestacas en cajón

Las etapas para el montaje y soldadura son las siguientes:

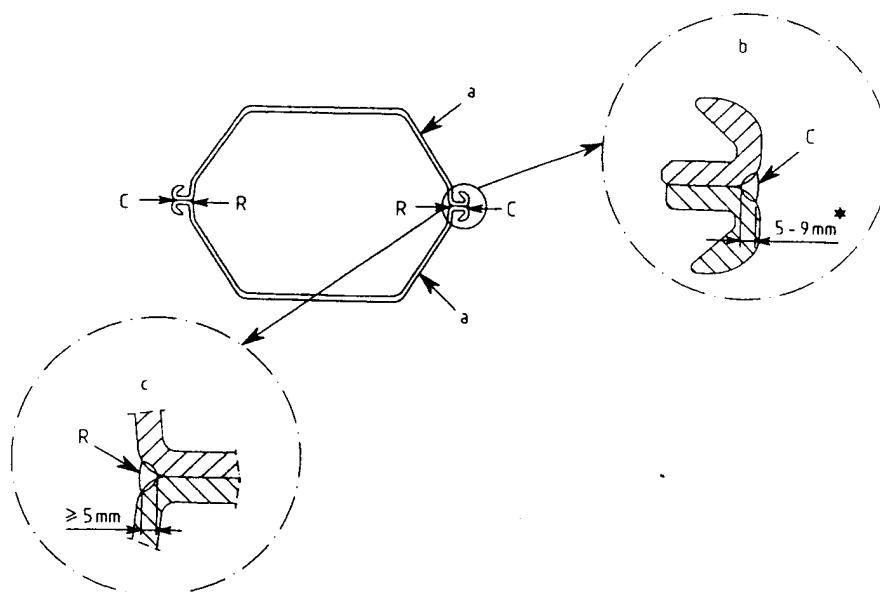
- se montan las dos tablestacas sobre soportes horizontales;
- se ajustan las diferencias en ancho de las tablestacas con llave de cadena o por otros medios (véase la figura B.7);
- se sueldan por puntos a todo lo largo;
- se realizan soldaduras 'R' en ambos extremos de la tablestaca en cajón (véase la figura B.8);
- se realizan soldaduras 'C' a lo largo de aproximadamente 1 000 mm, primero en cada extremo, después en el centro de las tablestacas en cajón (véase la figura B.8);
- se termina la soldadura 'C' por el método del paso atrás desde el centro hacia los extremos de la tablestaca en cajón (longitud de cada pasada de alrededor de 1 000 mm);
- si la tablestaca en cajón se deforma durante la soldadura, debe enderezarse con un soplete o con una prensa.



Leyenda

- a tablestaca de cajón en U b llave de cadena c soporte para el montaje

Fig. B.7 – Ejemplo de un equipo normal de montaje para tablestacas en cajón en U



Leyenda

- * de acuerdo con el proyecto
- a tablestaca simple
- b detalle de soldadura tipo 'C'
- c detalle de la soldadura tipo 'R' (longitud: normalmente 500 mm en cabeza y punta)

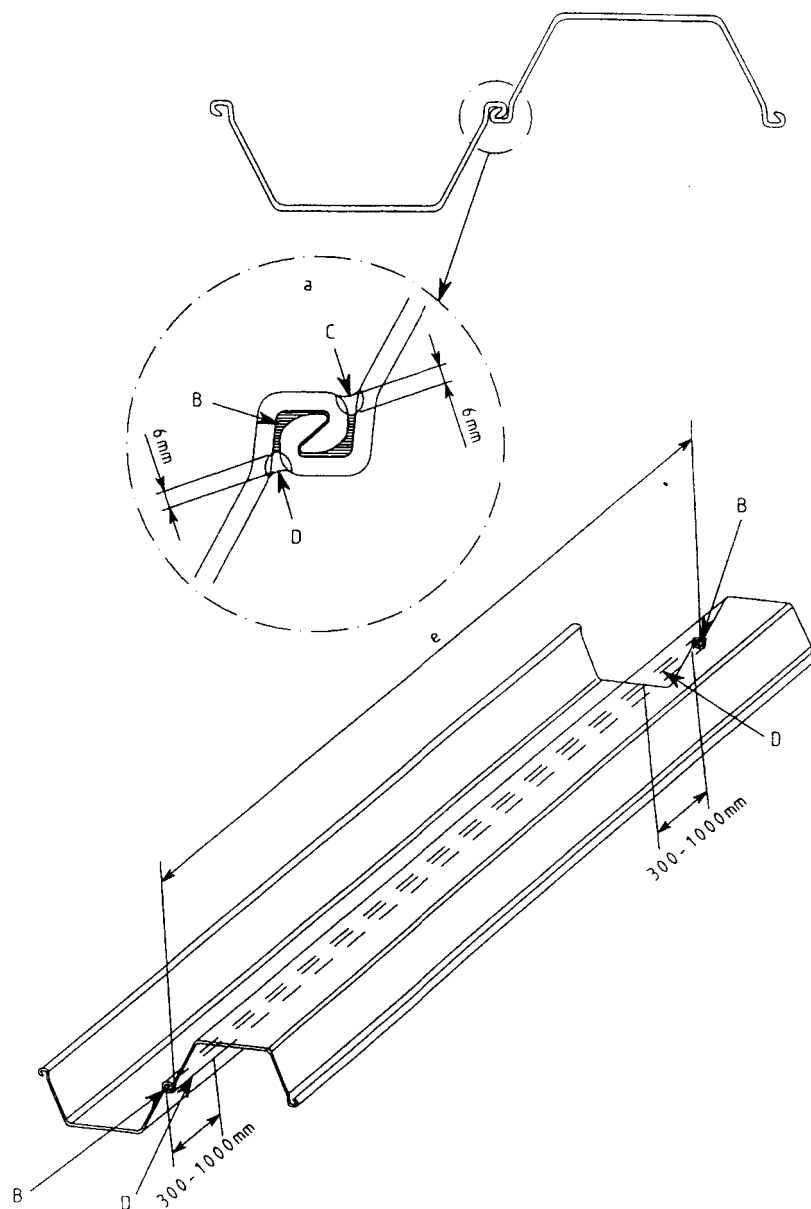
Fig. B.8 – Tablestacas en cajón con juntas contiguas

