



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

09059-S

DP/ID/SER.A/201
19 octubre 1978

Distr. RESERVADA

ESPAÑOL
Original: INGLES

DESARROLLO DE INDUSTRIAS DE CARPINTERIA DE ARMADO

DP/KEN/75/027

KENYA

TR

Informe técnico: Puentes modulares de madera
prefabricados de bajo costo

Preparado para el Gobierno de Kenya por la
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial,
organismo de ejecución del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Basado en el trabajo de James E. Collins, experto en
armado de estructuras de madera

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
Viena

Notas explicativas

La palabra "tonelada:" (t) se refiere a la tonelada métrica.

Además de las abreviaturas y los símbolos comunes, en el presente informe se han utilizado los siguientes:

AASBO	American Association of State Bureau Officials
BS	British Standard (norma británica)
EB	Equilibrio microscópico
EN	kilonewtonio

La mención de empresas en el presente documento no entraña juicio alguno sobre ellas ni sobre sus productos por parte de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

RESUMEN

En respuesta a una solicitud dirigida por el Gobierno de Kenya al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y a la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), del 30 de enero de 1975 al 15 de octubre de 1976 y del 3 de enero al 30 de abril de 1977 se le proporcionaron los servicios de un ingeniero de construcciones de madera, y del 6 de octubre de 1975 al 5 de octubre de 1978 los de un experto adjunto en carpintería de armado. Esas misiones tuvieron por objeto ayudar y capacitar al personal del Departamento de Ingeniería Forestal de Kenya en la elaboración de programas de diseño y ensayo de puentes modulares de madera prefabricados de bajo costo y de otros productos de carpintería de armado.

El presente informe se basa en un manual que, sobre diseño, producción y erección de puentes de madera, utilizó el equipo de expertos durante los trabajos que realizó en Kenya. Con el método de construcción de puentes descrito en el informe, se persiguen varios objetivos, entre ellos:

- a) Utilizar los recursos naturales del país, en lugar de depender de materiales de construcción importados;
- b) Proporcionar empleo a la mano de obra local no calificada en las zonas en desarrollo, con miras a reducir los desembolsos de divisas;
- c) Introducir puentes que puedan construirse a un costo bajo y con un empleo mínimo de ingenieros diplomados y de técnicos de obras;
- d) Ofrecer una solución sencilla en los muchos casos en que es necesario explotar los recursos naturales de nuevas zonas del país, pues estos puentes de bajo costo se adaptan bien a las características de las carreteras lateríticas para las que se construyen.

Los puentes modulares de madera prefabricados de bajo costo presentan las siguientes características técnicas:

- a) Se componen de elementos triangulares de 3 m de largo por aproximadamente 1,5 m de alto;
- b) Tienen una luz máxima de 30 m, y su carga móvil prevista máxima es de 40 toneladas;
- c) Los elementos se unen por dos extremos mediante un enchufe metálico macho y hembra soldado a los cartabones de unión previstos en cada extremo, que van roblonados al entramado de madera de los elementos;
- d) Se emplea madera con una sección transversal de 50 mm x 150 mm, 50 mm x 200 mm y 50 mm x 250 mm. Cuando procede, esta madera se lamela y clavetea para formar espesores de 100 mm. Las lamelaciones claveteadas permiten comprobar visualmente el espaciamiento de los clavos y ver si éstos se tuercen al clavarse;
- e) El tablero está constituido por tablonos dispuestos sobre la parte superior de las cerchas compuestas;
- f) Empleáanse de dos a ocho cerchas compuestas, formadas por elementos de 3 m, según la carga que haya de soportar el puente, la luz de éste y las características y calidad de la madera utilizada. Esos elementos van arriestrados;
- g) Los estribos suelen ser bloques de cemento huecos, hormigón o troncos, anclados en las orillas por medio de troncos y cables empotrados;
- h) El lanzamiento del puente se efectúa mediante un par de trípodes, poleas y un juego de cables, uno de los cuales es la catenaria que sostiene los elementos, y el otro el cable con que se hacen pasar los elementos montados de una orilla a la otra.

Indice

<u>Capítulo</u>	<u>Página</u>
INTRODUCCION	8
I. DISEÑO	10
A. Dimensiones y elementos de arriostramiento básicos	10
B. Proceso de diseño	21
II. ADQUISICION DE MATERIALES Y MONTAJE	36
A. Adquisición de acero	36
B. Adquisición y tratamiento de la madera	36
C. Componentes de acero	44
D. Montaje de los paneles	56
III. ERECCION	61
A. Componentes y equipo de erección	61
B. Método de construcción de pases sobre agua	61
C. Método de construcción de pases en seco	85
D. Hormigonado y trabajos de explanación	89

ANEXOS

I. Verificación de la resistencia de los paneles de madera	90
II. Reglas para la clasificación de las maderas	93
III. Grados de calidad de maderas de especies comunes	96
IV. Fotografías que ilustran los trabajos realizados por el personal del proyecto a pie de obra en algunos puentes de Kenya	105

Cuadros

1. Número de cerchas necesario para luces y cargas dadas	25
2. Cargas admisibles	29
3. Momentos de flexión de la carga móvil y reacciones de apoyos	31
4. Diseño del tablero	35
5. Cantidades de acero requeridas por panel	37
6. Cantidades de madera requeridas por panel	38
7. Componentes	63
8. Equipo para pases sobre agua	67
9. Datos relativos al lanzamiento	67

Indice (cont.)

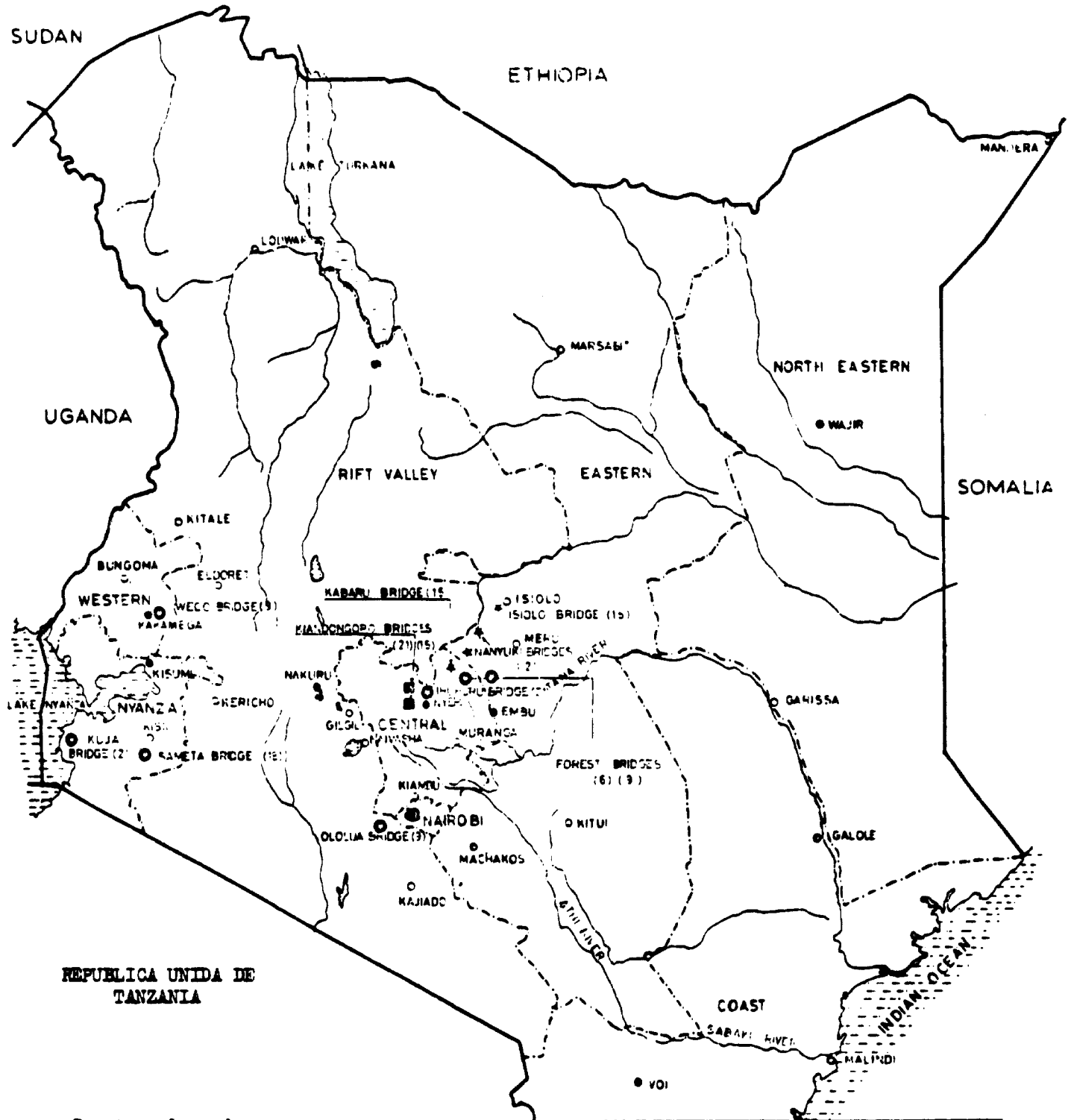
Página

Figuras

1. Diseño con el tablero del puente tendido sobre la parte superior de las cerchas	9
2. Disposiciones de puentes	10
3. Panel	11
4. Componentes de los paneles de madera	12
5. Plantilla para aserrar componentes	13
6. Construcción de un panel	14
7. Método de montaje de las cerchas	15
8. Tipos de cordones	16
9. Arriostramiento de cerchas en puentes de dos cerchas	16
10. Arriostramiento de cerchas en puentes de cuatro, seis y ocho cerchas	17
11. Arriostramiento de puentes de cuatro, seis y ocho cerchas	18
12. Arriostramiento de un puente de dos cerchas	19
13. Disposiciones de cerchas y arriostramientos	20
14. Placas de apoyo situadas en los extremos de los paneles básicos	21
15. Proceso de diseño	22
16. Cargas	24
17. Método de apilamiento de la madera secada al aire	39
18. Horno solar	40
19. Placa de panel 1	45
20. Placa de panel 1A	46
21. Placa de panel 9	47
22. Placa de panel 9A	48
23. Cordones 2 y 2A	49
24. Cordón 6	50
25. Cordón 6A	51
26. Placas de panel 3, 4, 10 y 11	52
27. Placas de panel 8 y 13	53
28. Placa de panel 5	54
29. Placas de apoyo	55
30. Plano del soporte de montaje	57
31. Proyecciones verticales del soporte de montaje	58
32. Plantilla para taladrar agujeros en las placas	59
33. Plantilla para clavar	60
34. Disposición de los cimientos	62
35. Componentes y equipo de erección (pasos sobre agua)	68
36. Cabria	69
37. Sistema de anclaje del cable y de erección de las cerchas (pasos sobre agua)	70

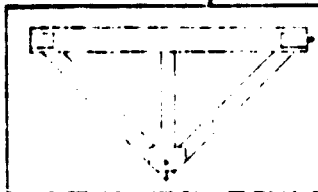
Indice (cont.)