B.7.4 Metales de aportación para soldar

Como para las tablestacas para encuentros de acuerdo con el apartado B.4.4.

B.8 Soldaduras de sellado

La figura B.9 muestra un ejemplo de sellado por soldadura.



Leyenda

- a lado de la excavación
- B soldaduras en las testas de ambos extremos de la junta "de laberinto" entre tablestacas
- C soldadura principal
- D soldadura por el reverso
- e longitud de la soldadura principal = el largo de la tablestaca

Fig. B.9 – Ejemplo de soldaduras de sellado en tablestacas en U

Tabla B.1
Metal de aportación recomendado para soldadura por arco metálico en atmósfera protectora

Grado de acero laminado en caliente EN 10248-1:1995	Grado de acero conformado en frío EN 10249-1:1995	Grado de acero para tubos de elementos principales EN 10219-1:1997, tablas A.1, B.1 y B.2	EN 440:1994
S240GP S270GP S320GP S355GP S390GP S430GP	S235JRC S275JRC S355JOC	S235xxx S275xxx — S355xxx — S420xxx S460xxx	G2Si G2Si G2Si G2Si G3Si1 G3Si1 G3Si1

Tabla B.2
Metal de aportación recomendado para soldadura por arco sumergido

Grado de acero laminado en caliente EN 10248-1:1995	Grado de acero conformado en frío EN 10249-1:1995	Grado de acero para tubos de elementos principales EN 10219-1:1997, tablas A.1, B.1 y B.2	EN 756:1995
S240GP S270GP S320GP S355GP S390GP S430GP	S235JRC S275JRC S355JOC	S235xxx S275xxx S355xxx S420xxx S460xxx	S1 S1 S2 S2Si S4 S2Ni 1

Tabla B.3
Temperatura de precalentamiento para la soldadura de tablestacas (en °C)

Grados de acero de acuerdo con EN 10248-1:1995 y EN 10249-1:1995	S240GP S270GP S235JRC S275JRC	S230GP S355GP S355JOC		S390GP S430GP	
EN 10219-1:1997	S235xxx S275xxx	S355xxx		S420xxx S460xxx	
Energía de soldadura	≥ 15 kJ/cm < 25 kJ/cm	15 kJ/cm	25 kJ/cm	15 kJ/cm	25 kJ/cm
Espesor del producto (mm)					
8	5	5	5	5	5
10	5	5	5	5	5
12	5	5	5	5	5
14	5	5	5	50	5
16	5	5	5	90	5
18	5	30	5	110	5
20	5	60	5	130	5
22	5	85	5	150	30
24	5	100	5	155	55
26	5	110	5	160	75
28	5	120	5	165	90
30	5	130	5	170	95

ANEXO C (Informativo)

HINCA DE TABLESTACAS

Las tablestacas se colocan en el terreno mediante uno o una combinación de los siguientes métodos:

- impacto;
- vibración;
- presión.

La vibración es en muchas circunstancias el método más eficiente. En combinación con una guía directora es también un método muy preciso de hincar tablestacas hasta la profundidad requerida. Sin embargo, si hay que hincar a través de arenas muy densas y gravas por encima del nivel freático o capas de arcilla dura, el método por vibración parece poco efectivo. En estos casos se necesitan bien ayuda para la hinca o hinca por impacto. Cuando se presentan obstáculos y no pueden quitarse, los mejores métodos para utilizar son bien la perforación previa o la hinca cuidadosa por impacto.

Generalmente, la hinca con un vibrador causa un mayor nivel de vibración en los terrenos de alrededor que la hinca por impacto. Vibradores de alta frecuencia, si la excentricidad de la masa rotante puede variarse desde las fases de comienzo hasta la de parada del proceso de hinca, pueden reducir considerablemente en los terrenos de alrededor las vibraciones adversas del proceso.

La hinca por vibración reduce generalmente la tendencia de las tablestacas a inclinarse durante la hinca si se compara con la de por impacto. La causa principal de la inclinación longitudinal es la fricción en la junta entre la tablestaca que se está hincando y la contigua. Esta fricción causa una excentricidad de la fuerza que actúa sobre la tablestaca que no puede normalmente corregirse adecuadamente moviendo el centro de impacto del martillo. Reducir la fricción en la junta libre es normalmente una mejor alternativa. La reducción de la fricción puede conseguirse por diversos medios tales como lubricantes o bien teniendo el espacio de la junta de la tablestaca ya hincada lleno de bentonita o cemento-bentonita durante el proceso de hinca (véanse también los apartados 8.5.7 y 8.5.8). También se puede evitar la entrada de suelo en la junta cerrando la junta en la punta de la tablestaca.

Las vibraciones procedentes de martillos de impacto o vibradores son normalmente considerables y pueden viajar a lo largo de distancias relativamente grandes. Las cimentaciones que se encuentran sometidas a vibraciones tomarán parte de estas vibraciones y las transferirán a los distintos elementos soportados por la estructura. Como consecuencia, se pueden causar daños a edificios sensibles cerca de la fuente de vibraciones. Hace falta tener cuidado especial si tales estructuras están cimentadas en arena suelta, especialmente si está saturada, al estar sometidas a asientos bruscos debidos a las vibraciones del suelo.

Si el ruido y las vibraciones son un problema, hincar las tablestacas por presión puede ser una solución. Normalmente la presión es efectiva en suelos cohesivos. En condiciones de suelo difíciles el barrenado previo y algunas veces el empleo de lanza de agua pueden ser efectivos para ayudar a la tablestaca a alcanzar la profundidad requerida.

Se dispone de varios equipos de hinca de tablestacas adecuados para su instalación. Los tipos más comunes son:

- martillos de caída libre;
- martillos diesel;
- martillos hidráulicos;
- martillos de aire comprimido;
- vibradores de alta y baja frecuencia;
- vibradores de alta frecuencia con excentricidad variable de la masa rotante;
- vibradores de alta frecuencia con fases de arranque y parada libre, de excentricidad y resonancia continuamente variables;
- sistemas de presión.

Las especificaciones de estos dispositivos pueden encontrarse en guías y manuales del fabricante.

El análisis teórico (por ejemplo, las ecuaciones de las ondas) de las condiciones de hinca puede ayudar a seleccionar el equipo de hinca.

ANEXO D (Informativo)**EJECUCIÓN Y AYUDA A LA HINCA****D.1 Método de hincia**

En el sistema de "colocar e hincar" la tablestaca, sencilla o doble, se hincia hasta su profundidad total antes de colocar la siguiente. Este procedimiento sencillo tiene la ventaja de que la cabeza de la tablestaca solo tiene que ser izada sobre la superficie del terreno hasta una altura equivalente a su longitud. Aún más, puede ser fácilmente introducida de forma manual en la junta de la tablestaca que ya ha sido hincada.

En el caso de arenas densas, suelos cohesivos duros y en suelos que contienen obstrucciones, el método de "colocar e hincar" puede causar problemas de desenhebrado en la junta directora libre y en ocasiones a grandes desviaciones sobre la posición requerida.

La "hincia por paneles" y la "hincia alternativa por paneles" permiten un mejor control de la posición de las tablestacas a lo largo del tablestacado. Al mismo tiempo el riesgo de desenhebrado es menor.

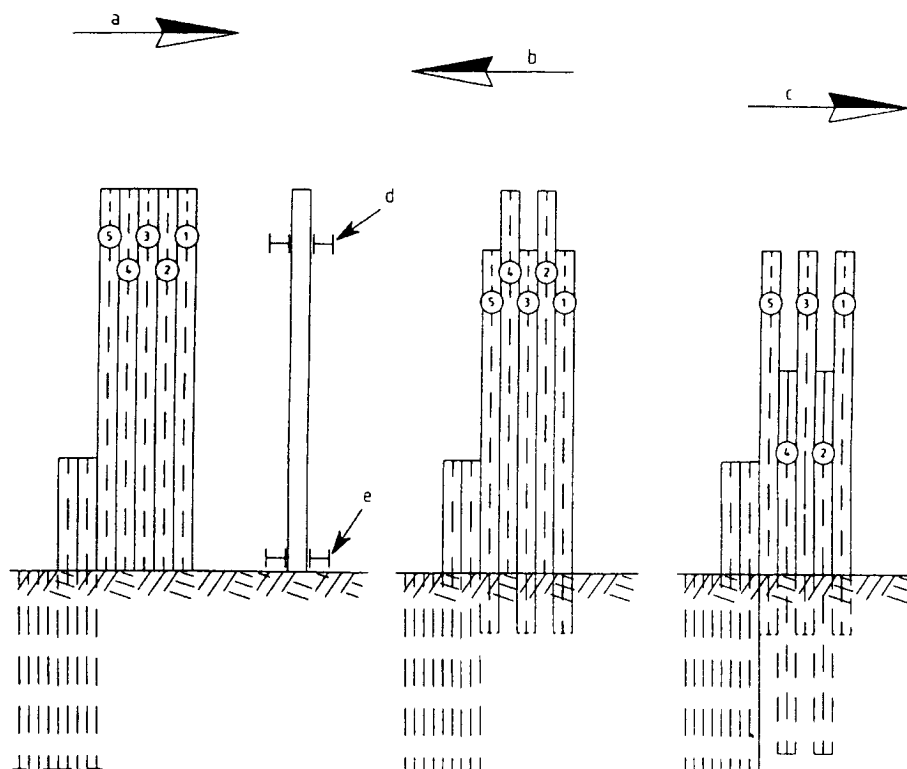
Dado que se coloca un panel completo no es necesario hincar todas las tablestacas hasta su total profundidad para seguir con las operaciones de hincia. Si aparecieran obstrucciones, las tablestacas afectadas pueden permanecer arriba sin interrumpir el proceso de colocación.

La "hincia alternativa" es una forma particular de la "hincia por paneles" que puede ser utilizada cuando se encuentran condiciones de terreno difíciles. Las tablestacas de un panel se hincan según la secuencia indicada en la figura D.1.