	<u>Página</u>
38. Equipo de erección para pasos sobre agua (cabria y aparejo elevador)	71
39. Sistema de erección y aparejo elevador (pasos sobre agua)	72
40. Lanzamiento de cerchas (pasos sobre agua)	74
41. Lanzamiento de cerchas: fase final	75
42. Construcción del tablero	77
43. Lanzamiento de paneles suplementarios cuando el número de cerchas excede de cuatro	78
44. Posicionamiento de un panel suplementario	79
45. Aplicación del soporte provisional del panel a la cercha erigida	80
46. Tipos de parapetos	81
47. Detalle del parapeto	82
48. Parapeto A (detalle)	83
49. Parapeto B (detalle)	84
50. Soporte para pasos en seco	86
51. Método de erección de las cerchas (pasos en seco): primera cercha	87
52. Método de erección de las cerchas (pasos en seco): segunda cercha	88
53. Pernos de anclaje	89
54. Plantilla para verificar la resistencia de los paneles	91



- Puentes planeados
- Puentes en construcción
- Puentes construidos
- (n) Luz (m)

Las fronteras que aparecen en este mapa no entrañan una aprobación o aceptación oficial de parte de las Naciones Unidas.



PROYECTO DE FUENTES DE MADERA DE BAJO COSTO DE KENYA
 Realizaciones al mes de julio de 1978

INTRODUCCION

Con respecto al tipo de puente de bajo costo concebido en 1973 por James E. Collins, empleado a la sazón en el Departamento de Ingeniería Forestal de Kenya, los funcionarios gubernamentales reconocieron pronto que ese diseño podría utilizarse en muchas zonas del país y en otros países en desarrollo.

En 1974, dado el vivo interés que este método aparentemente flexible de construcción de puentes le merecía, y en razón también de los menores costos y del considerable ahorro de divisas que el mismo supondría al emprenderse los necesarios trabajos de expansión y perfeccionamiento del sistema de transporte por carretera, el Gobierno de Kenya solicitó asistencia del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) para completar los programas de diseño y ensayo, así como para convertir la fabricación y erección de puentes en una empresa plenamente comercial. La ONUDI proporcionó los servicios de James E. Collins, en calidad de experto en armado de estructuras de madera, del 30 de enero de 1975 al 15 de octubre de 1976 y del 3 de enero al 30 de abril de 1977, y los de Svend K. Petersen, en calidad de experto adjunto en carpintería de armado, del 6 de octubre de 1975 al 5 de octubre de 1978. Ambos expertos colaboraron con sus contrapartes del Departamento de Ingeniería Forestal del Ministerio de Recursos Naturales en el desarrollo de estos puentes y de otras construcciones de madera.

Aunque también se han interesado por la utilización del puente prefabricado de bajo costo otros departamentos del Gobierno, tales como los Ministerios de Agricultura y de Obras Públicas, el principal promotor ha sido el Departamento de Ingeniería Forestal, que continúa propiciando su utilización. El mapa indica la difusión de este sistema de construcción de puentes por toda Kenya: al mes de julio de 1978, se habían terminado siete puentes y había cuatro en construcción y dos en la fase de planificación. Desde que se introdujo este sistema en Kenya, se ha proporcionado asistencia similar a otros países en desarrollo a través de proyectos financiados por el PNUD o por la ONUDI.

Este informe técnico se basa en un manual que, sobre diseño, producción y erección de puentes de madera, utilizó el equipo de expertos durante el tiempo que trabajó en Kenya.

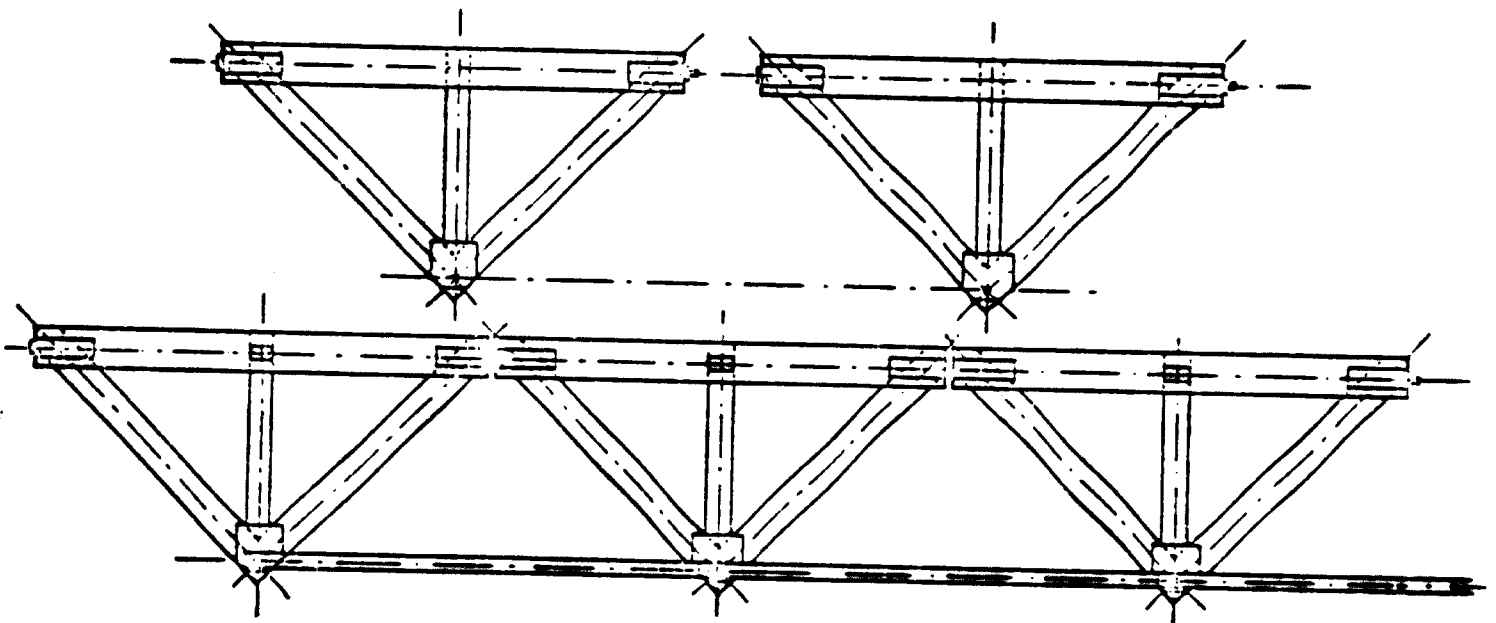
El informe describe puentes con luces de hasta 30 m. Se dan en él diseños para diversas especificaciones de carga, incluidas las norteamericanas (AASHO) y las británicas (BS).

Puede utilizarse cualquier madera, siempre que su curado, resistencia y propiedades funcionales sean satisfactorios, pudiendo obtenerse diseños para diversas especies a partir de las tablas que se dan en el informe.

El elemento básico o módulo de construcción es un panel de madera de 3 m de largo. Unéanse varios de estos paneles, mediante cordones de acero liviano, para formar una cercha, cuya longitud total será un múltiplo de 3 m. Para construir un puente, se utilizan dos o más cerchas.

Las operaciones de fabricación y erección pueden realizarse con un mínimo de mano de obra calificada, y el componente más pesado pueden levantarlo cuatro o seis hombres, según la especie de madera.

Figura 1. Diseño con el tablero del puente tendido sobre la parte superior de las cerchas



El capítulo I, que trata del diseño de los puentes, está destinado a personas con conocimientos de ingeniería. El método de diseño, sin embargo, es sencillo, y, con alguna capacitación previa, incluso las personas sin calificaciones formales podrán seleccionar un diseño apropiado.

Los capítulos II y III, que tratan de la adquisición de materiales, el montaje y la erección, están destinados a técnicos capacitados. Se destaca en ellos la importancia de una buena supervisión y del empleo de plantillas para asegurar la precisión deseada. En particular, es preciso que el soldeo sea de buena calidad, a fin de lograr las cargas de trabajo indicadas en las tablas de los diseños.

La prueba de funcionamiento a plena carga descrita en el anexo I sirve para verificar el grado de calidad o resistencia de las maderas. El anexo II contiene reglas para la clasificación de las maderas, y el anexo III es una lista de los grados de calidad de la mayor parte de las especies comúnmente utilizadas. Las fotografías del anexo IV ilustran los trabajos a pie de obra.

I. DISEÑO

A. Dimensiones y elementos de arriostamiento básicos

En el diseño de los puentes descritos en este informe, se ha supuesto que cada cercha soporta una parte igual de cualquier carga. Sin embargo, esto se aplica sólo a los puentes de vía única. Los puentes con una mayor separación entre cerchas o con calzadas más anchas requerirán especial atención.

Como se ha previsto ya una combadura inicial en el puente, la flecha no constituirá un factor importante en el diseño, siempre que se respeten los límites de luz indicados.