La desventaja del método de "hincia por paneles" está en que para enganchar las piezas hay que izar las tablestacas hasta dos veces su longitud.

La hincia de los elementos principales de un tablestacado compuesto ocasiona compactación local del terreno. Esto puede crear problemas al hincar los elementos principales contiguos y conviene por lo tanto tener esto en cuenta a la hora de seleccionar el orden de hincia.

Para reducir las posibilidades de desenhebrado, los elementos principales de un tablestacado compuesto se hincan, con la secuencia prevista, hasta la profundidad de proyecto de los elementos secundarios. Después de haber hecho esto de forma satisfactoria, los elementos secundarios ya pueden colocarse e hincarse. A continuación los elementos principales se hincan hasta su profundidad total.



Leyenda

- | | | | |
|---|--------------------------------------------|---|------------------------------|
| a | dirección de colocación de las tablestacas | b | dirección de hincado (1,3,5) |
| c | dirección de hincado (4,2) | d | guía superior |
| | | e | guía inferior |

Fig. D.1 – Ejemplo de hincado alternativo de tablestacas

D.2 Ayuda a la hincado

A menudo es necesario disgregar capas de arenas muy densas.

Los métodos normalmente utilizados son:

- lanza de agua a baja presión con volúmenes de agua reducidos:
 - presión: entre 1,5 MPa y 2,0 MPa;
 - caudal: entre 2 l/s y 4 l/s por tubo;
 - diámetro de los tubos: 25 mm aproximadamente;
 - número de tubos: entre 1 y 2 por tablestaca;
 Los tubos se sueldan a las tablestacas y se dejan en el sitio.

- chorro de agua a alta presión:
 - presión: entre 25 MPa y 50 MPa (a la salida de la bomba);
 - caudal: entre 1 l/s y 2 l/s;
 - diámetro del tubo: entre 20 mm y 30 mm;
 - diámetro de la boquilla: entre 1,5 y 3,0 mm;

- con perforación previa, con o sin cemento-bentonita;

- con explosivos en casos especiales.

La lanza de agua a baja presión se utiliza principalmente en suelos densos no cohesivos.

La lanza de agua a baja presión con bajo consumo de agua, en combinación con vibradores, posibilita la penetración de tablestacas en suelos muy densos. En general las características del suelo se modifican sólo ligeramente y prácticamente no hay asentamientos. En todo caso, poner un cuidado especial cuando las tablestacas deban soportar cargas verticales.

Se recomienda este método especialmente en combinación con vibración de alta frecuencia.

Además, la lanza de agua a baja presión se utiliza algunas veces para la preparación del suelo antes de la hincada de tablestacas.

La lanza de agua a baja presión con alto consumo de agua es algo tosco, especialmente cuando los tubos no están fijados a las tablestacas, y por lo tanto no se recomienda.

La lanza de agua a alta presión o fluidización puede ser efectiva en capas de suelo muy densas. Se introducen en el terreno, a través de boquillas fijadas a la tablestaca a corta distancia por encima de su punta, cantidades limitadas de fluido a chorro, agua o a veces cemento-bentonita. Como resultado del bajo consumo de agua este método permite un control efectivo de la tablestaca. Las propiedades del suelo son sólo afectadas de forma adversa en una zona limitada alrededor de la tablestaca. Su comportamiento final no se verá afectado de forma significativa.

La perforación previa se hace a veces antes de la hincada de las tablestacas. El suelo se disgrega localmente mediante este procedimiento. Normalmente se utilizan perforadoras rotativas. Las perforaciones previas se hacen a menudo en los lugares de las juntas fijas de una tablestaca doble, pero puede ser más efectivo hacer las perforaciones previas en los lugares de las juntas libres. Si se esperan dificultades extremas en la hincada o si hay requisitos especiales con respecto a la estanqueidad del tablestacado, es conveniente usar la perforadora para sustituir una columna de terreno en el lugar de una junta y reemplazarla por cemento-bentonita.

La fragmentación por voladura se hace normalmente si las tablestacas tienen que pasar obstrucciones duras del suelo o si tienen que penetrar en la roca.

ANEXO E (Informativo)

ESTANQUIDAD DE LAS JUNTAS SELLADAS

E.1 Consideraciones generales

Si los tablestacados se utilizan para contener la tierra de los lados de excavaciones profundas en las que el nivel freático debe conservarse, la situación hidrogeológica puede verse afectada de forma adversa. En este caso, muy a menudo se exigen requisitos especiales relacionados con la estanquidad de estos tablestacados.

Esto significa que las tablestacas deben hincarse hasta una profundidad suficiente, en un estrato impermeable. Sin embargo, esto no es siempre suficiente ya que la filtración de agua desde un acuífero a través de las juntas puede aún exceder el flujo de agua freática admisible.

Prevenir la filtración a través de las juntas es un problema difícil si el flujo admisible es bajo.

En casos severos puede ser necesario tomar medidas adicionales para reducir la filtración a través de las juntas.

Las posibilidades son las siguientes:

- aplicación de fluidos especiales o másticos en el espacio de la junta;
- aplicación de materiales de sellado intumescentes al agua o sellantes elastoméricos;
- soldadura de las juntas, si es posible;
- inyectar las juntas libres con cemento-bentonita o fluidos químicos intumescentes y endurecedores durante la colocación de las tablestacas;
- rellenar los orificios preparados en puntos de las juntas antes de hincar con slurry de cemento-bentonita;
- colocar el tablestacado de acero en una excavación rellena con slurry de cemento-bentonita;
- instalar una pantalla impermeable independiente detrás del tablestacado;
- combinación de dos técnicas como "rellenado especial de la junta" y "relleno de los orificios preparados con bentonita".

El tratamiento de las juntas con un relleno bituminoso será normalmente suficiente. En caso de requisitos de permeabilidad exigentes, pueden ser apropiados los rellenos expansivos, un sello elástico moldeado o una combinación de los dos métodos.

No existe un método único para la definición de la permeabilidad de un tablestacado de acero. Esto es de aplicación también a los métodos para determinar mediante ensayos la efectividad de la técnica de sellado.

Se recomienda describir la permeabilidad en términos de la llamada resistencia inversa:

$$q_z = \rho \Delta p_z / \gamma_w$$

donde

q_z es el caudal por unidad de longitud de junta en el nivel z , en metros cúbicos por segundo por metro ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$);

Δp es la caída de presión en el nivel z , en kilopascales (kPa);

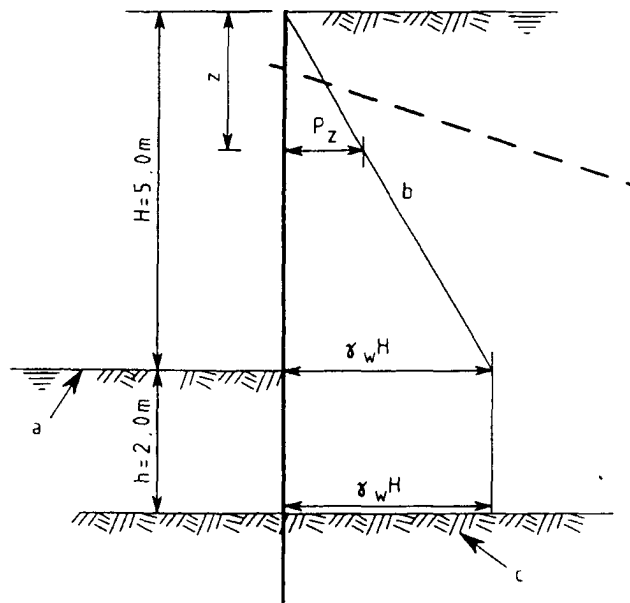
ρ es la resistencia inversa de la junta, en metros por segundo (m/s);

γ_w es la densidad del agua, en kilonewtons por metro cúbico (kN/m^3).

La descarga por unidad de longitud de la junta puede establecerse ensayando en laboratorio una junta sellada o ensayando situaciones prototipo en un banco de pruebas equipado especialmente.

La gran dispersión de resultados con este tipo de ensayo de permeabilidad se tiene en cuenta aplicando un factor de seguridad del orden de 10 a la media de los resultados de los ensayos.

E.2 Un caso sencillo de comprobación de la descarga a través de un tablestacado de acero



Leyenda

a nivel de excavación b presión de agua resultante c capa impermeable

Fig. E.1 – Ejemplo de una excavación en la que el nivel del agua ha sido bajado alrededor de 5 m

En la figura E.1 se muestran los datos para la comprobación del caudal a través del tablestacado. El tablestacado penetra cierta distancia en un estrato de suelo impermeable. Consecuentemente, el flujo alrededor de la punta de las tablestacas no se tiene en cuenta.

Se dibuja el diagrama de presión hidrostática resultante. La caída de presión máxima se produce en el fondo de la excavación y permanece constante de ahí en adelante.

La caída de presión máxima es:

$$\Delta p_{\text{máx.}} = \gamma_w H$$

El caudal total a través de una junta es:

$$Q_l = \int_0^{h+H} q_z(dz) = \left(\frac{\rho}{\gamma_w} \right) \int_0^{h+H} \Delta p_z dz$$

Con una caída de presión de:

$$\Delta p = \gamma_w z \quad \text{para } z \leq H;$$

$$\Delta p = \gamma_w H \quad \text{para } H < z \leq H+h.$$

De esta forma la integral da el área del diagrama de presiones y la ecuación se convierte en la siguiente:

$$Q_I = \rho H (0,5 H + h)$$

El número total de juntas en el tablestacado es:

$$n = L/b$$

donde

L es el perímetro de la excavación, en metros (m);

b es el ancho de las tablestacas, en metros (m).

La descarga total en la excavación es:

$$Q = n Q_I$$

donde

Q representa una aproximación segura del caudal ya que algunos efectos favorables no han sido tenidos en cuenta, por ejemplo, la influencia del modelo de flujo sobre la geometría de la capa freática en las proximidades del tablestacado.

E.3 Ejemplo resuelto

Para una excavación con una circunferencia de 180 m con tablestacas de 600 mm de ancho.

$$b = 0,6 \text{ m}$$

$$H = 5 \text{ m} \quad \text{y} \quad h = 2 \text{ m}$$

La junta rellena está caracterizada por su resistencia inversa:

$$\rho = 5 \times 10^{-10} \text{ m/s}$$

El número de juntas es:

$$N = 180 / 0,6 = 300$$

El caudal por cada junta:

$$Q_I = 5 \times 10^{-10} \times 5 \times (0,5 \times 5 + 2) = 1,125 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$$

Y la entrada total de agua en la excavación del edificio es:

$$Q = 300 \times 1,125 \times 10^{-8} = 3,375 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \text{ ó } 12 \text{ l/h}$$

ANEXO F (Informativo)**TABLESTACAS Y VIGAS DE REPARTO DE MADERA****F.1 Generalidades**

La terminología para madera e imperfecciones en madera aserrada se dan en las Normas Europeas EN 844-1:1995, EN 844-3:1995, EN 844-7:1997 y EN 844-9:1997.