Figura 2. Disposiciones de puentes

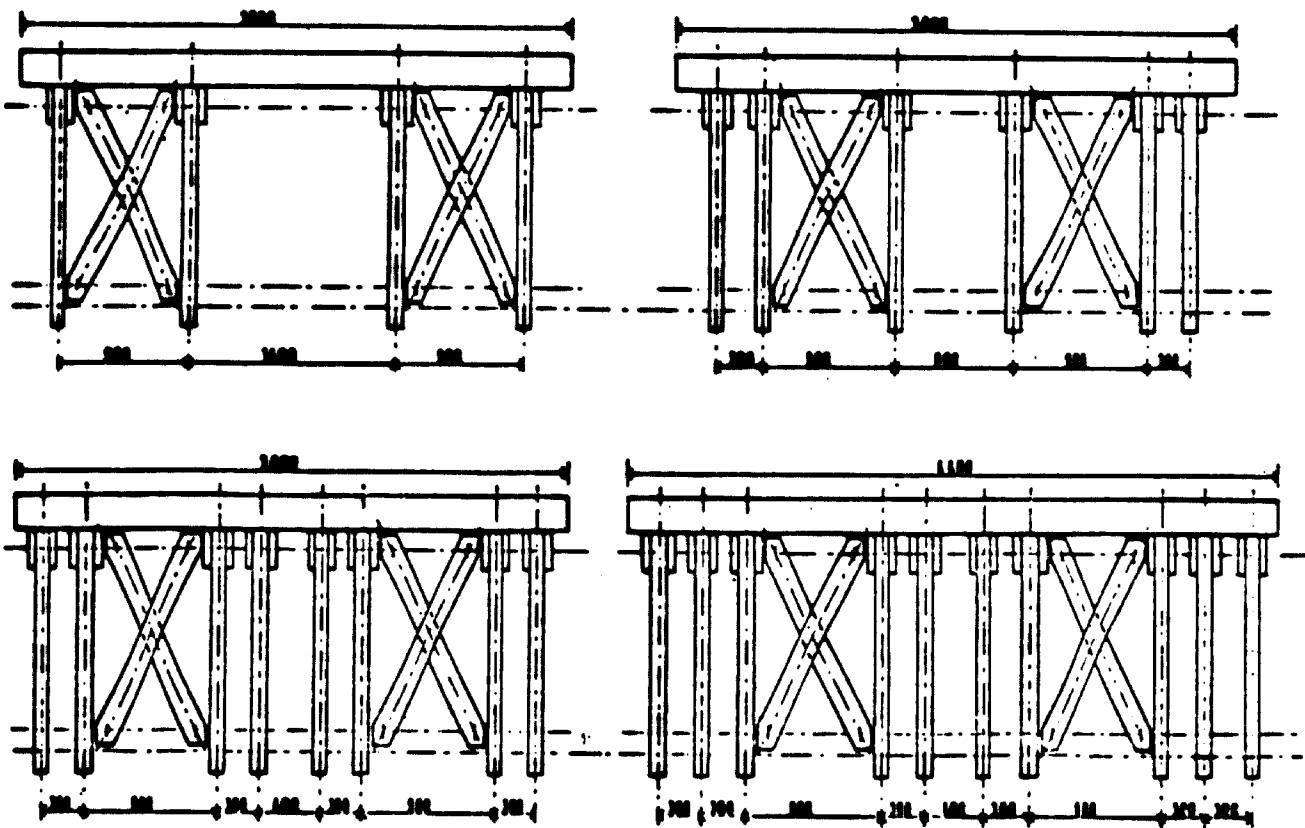


Figura 3. Panel

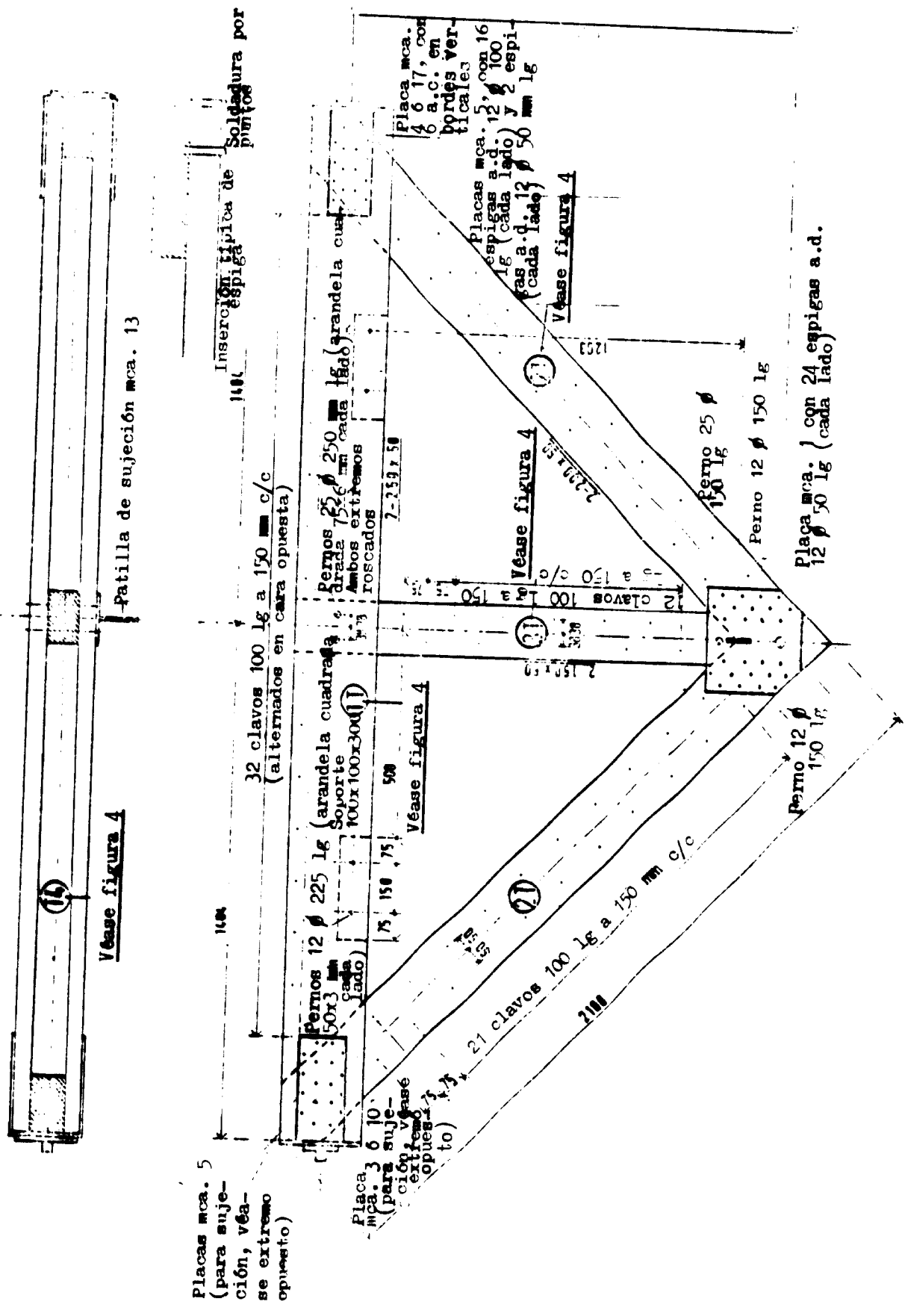


Figura 4. Componentes de los paneles de madera

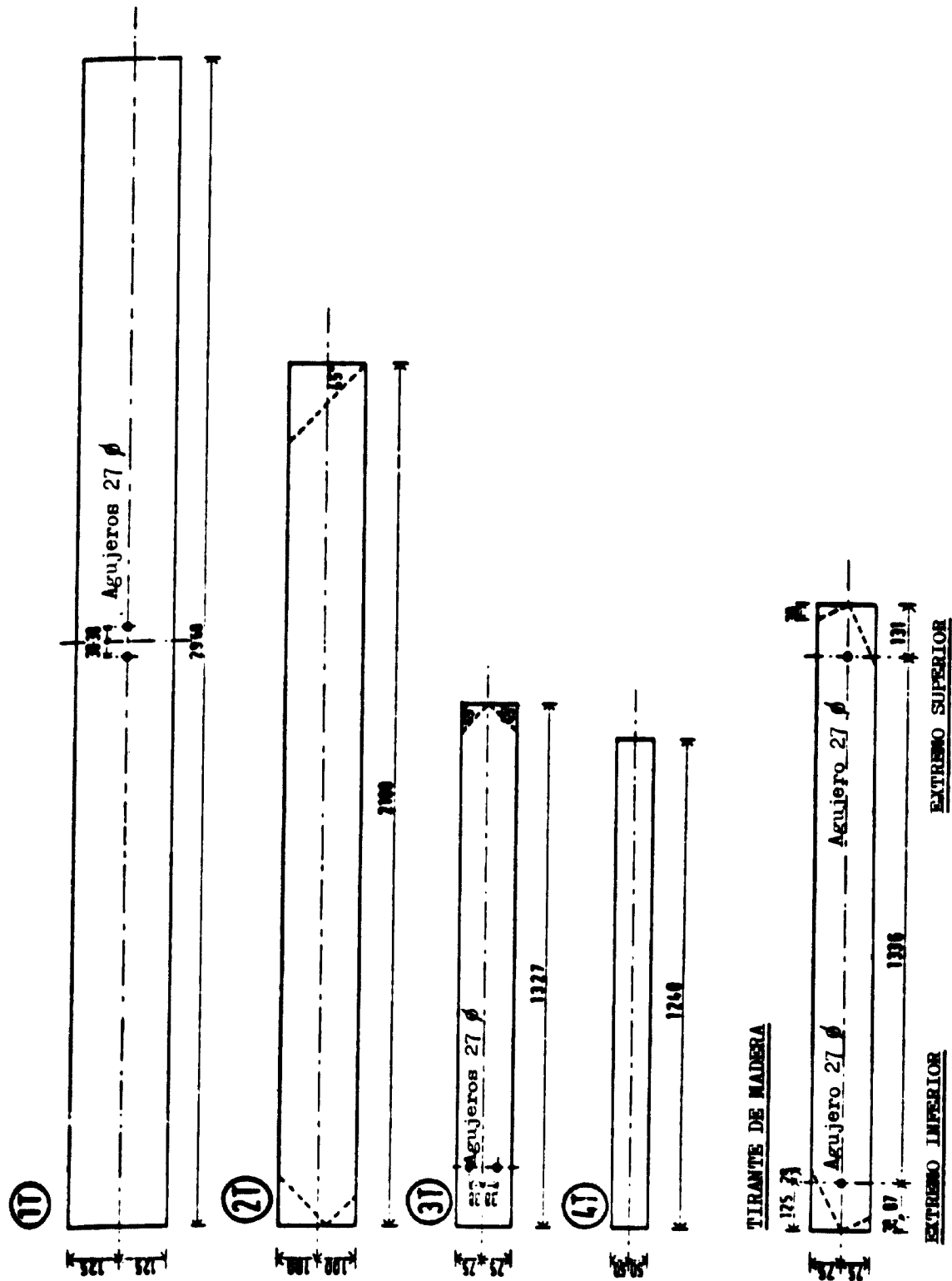
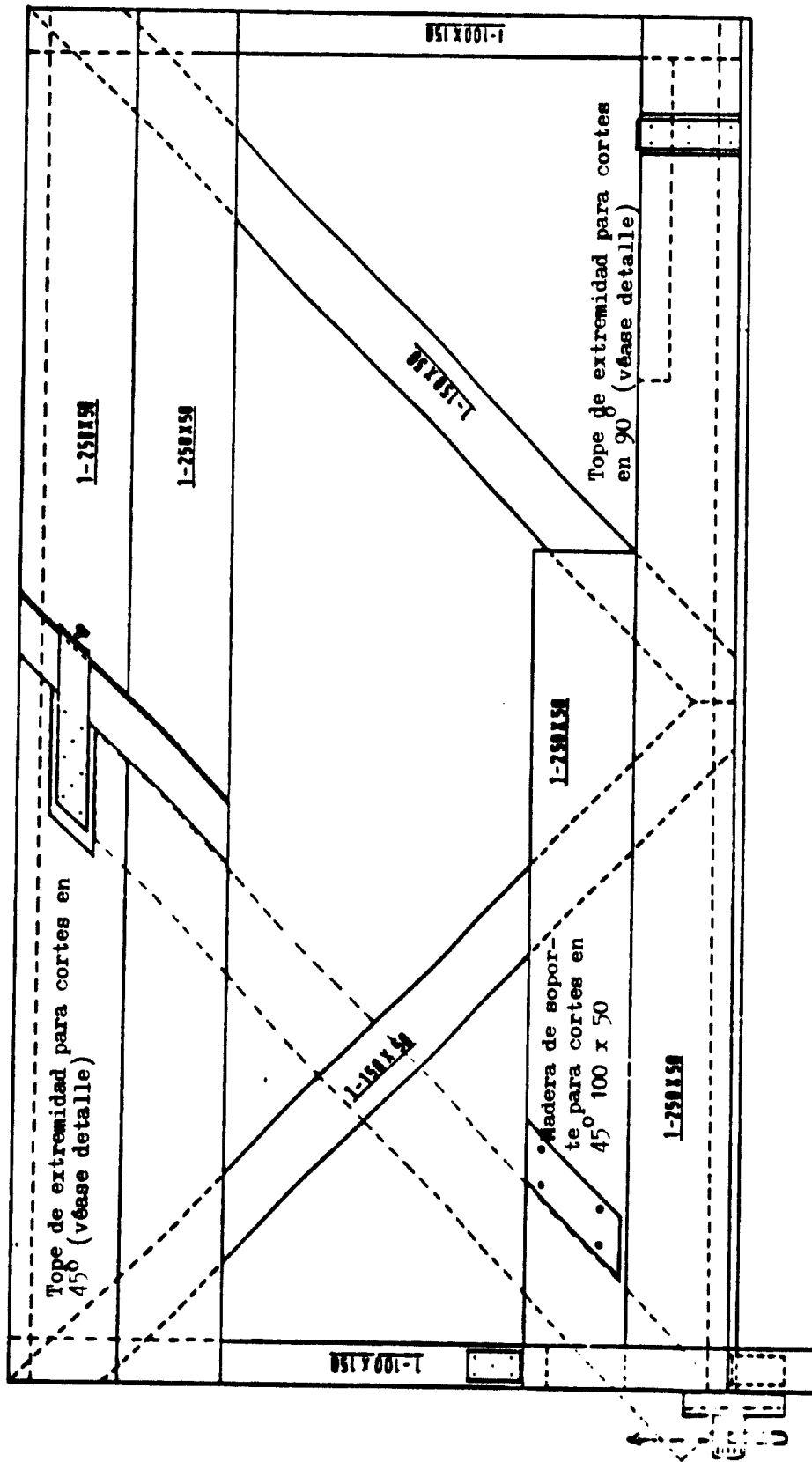