La madera para tablestacas y vigas de reparto en tablestacados permanentes es normalmente de gran durabilidad.

La frondosa tropical cumple normalmente con los requisitos sin protección alguna. Sin embargo, las especies coníferas, cuando se usan en estructuras marítimas, necesitan ser impregnadas mediante un fluido en autoclave.

Las Normas Europeas EN 335-1:1992 y EN 335-2:1992 suministran un procedimiento general de toma de decisiones para llegar a una clase según el riesgo y los agentes biológicos asociados con el fin de determinar el tratamiento de protección.

Los cortes, perforación y operaciones similares conviene hacerlas preferentemente en fábrica antes de impregnar la madera. Cuando la madera protegida se corta, se perfora o se le da nueva forma, es necesario tratar la zona afectada con un líquido protector especial.

F.2 Suministro de tablestacas y vigas de atado de madera

Los pedidos de tablestacas, vigas de atado y placas de anclaje de madera cubren normalmente los siguientes aspectos:

- especies madereras (requisitos de resistencia mecánica);
- los valores nominales de espesor y longitud;
- la forma y dimensión de las juntas machihembradas;
- la forma y tamaño de la junta de empalme de la viga de atado;
- la forma y el tamaño del escantillonado en la punta de las tablestacas, si se requiere (véase la figura F.3);
- las dimensiones nominales de las tablestacas especiales como, por ejemplo, tablestacas de esquina;
- el tipo de tratamiento protector y el método de aplicación del mismo.

Normalmente estos aspectos se comprueban durante la recepción en obra.

F.3 Requisitos de calidad

La tabla F.1 da los requisitos de calidad para las tablestacas y vigas de atado de madera aserrada de coníferas y frondosas.

Los criterios de ensayo principales son:

- imperfecciones;
- tolerancias dimensionales;
- rectitud en dirección longitudinal y transversal.

F.4 Transporte y almacenamiento

Normalmente las tablestacas y las vigas de reparto se suministran en paquetes. Estos paquetes se almacenan sobre una superficie lisa sin estar en contacto con el terreno. Las tablestacas y vigas de reparto de madera frondosa tropical se sujetan con grapas una sobre otra. Esto evita pérdida de humedad, alabeo, abarquillamiento y agrietamiento. Debido al tratamiento de durabilidad las coníferas se apilan con separadores entre los distintos elementos.

Se recomienda dejar las grapas intactas tanto como sea posible y protegerlas de la radiación directa del sol protegiéndolas con una tela.

Para evitar que se mezclen, los paquetes de tablestacas, vigas de reparto de madera tratada y otros elementos de madera almacenados en la obra se etiquetan de acuerdo con:

- madera que va a estar bajo tierra;
- madera que se va a colocar en agua dulce totalmente sumergida;
- madera que se va a colocar en agua salada y salobre.

F.5 Tolerancias

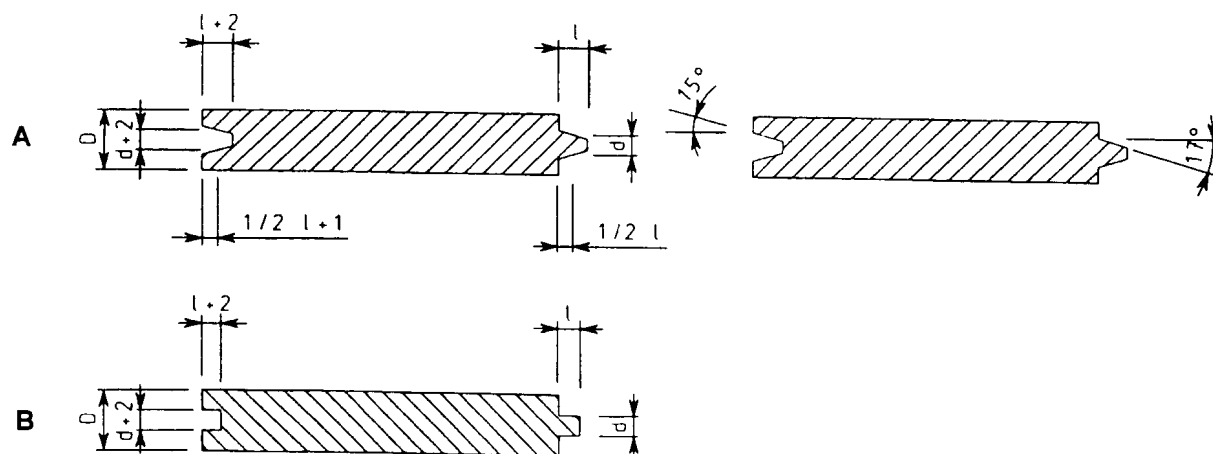
Los criterios para las máximas distorsiones (deformaciones, abarquillamiento y alabeo) se dan en la tabla F.1.

Las variaciones máximas admisibles de las dimensiones nominales se presentan en la tabla F.2.

F.6 Juntas

Normalmente las tablestacas de madera se unen por juntas de tipo machihembrado de forma trapezoidal. Sin embargo, la forma rectangular también se usa.

La tabla F.3 da recomendaciones referentes a la forma y dimensiones del machihembrado. Las dimensiones de la espiga determinan el tamaño del cajeadado como se recoge en la figura F.1.



Leyenda

- A espiga y cajeadado con forma trapezoidal
B espiga y cajeadado con forma rectangular

Fig. F.1 – Forma y dimensiones de las juntas machihembradas de las tablestacas de madera

F.7 Tablestacas de esquina

Las tablestacas de esquina tienen generalmente una sección cuadrada con cajeado para conectar las tablestacas contiguas (véase la figura F.2).

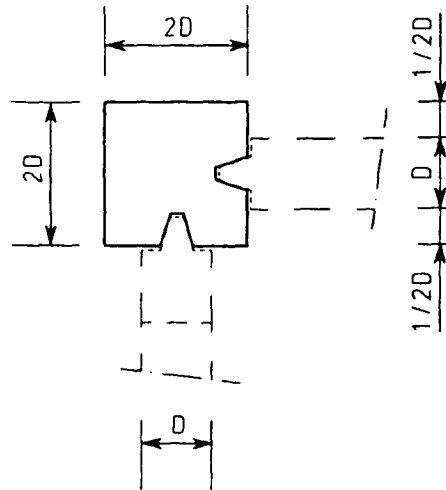


Fig. F.2 – Ejemplo de una tablestaca de esquina de madera con cajeado

F.8 Ejecución

Normalmente las tablestacas de madera son solamente utilizadas en estructuras de contención de altura limitada. Los usos más típicos son:

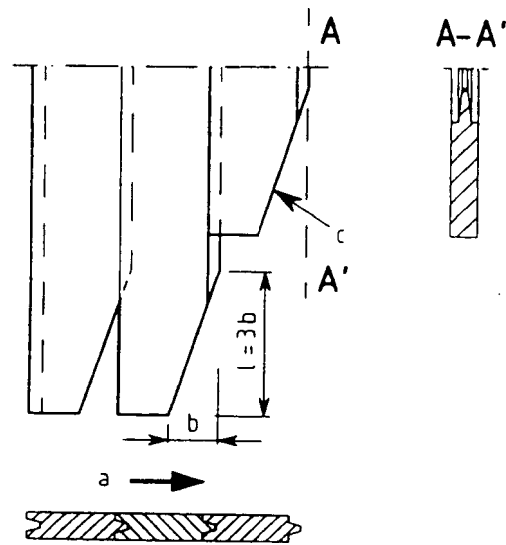
- entibaciones verticales o casi verticales a lo largo de canales o zanjas;
- muelles pequeños en puertos deportivos o similares.

La hincia se realiza normalmente con equipo ligero. Si se usa una maza de caída libre la altura de caída no debe ser superior a 2,5 m.

Cuando se use un vibrador, los paneles con diversas tablestacas se hincarán como unidades.

Para mantener la tablestaca en la posición correcta se debe utilizar una estructura de guía. Para ayudar al trabajo de hincia en capas de arena frecuentemente se utiliza lanza de agua a baja presión.

Para asegurar una conexión correcta de espiga y cajeado, las tablestacas se biselan a menudo en el lado "libre" de la punta como se indica en la figura F.3.



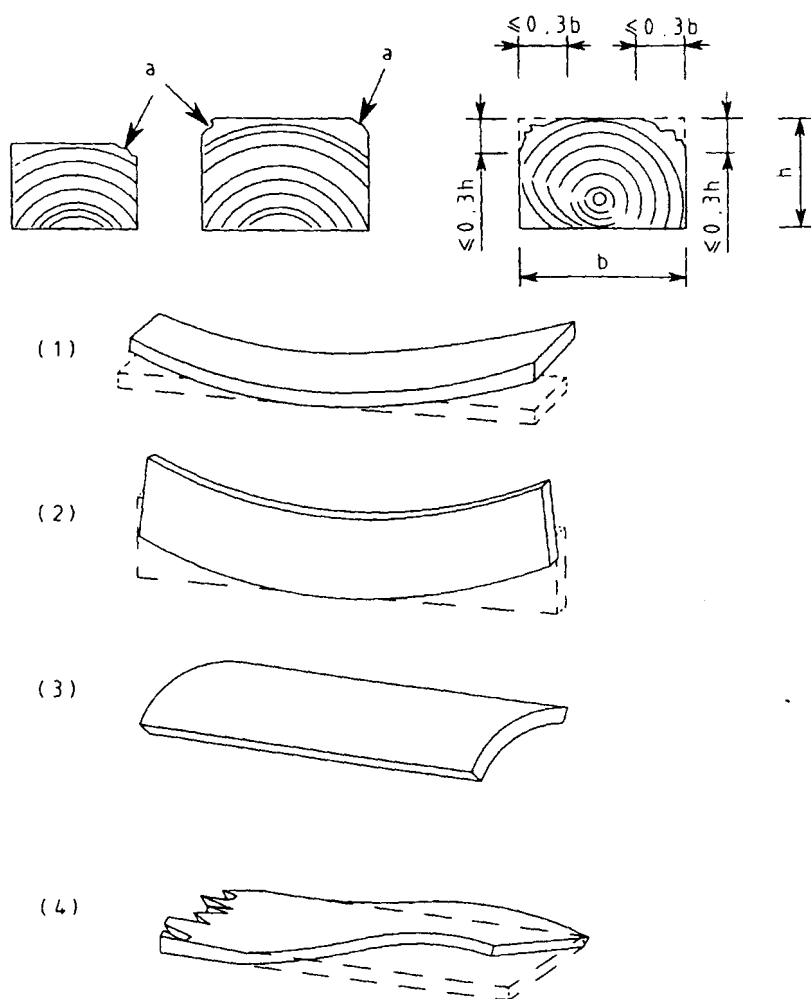
Leyenda

- a dirección de hinca
- b ancho del bisel
- c presión del terreno

Fig. F.3 – Biselado de la punta y dirección de hinca

Tabla F.1
Condiciones de suministro de tablestacas y vigas de reparto de coníferas y frondosas aserradas y para la ejecución de tablestacados de madera