Figura 5. Plantilla para aserrar componentes



Componentes básicos

Panel modular

Los paneles modulares se unen con pares de cordones para formar una cercha (véase la figura 6). Se componen de miembros de madera aserrados de 50 mm (2") unidos entre sí mediante placas de acero y espigas. En uno de los extremos del cordón superior, hay una clavija, proyectada en la dirección del vano, que se aloja en el agujero del panel siguiente, según muestra la figura 7. En la base del panel, y a ambos lados, unas clavijas que forman ángulos rectos con el plano del mismo reciben los cordones. Las clavijas son de dos tamaños, según la madera que se utilice y la carga que haya de soportar. Cuando se utiliza el cordón liviano, las clavijas de la base son de 38 mm de diámetro, y cuando se requiere el cordón pesado tienen un diámetro de 50 mm. Las clavijas de la parte superior tienen un diámetro de 32 ó 38 mm, utilizándose las más pesadas en maderas cuyo grado de calidad sea igual o superior a F 11.

Figura 6. Construcción de un panel

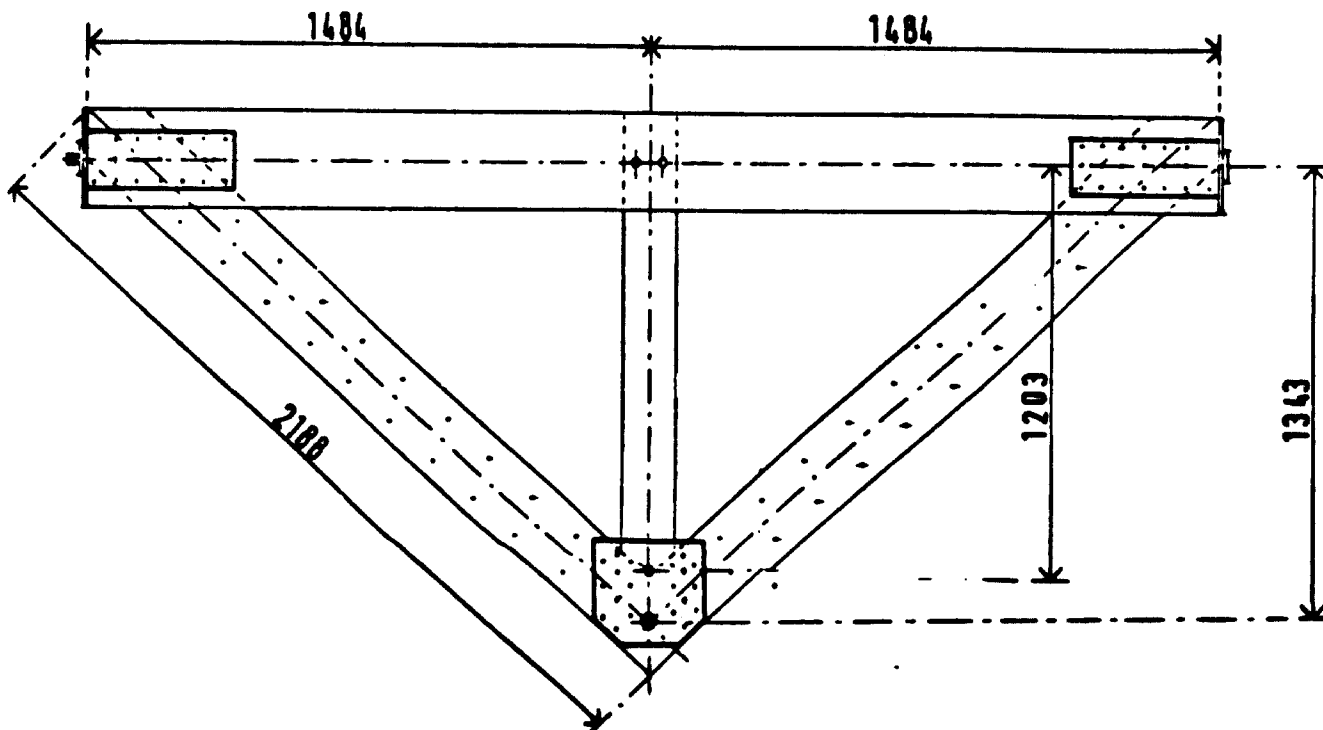
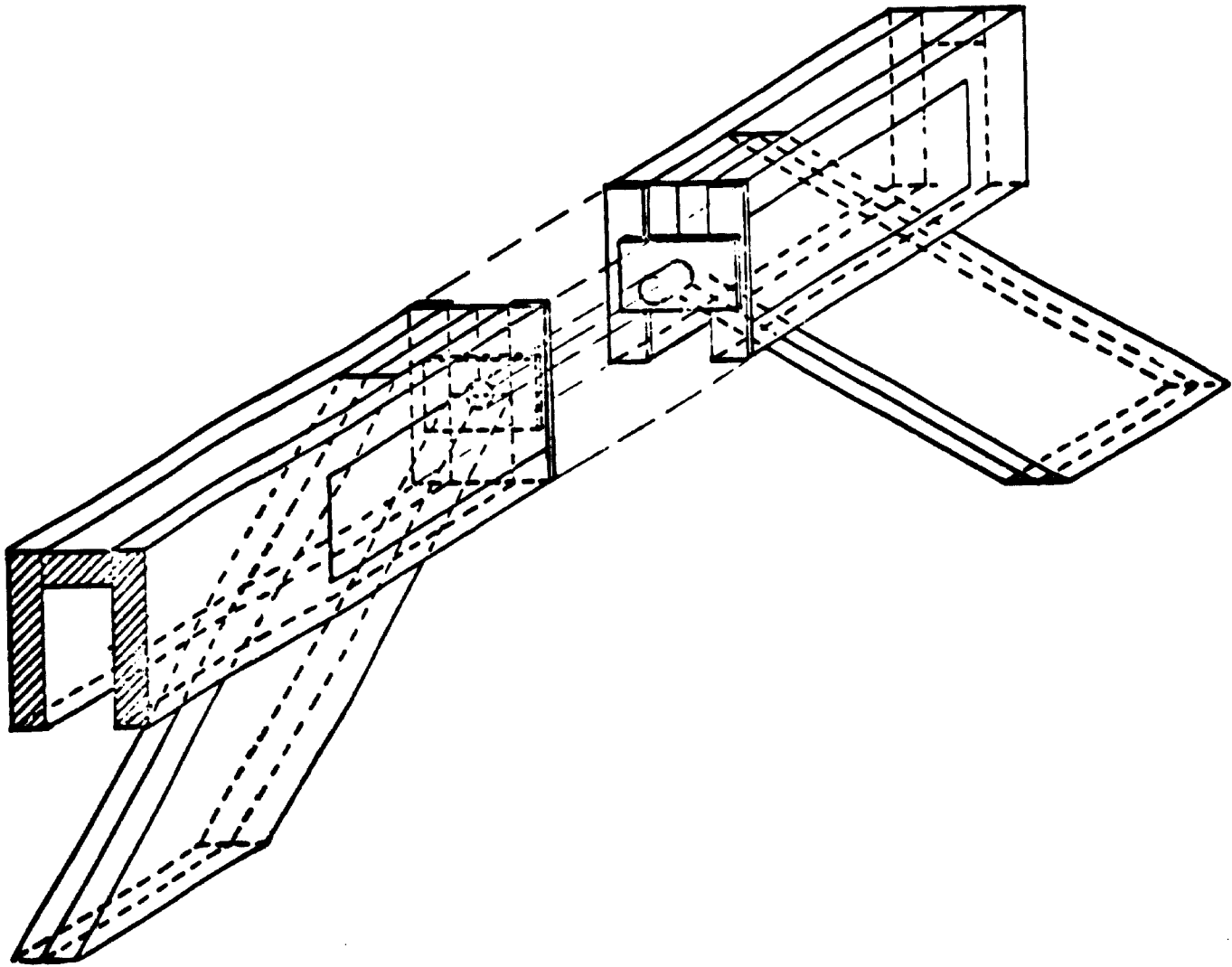


Figura 7. Método de montaje de las cerchas



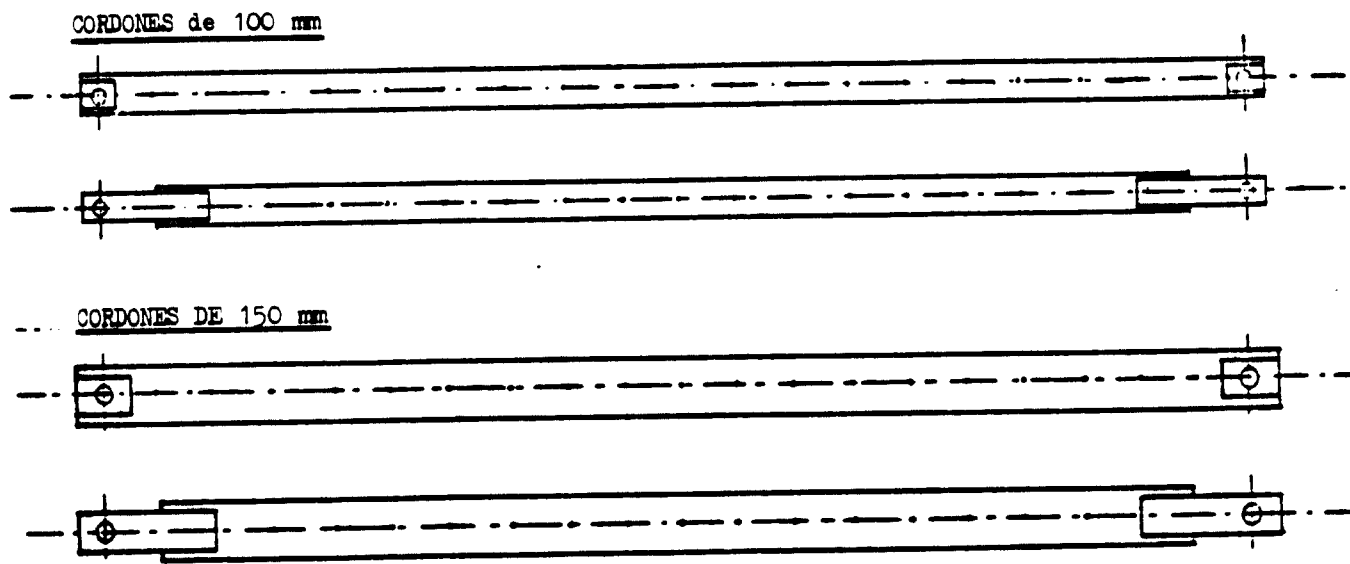
Cordones

Se han diseñado cordones de dos tamaños básicos. El tamaño más liviano se emplea, generalmente, con maderas de un grado de calidad igual o inferior a F 8, y el más pesado con maderas más resistentes.

Cerchas

Los paneles modulares se unen unos a otros para formar cerchas. En el cuadro 1, se indica el número de cerchas necesario para distintas cargas, especies y luces.

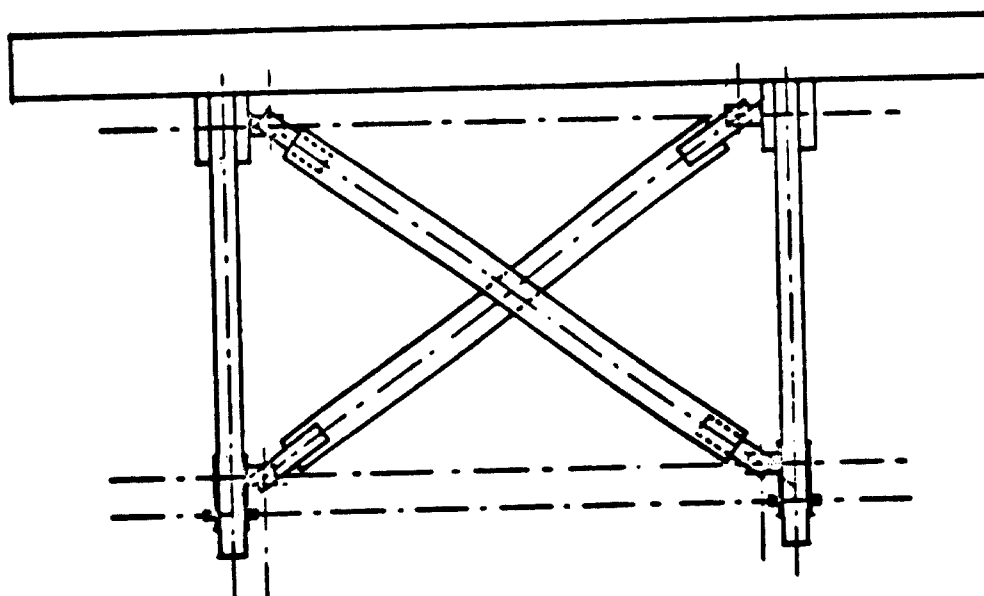
Figura 8. Tipos de cordones



Arriostramiento vertical

Existen dos tipos de arriostramientos verticales. En los puentes de dos cerchas, el arriostramiento se utiliza para dar estabilidad lateral a los paneles, y no actúa como dispositivo de repartición de la carga.

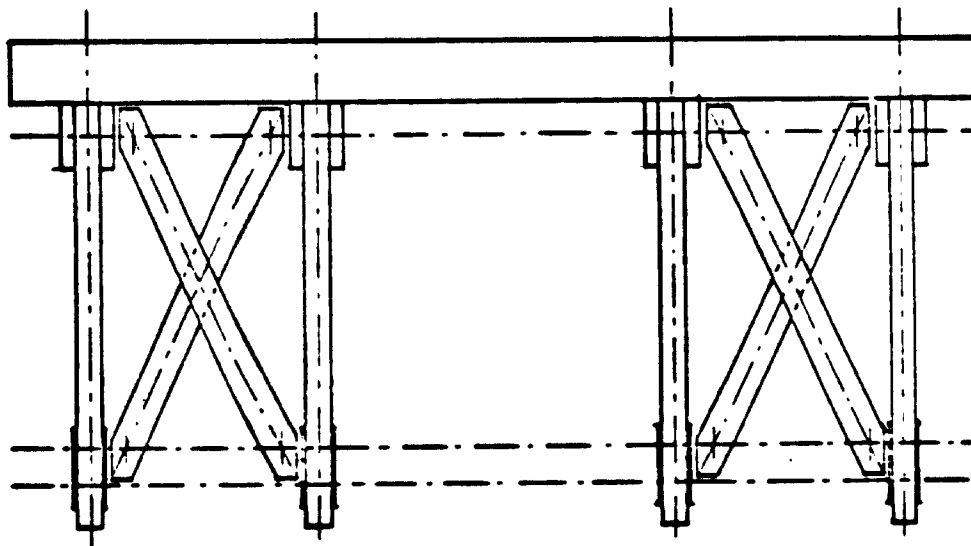
Figura 9. Arriostramiento de cerchas en puentes de dos cerchas



El componente consiste en un simple miembro de 150 mm x 50 mm, con chapas de fijación de acero de 6 mm ($\frac{1}{4}$ ") clavadas en cada extremo. Estas se unen a las patillas de sujeción del panel con pernos de 100 mm x 25 mm de diámetro (4" x 1").

En los puentes de cuatro o más cerchas, el arriostramiento tiene por objeto dar estabilidad lateral y repartir la carga entre las cerchas así unidas.

Figura 10. Arriostramiento de cerchas en puentes de cuatro, seis y ocho cerchas



Las riostras verticales se unen a las patillas de sujeción con pernos de 25 mm de diámetro (1"), colocándose una arandela cuadrada de 50 mm (2") bajo la tuerca en la cara de la madera.

Arriostramiento del tablero

El arriostramiento del tablero consiste en miembros de 150 mm x 50 mm (6" x 2") unidos diagonalmente a la parte inferior de las cerchas con clavos de 100 mm (4"), que se clavan en espaciadores intercalados entre los cordones.

Tablero

El tablero está constituido por tablonces de 50 mm (2") de ancho, clavados unos a otros, y de una altura que dependerá de la carga sobre las ruedas (véase el cuadro 4), dispuestos en sentido transversal a las cerchas, según muestran las figuras 9 y 10. Encima de estos miembros, y en la dirección de la luz, se fijan largueros, que desempeñan una función esencial en la distribución de la carga sobre las ruedas a lo largo de varias traviesas, por lo que no deberá prescindirse de ellos ni reducirse su tamaño.