Imperfecciones			Coníferas	Frondosas
Orificios de gusanos	Sin probabilidad de extensión		*	*
	Con probabilidad de extensión		*	*
Grietas de compresión			*	*
Duramen			*	*
Bolsas en la corteza			*	*
Nudos en las tablestacas y vigas de reparto	Nudos duros	fijos	*	*
		sueltos	*	
	Nudos blandos		*	
	Nudos que molestan la colocación		*	
	Porcentaje de nudos, máx.		*	
	Diámetro máximo		*	
			*	
Grietas	Fisuras		*	*
	Astillas sueltas en superficie		*	*
	Astillas sueltas en los bordes		*	*
	Hendiduras		*	*
	Grieta radial		*	*
Albura			*	*
Efectos de los hongos			*	*
			*	*
			*	*
Pérdida de arista (véase la figura F.4)	Tablestacas ¹⁾		*	*
	Vigas de reparto		Dos bordes: Máx: 0,3 x ancho, respecto al espesor de la madera	No aceptable
Daños mecánicos			Fibras rotas o sueltas de acuerdo con su profundidad en la madera < 0,1 x espesor. Las partes de madera estranguladas por bandas metálicas aceptable si las fibras no están dañadas	
Deformación en tablestacas ²⁾	Flexión máx. por metro (figura F.4)		4 mm	3 mm
	Arco máx. por metro (figura F.4)		2 mm	1/3 de la longitud de la espiga como máx.
	Abarquillamiento máx. en 100 mm (figura F.4)		2 mm	No hay requisito
	Alabeo máx. por metro (figura F.4)		2 mm	No se acepta
Deformación en vigas de reparto ²⁾	Flexión máx. por metro (figura F.4)		4 mm	Por la parte que contiene: 1 mm Por la otra parte: 4 mm
	Arco máx. por metro (figura F.4)		2 mm	
	Abarquillamiento máx. en 100 mm (figura F.4)		2 mm	No hay requisito
	Alabeo máx. por metro (figura F.4)		4 mm	No hay requisito
* A fijar en el proyecto.				
1) Se aceptan pequeñas pérdidas de aristas de 250 mm como máximo desde la punta de la tablestaca, siempre y cuando no dañe el buen ajuste del machihembrado.				
2) Deformaciones en la totalidad de la tablestaca o viga de reparto de madera.				



Leyenda

- | | |
|-----|---------------------------|
| a | pérdida de arista |
| b | ancho de la viga de atado |
| h | alto de la viga de atado |
| (1) | flexión |
| (2) | arco |
| (3) | abarquillamiento |
| (4) | alabeo |

Fig. F.4 – Definiciones de distorsiones varias

Tabla F.2
Diferencia máxima admisible para las dimensiones reales con respecto a los valores nominales, en mm

	Tablestacas		Vigas de reparto	
	Individual	Media	≤ 105 ¹⁾	> 105 ¹⁾
Largo	± 100	≥ 0	+ 50 - 25	+ 50 - 25
Ancho	--	--	± 2	+ 2 - 3
Espesor	± 2	$\pm 0,5$	± 2	± 2
1) Espesor de la viga de atado perpendicular al tablestacado.				

Tabla F.3
Dimensiones de las clavijas en las tablestacas

Espesor de la tablestaca (mm)		Longitud del machihembrado (mm)						
		Coníferas	Longitud de la tablestaca de frondosas					
			< 3,5	3,6 a 4,5	4,6 a 5,5	5,6 a 6,5	6,6 a 7,5	7,6 a 8,5
30	10	11	11	13	15	--	--	--
40	13	13		13	15	18	--	--
50	16	17			15	18	22	--
60	19	18				18	22	24
70	23	22					22	24
80	26	24						24
90	29	24						24
100	33	24						24
110	36	24						24
120	39	24						24

ANEXO G (Informativo)

BIBLIOGRAFÍA

EN 335-1:1992 – *Durabilidad de la madera y sus materiales derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte 1: Generalidades.*

EN 335-2:1992 – *Durabilidad de la madera y sus productos derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte 2: Aplicación a la madera maciza.*

EN 440:1994 – *Consumibles para el soldeo. Alambres y depósitos para el soldeo por arco con protección gaseosa de aceros no aleados y de grano fino. Clasificación.*

EN 756:1995 – *Consumibles para el soldeo. Alambres y combinaciones alambres-fundentes para el soldeo por arco sumergido de aceros no aleados y de grano fino. Clasificación.*

EN 844-1:1995 – *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 1: Términos generales comunes a la madera aserrada y a la madera en rollo.*

EN 844-3:1995 – *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 3: Términos generales relativos a la madera aserrada.*

EN 844-7:1997 – *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 7: Términos generales relativos a la estructura anatómica de la madera.*

EN 844-9:1997 – *Madera aserrada y madera en rollo. Terminología. Parte 9: Términos relativos a las singularidades de la madera aserrada.*

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIVERSIDAD POLITECNICA MADRID