Figura 11. Arriostramiento de puentes de cuatro, seis y ocho cerchas

VARIA CON LA DISPOSICION DE LAS CERCHAS

Bordillo del puente
150 x 150 mm

PARA LOS DETALLES DEL TABLERO, VEASE LA FIGURA 42

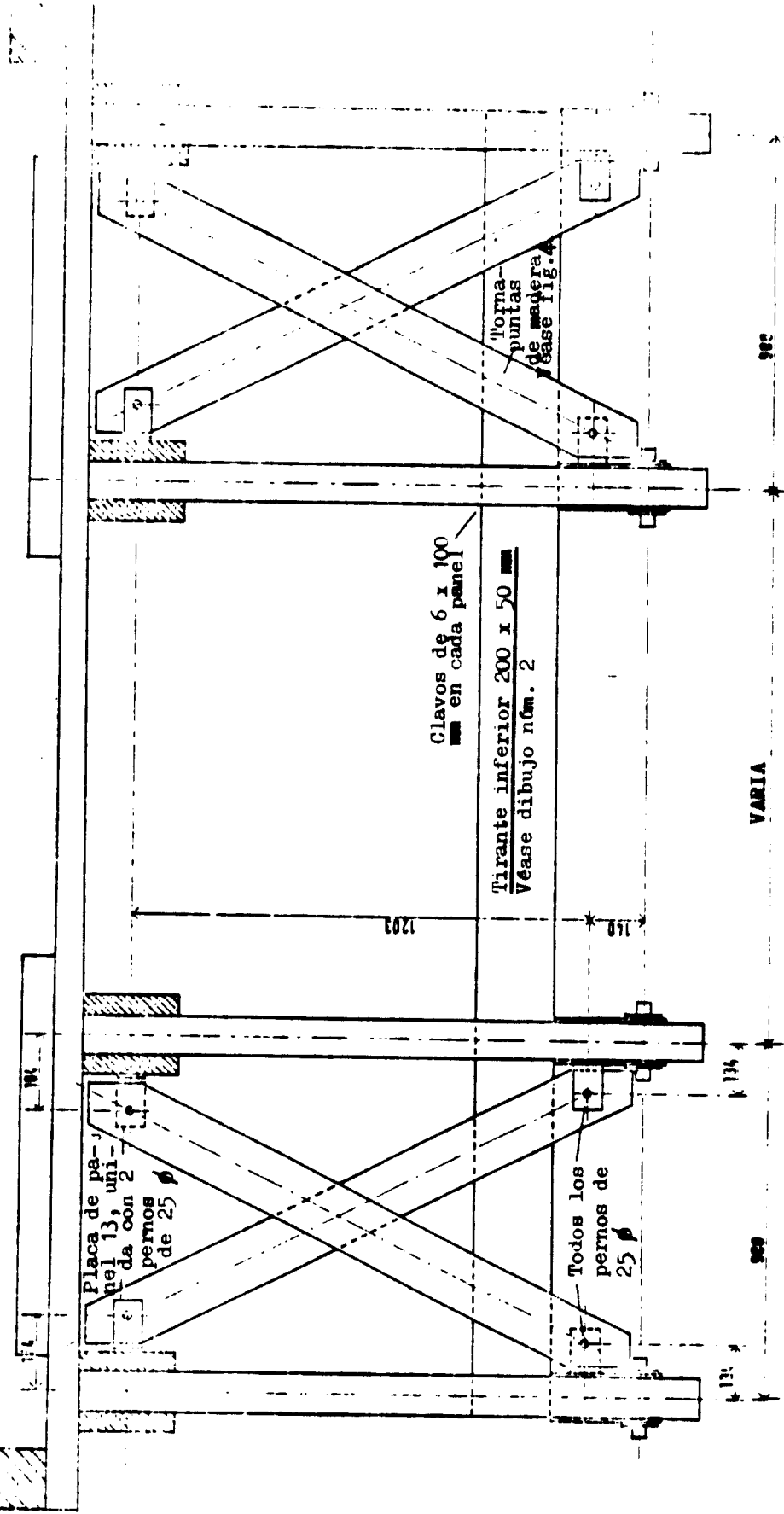


Figura 12. Arriostramiento de un puente de dos cerchas

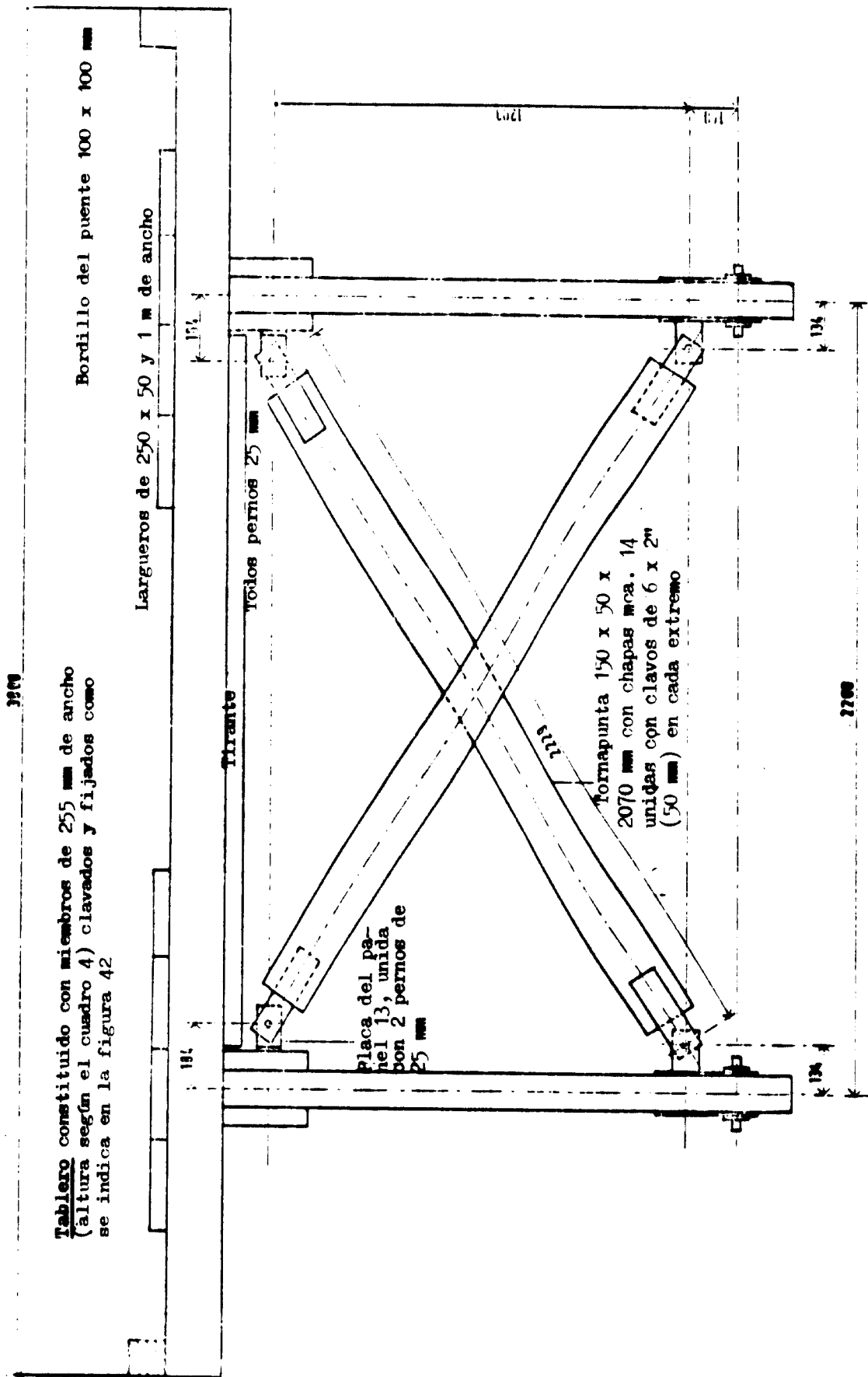
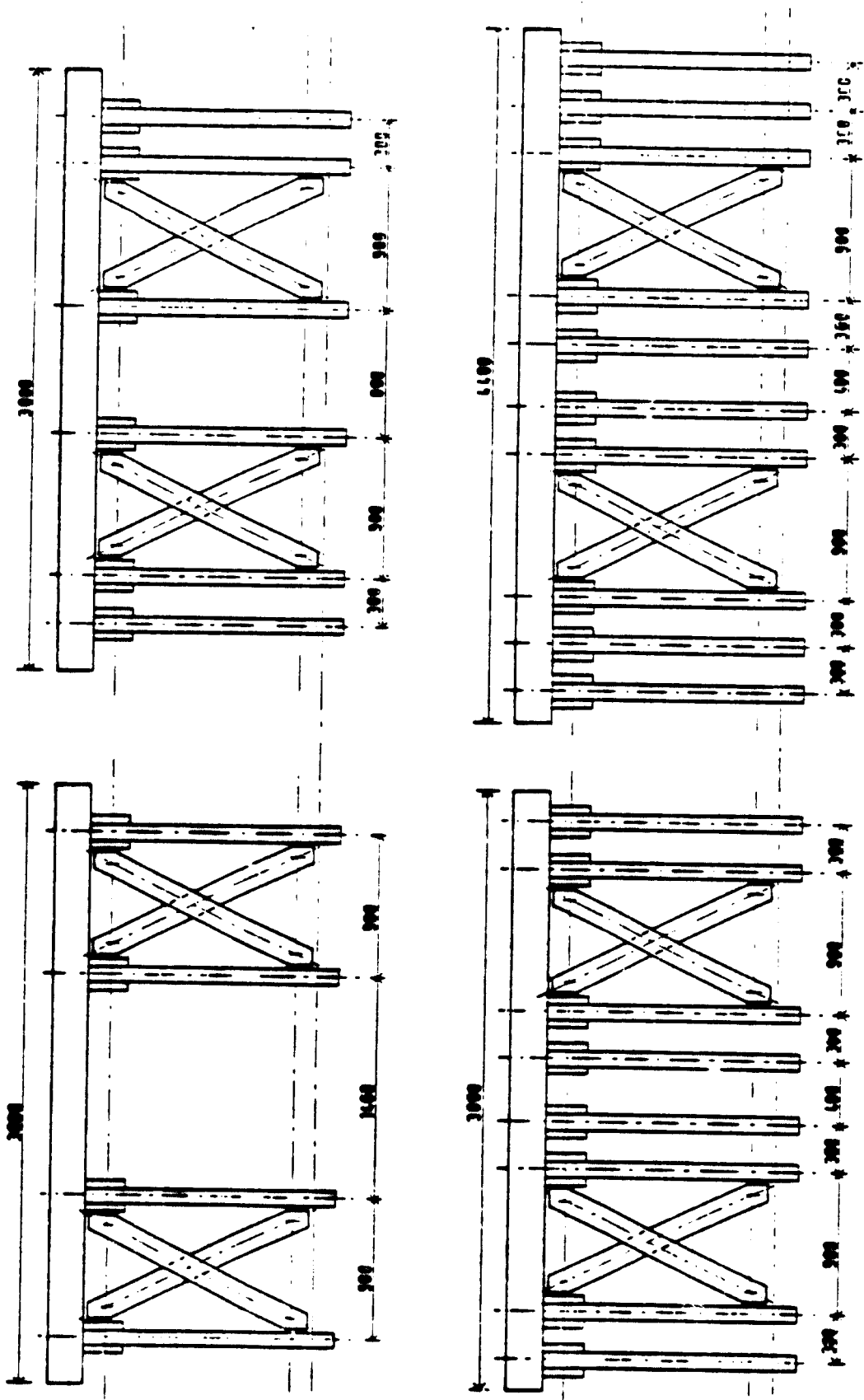


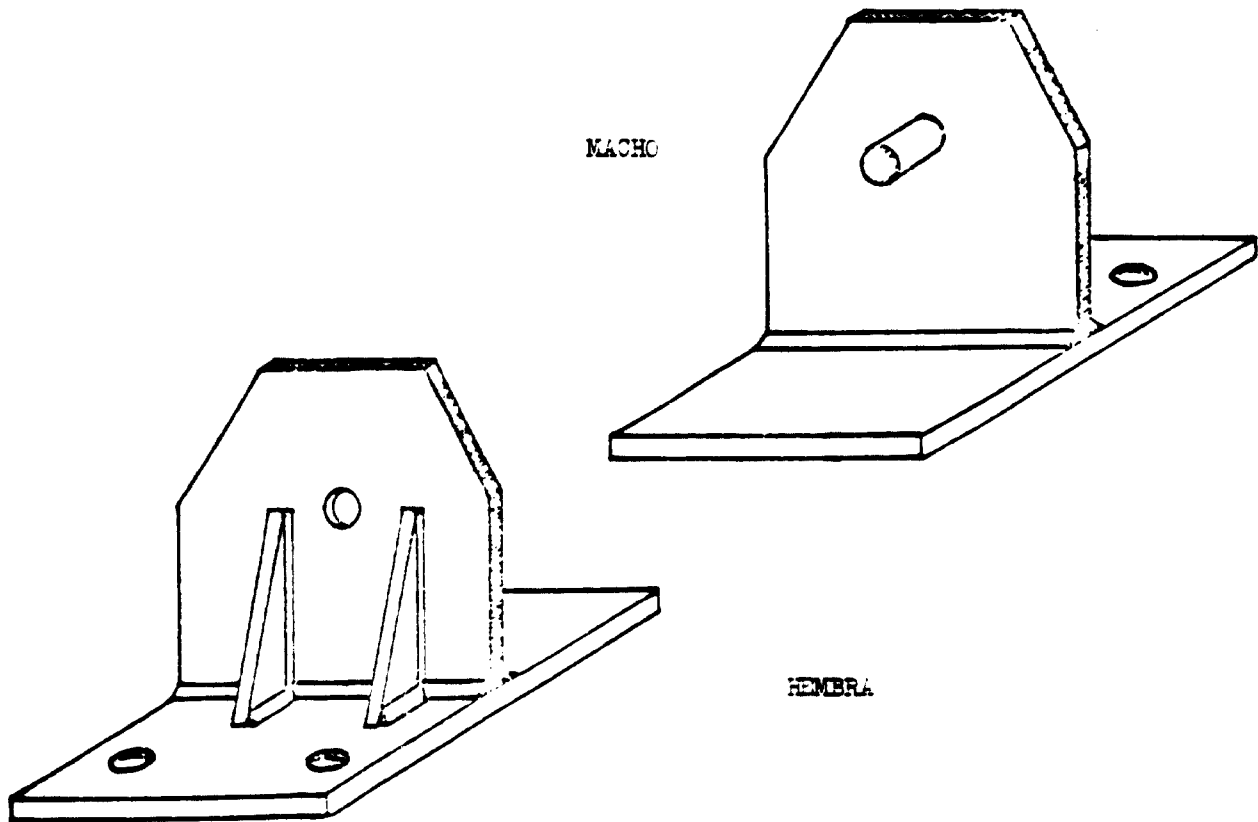
Figura 13. Disposiciones de cerchas y arriostramientos



Placas de apoyo

Los extremos de los paneles básicos están provistos de portamachos y portahembras (véase la figura 14). Se emplea exclusivamente placa de 12 mm, cuyos ángulos superiores se despuntan y utilizar como contrafuertes. El tamaño de la clavija dependerá de la clavija que se emplee en los paneles, pero será de 32 ó 36 mm.

Figura 14. Placas de apoyo situadas en los extremos de los paneles básicos



B. Proceso de diseño

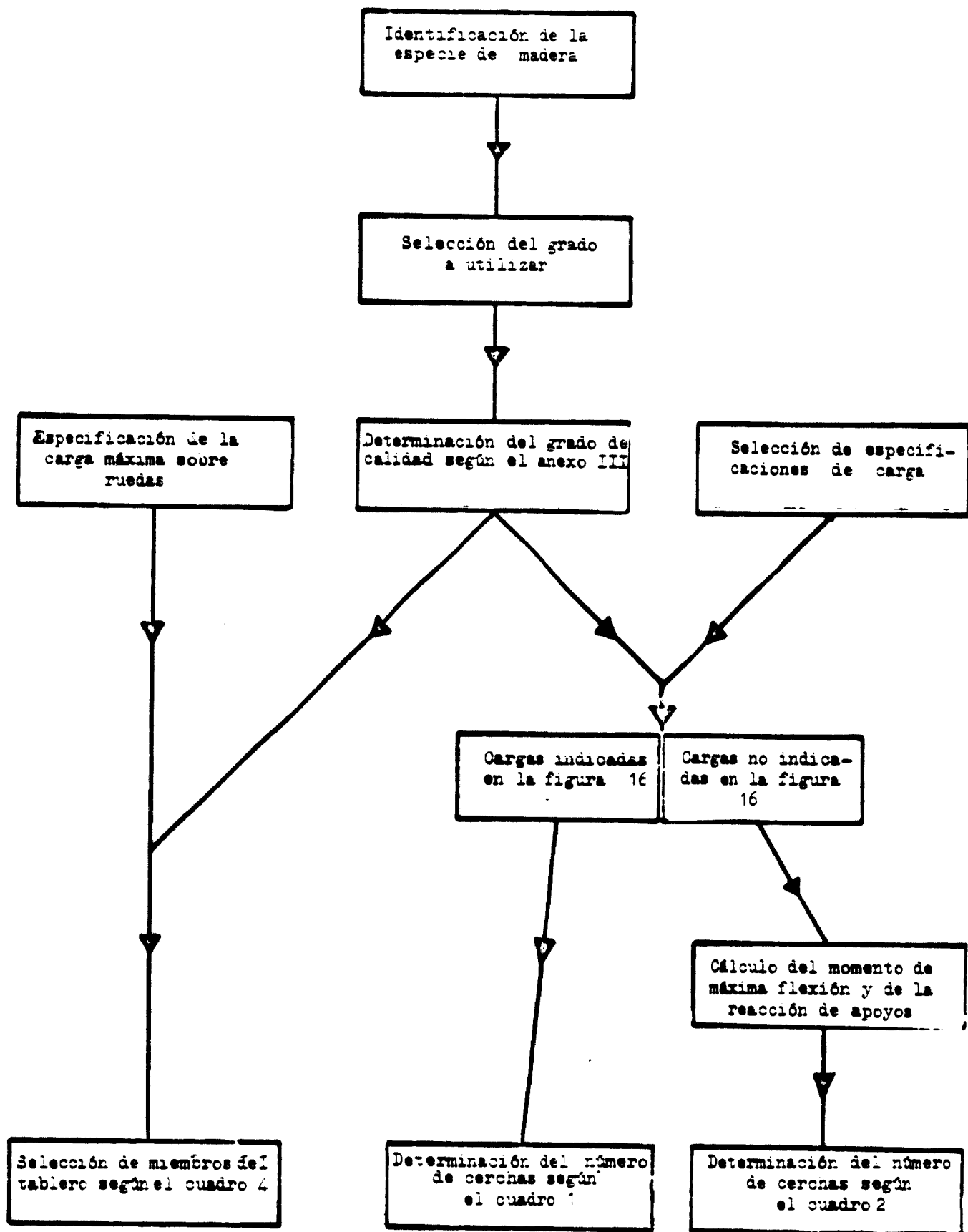
La secuencia viene indicada gráficamente en la figura 15.

Selección de las especies de maderas y de los grados de calidad

En el anexo III, se dan cuadros de especies de maderas procedentes de diversas partes del mundo. No es una lista exhaustiva, pero comprende maderas de calidad adecuada, que le fueron comunicadas al experto por unos 50 departamentos nacionales de ingeniería forestal. Para evitar confusiones cuando se emplean marcas o nombres vernáculos, se dan los nombres botánicos.

Se emplean reglas de graduación (véase el anexo II) para clasificar la madera de una especie determinada como madera de grado 75%, 60% ó 48%. Esta graduación se emplea luego en el anexo III para determinar el grado de calidad correspondiente al tipo de puente de que se trate. Es evidente que hay que emplear un conjunto normalizado de reglas de graduación cuando se trata de diseños estandarizados. Pueden emplearse reglas locales de graduación siempre que sean comparables a las del conjunto normalizado. Hay que asegurarse de que las reglas locales de graduación comprenden todos los defectos indicados en el anexo II respecto de cualquier grado y de que no se rebasa el defecto máximo admisible.

Figura 15. Proceso de diseño



Cuando haya que determinar el grado de calidad de una madera que no figure en la lista, deberán emplearse los grados de calidad aplicables a la madera no identificada de la región de que se trate. Debe señalarse, sin embargo, que hay muchas maderas que, por su durabilidad, características de curado y propiedades de trabajo, no son adecuadas para la construcción de puentes.

En caso de duda, consúltese a los departamentos locales de ingeniería forestal.

Cargas

En la figura 16, se dan diseños para 12 especificaciones de carga diferentes, incluidas las cargas H y HS de la American Association of State Highway Officials (AASHO) y las cargas HA de la British Standard. En la figura 16, se dan también configuraciones típicas de camiones y remolques, a efectos de comparación con las cargas normales.

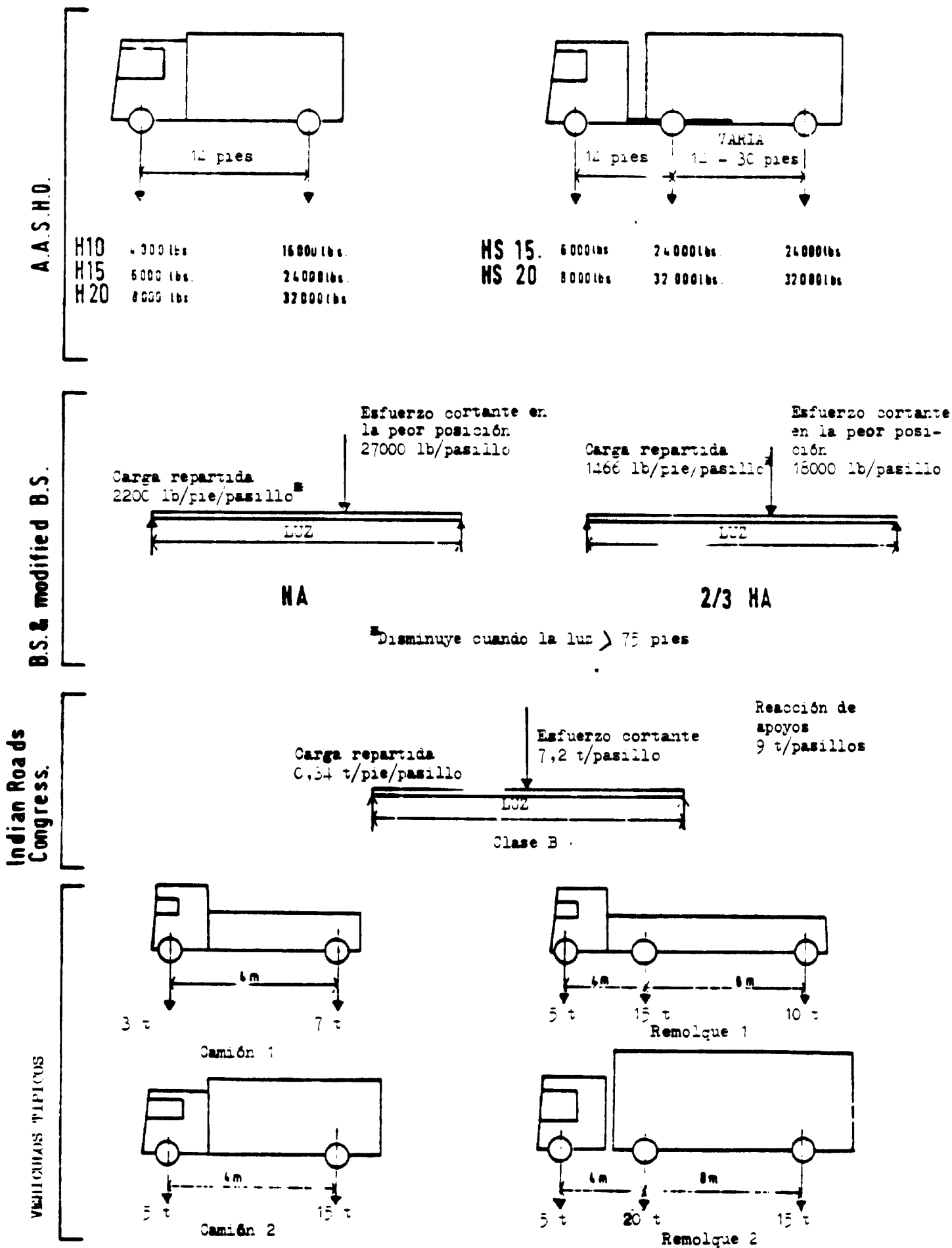
Los puentes de carretera, expuestos a grandes cargas móviles (camiones), deben diseñarse normalmente, para una carga mínima de H20. Los puentes para carreteras rurales de acceso pueden diseñarse para cargas menos pesadas, pero sin olvidar que las cargas tienden a aumentar en todos los países. Los puentes de una capacidad limitada deberán protegerse contra las sobrecargas colocando en ellos indicadores de altura o de carga máxima, y, de aumentar sustancialmente las cargas móviles, deberá aumentarse también la capacidad de los puentes añadiendo más cerchas.

Determinación del diseño (número de cerchas)

Una vez determinado el grado de calidad y seleccionada la carga aplicable en una situación dada, el diseño (número de cerchas) puede obtenerse directamente del cuadro 1. En el caso de cargas no indicadas en el cuadro 1, será preciso determinar, en primer término, el momento de máxima flexión de la carga móvil y la reacción de apoyos. Luego, se podrán obtener los diseños del cuadro 3, en el que se indican los momentos de flexión de las cargas móviles y las reacciones de apoyos disponibles para distintas luces y grados de calidad de la madera.

Las tablas de las cargas de seguridad o admisibles (cuadro 2) indican la capacidad máxima de los puentes de una sola calzada cuando soportan un vehículo de dos ruedas con su peso uniformemente distribuido sobre una distancia de 4 m.

Figura 16. Cargas



Cuadro 1

Número de cercas necesario para lucas y cargas dadas

A. Grado de calidad F4

Carga	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
E 10	4	4	4	4	6	6	8	-	-
E 15	4	6	6	6	8	-	-	-	-
E 20	4	6	6	6	8	-	-	-	-
HS 15	6	6	8	8	-	-	-	-	-
HS 20	6	6	8	8	-	-	-	-	-
2/3 HA	4	4	6	8	-	-	-	-	-
HA	6	8	-	-	-	-	-	-	-
India B	4	4	4	6	8	-	-	-	-
Remolque 1	6	6	6	6	8	-	-	-	-
Remolque 2	6	8	8	8	-	-	-	-	-
Camión 1	2	4	4	4	6	6	8	8	-
Camión 2	6	6	6	8	8	-	-	-	-

B. Grado de calidad F5

Carga	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
H10	2	2	2	4	4	6	6	8	-
H15	4	4	4	6	6	8	-	-	-
H20	4	4	4	6	6	8	-	-	-
HS15	4	6	6	8	8	-	-	-	-
HS20	4	6	6	8	-	-	-	-	-
2/3 HA	2	4	6	8	-	-	-	-	-
HA	6	6	8	-	-	-	-	-	-
India B	2	2	4	6	8	-	-	-	-
Remolque 1	4	4	6	6	8	-	-	-	-
Remolque 2	6	6	6	6	-	-	-	-	-
Camión 1	2	2	4	4	4	6	6	8	-
Camión 2	4	4	6	6	8	8	-	-	-

C. Grado de calidad F7

Carga ^{2/}	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
H 10	2	2	2	4	4	4	6	6	8
H 15	4	4	4	4	4	6	6	8	-
H 20	4	4	4	4	6	8	-	-	-
HS 15	4	4	6	6	8	8	-	-	-
HS 20	4	4	6	6	8	-	-	-	-
2/3 HA	2	2	4	6	8	-	-	-	-
HA	4	6	6	8	-	-	-	-	-
India B	2	2	4	4	6	8	-	-	-
Remolque 1	4	4	4	4	6	8	-	-	-
Remolque 2	4	4	4	6	8	-	-	-	-
Camión 1	2	2	2	2	4	4	6	6	8
Camión 2	4	4	4	4	6	8	8	10	-

D. Grado de calidad F8

Carga ^{2/}	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
H 10	2	2	2	2	4	4	4	6	6
H 15	2	2	4	4	4	6	6	8	8
H 20	2	4	4	4	4	6	8	-	-
HS 15	4	4	4	4	6	8	8	-	-
HS 20	4	4	4	4	6	8	-	-	-
2/3 Ha	2	2	4	6	6	8	-	-	-
HA	4	4	6	8	-	-	-	-	-
India B	2	2	2	4	4	6	8	-	-
Remolque 1	4	4	4	4	6	6	8	-	-
Remolque 2	4	4	4	4	6	8	-	-	-
Camión 1	2	2	2	2	4	4	4	6	6
Camión 2	4	4	4	4	4	6	6	8	-

E. Grado de calidad F11

Carga ^{a/}	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
H 10	2	2	2	2	4	4	6	6	8
H 15	2	2	4	4	4	6	6	8	6
H 20	2	2	2	4	4	6	8	-	-
HS 15	4	4	4	4	6	6	8	-	-
HS 20	2	4	4	6	6	8	-	-	-
2/3 HA	2	2	4	6	6	8	-	-	-
HA	2	4	4	6	6	8	-	-	-
India B	2	2	2	4	4	6	8	8	-
Remolque 1	2	2	4	4	4	6	8	8	-
Remolque 2	4	4	4	4	6	8	8	-	-
Camión. 1	2	2	2	2	4	4	4	6	6
Camión. 2	2	2	4	4	4	6	6	8	8

F. Grado de calidad F14

Carga ^{a/}	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
H 10	2	2	2	4	4	4	4	6	8
H 15	2	4	4	4	4	6	6	8	-
H 20	2	2	4	4	4	6	8	6	8
HS 15	4	4	4	4	6	6	8	-	-
HS 20	2	4	4	4	6	-	-	-	-
2/3 HA	2	2	4	6	6	8	-	-	-
HA	2	4	4	6	-	-	-	-	-
India B	2	2	2	4	4	6	8	8	8
Remolque 1	2	2	4	4	6	6	8	8	8
Remolque 2	2	2	4	4	6	8	8	8	10
Camión. 1	2	2	2	2	4	4	4	6	6
Camión. 2	2	2	4	4	4	6	6	8	8

G. Grado de calidad F17

Carga ^{a/}	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
H 10	2	2	2	2	4	4	4	6	8
					2	4	4	4	4
H 15	2	2	4	4	4	6	6	8	-
						4	4	4	6
H 20	2	2	4	4	4	6	8	-	-
			2	2	4	4	4	6	8
HS 15	2	2	2	4	6	6	8	-	-
				2	4	4	4	6	6
HS 20	2	4	4	4	6	8	-	-	-
		2		4	4	4	6	8	8
2/3 HA	2	2	4	6	6	6	-	-	-
			2	4	4	6	8	8	-
HA	2	4	6	8	6	8	-	-	-
			4	4	6	8	-	-	-
India B	2	2	2	4	4	6	8	-	-
				2	4	4	4	6	-
Remolque 1	2	2	4	4	4	6	8	-	-
			2	2	4	4	6	6	8
Remolque 2	2	2	4	4	6	8	-	-	-
			2	4	4	6	6	8	10
Camión 1	2	2	2	2	4	4	-	6	8
					2	2	4	4	4
Camión 2	2	2	4	4	6	6	8	-	-
			2	2	4	4	4	6	6

H. Grados de calidad F22, 27 y 34

Carga ^{a/}	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
H 10	2	2	2	2	4	4	6	6	8
					2	4	4	4	4
H 15	2	4	4	4	4	6	6	8	-
						4	4	6	6
H 20	2	2	4	4	4	6	8	-	-
			2	2	2	4	4	6	8
HS 15	4	4	4	4	6	8	8	-	-
					4	4	6	6	8
HS 20	2	4	4	6	6	8	-	-	-
		2	4	4	4	6	6	8	8
2/3 HA	2	2	4	6	6	-	-	-	-
			2	4	4	6	8	8	-
HA	2	4	6	8	-	-	-	-	-
			4	4	6	8	-	-	-
India B	2	2	2	4	6	6	8	-	-
				2	4	4	6	6	8
Remolque 1	2	2	4	4	6	6	8	-	-
			2	2	4	4	6	6	8
Remolque 2	2	2	4	4	6	8	-	-	-
					4	6	6	8	-
Camión 1	2	2	2	2	4	4	6	6	8
					2	2	4	4	4
Camión 2	2	2	4	4	6	6	8	-	-
			2	2	4	4	4	6	6

a/ Para detalles, véase la figura 16.

Cuadro 2
Cargas admisibles
(Toneladas)

A. Construcción de dos cerchas

Grado de calidad	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
F 4	5,3	4,4	3,9	2,7	2,2	1,6	1,2	0,8	0,5
F 5	6,7	5,5	4,9	3,4	2,8	2,0	1,4	0,9	0,6
F 7	8,1	7,0	6,3	4,5	3,7	2,8	2,1	1,5	0,8
F 8	10,9	9,0	8,1	5,8	4,7	3,6	2,6	2,0	1,4
F 11	13,8	11,5	8,6 10,4	6,0 7,4	4,9 6,1	3,7 4,7	2,8 3,7	2,1 2,9	1,5 2,1
F 14	17,0	13,0 14,1	8,4 12,8	5,8 9,7	4,7 7,9	3,5 6,2	2,6 5,0	1,9 3,9	1,3 3,0
F 17	16,8	12,8 13,9	8,2 12,6	5,5 10,0	4,5 8,2	3,3 6,4	2,4 5,0	1,6 4,0	1,0 3,0
F 22, 27 y 34	16,7	12,6 13,7	7,9 12,3	5,1 9,6	4,3 8,0	3,0 6,1	2,1 4,7	1,3 3,7	0,4 2,7

B. Construcción de cuatro cerchas

Grado de calidad	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
F 4	5,5	4,6	4,1	3,0	2,3	1,6	1,2	0,8	0,5
F 5	6,9	5,7	5,2	3,8	3,0	2,1	1,6	1,1	0,8
F 7	8,8	7,3	6,7	4,9	3,7	2,8	2,2	1,6	1,1
F 8	10,7	9,4	8,6	6,4	4,8	3,7	2,9	2,2	1,6
F 11	14,1	11,9	9,1 10,9	6,6 8,1	5,0 6,2	3,8 4,8	2,9 3,8	2,2 3,0	1,6 2,3
F 14	17,4	13,5 14,6	9,0 13,4	6,5 10,4	4,8 8,0	3,6 6,3	2,7 5,0	3,0 4,0	1,3 3,1
F 17	17,3	13,4 14,7	8,9 13,3	6,3 10,8	4,6 8,3	3,4 6,5	2,5 5,1	1,7 4,0	1,0 3,1
F 22, 27 y 34	17,2	13,2 14,4	8,7 13,1	6,1 10,6	4,4 8,1	3,1 6,2	2,2 4,8	1,3 3,7	0,6 2,7

C. Construcción de seis cerchas

Grado de calidad	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
F 4	5,6	4,6	4,2	3,1	2,3	1,8	1,3	1,0	0,7
F 5	7,0	5,8	5,3	3,9	3,0	2,3	1,8	1,3	1,0
F 7	8,9	7,4	6,8	5,1	3,9	3,0	2,4	1,9	1,4
F 8	11,3	9,5	8,7	6,5	5,0	4,0	3,2	2,5	2,0
F 11	14,3	12,6	9,3 11,0	6,8 8,3	5,2 6,4	4,1 5,1	3,2 4,1	2,6 3,3	2,0 2,7
F 14	17,6	13,6 14,8	9,2 13,6	6,7 10,6	5,1 8,3	4,0 6,6	3,1 5,4	2,4 4,4	1,8 3,6
F 17	17,5	13,6 14,8	9,1 13,5	6,6 11,1	5,0 8,6	3,8 6,9	2,9 5,5	2,2 4,5	1,5 3,6
F 22, 27 y 34		13,4 14,6	9,0 13,4	6,4 10,9	4,8 8,4	3,6 6,7	2,6 5,3	1,9 4,2	1,2 3,3

D. Construcción de ocho cerchas

Grado de calidad	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
F 4	5,6	4,7	4,4	3,2	2,4	1,8	1,4	1,0	0,8
F 5	7,0	5,9	5,4	4,0	3,1	2,4	1,9	1,5	1,1
F 7	8,9	7,5	6,9	5,1	4,0	3,1	2,5	2,0	1,6
F 8	11,3	9,6	8,8	6,6	5,1	4,1	3,3	2,7	2,1
F 11	14,3	12,1	9,4 11,1	6,9 8,4	5,4 6,6	4,3 5,3	3,4 4,3	2,7 3,5	2,2 2,9
F 14	17,6	13,7 14,9	9,3 13,7	6,8 10,7	5,3 8,4	4,1 6,8	3,3 5,6	2,6 4,6	2,0 3,8
F 17	17,5	13,6 14,8	9,2 13,6	6,6 11,2	5,1 8,8	4,0 7,1	3,1 5,8	2,4 4,7	1,8 3,9
F 22, 27 y 34	17,4	13,5 14,7	9,1 13,5	6,6 11,1	5,0 8,6	3,8 6,9	2,9 5,6	2,2 4,5	1,5 3,6

Cuadro 3

Momentos de flexión de la carga móvil y reacciones de apoyos

A. Grado de calidad F4

Número de cerchas	Luz (m)									
	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
2	a	71	68	64	61	56	54	51	47	-
	b	226	214	196	173	145	111	73	29	-
	c	226	214	196	173	145	111	73	29	-
4	a	147	142	138	133	129	124	120	115	111
	b	460	444	420	389	352	308	257	200	135
	c	460	444	420	389	352	308	257	200	135
6	a	223	217	212	206	200	195	189	184	178
	b	694	673	644	606	560	505	442	370	290
	c	694	673	644	606	560	505	442	370	290
8	a	299	292	285	279	272	265	258	252	245
	b	928	903	867	822	767	702	626	541	445
	c	928	903	867	822	767	702	626	541	445

B. Grado de calidad F5

Número de cerchas	Luz (m)									
	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
2	a	89	85	81	78	74	70	66	62	58
	b	283	268	248	222	190	153	109	60	5
	c	283	268	248	222	190	153	109	60	5
4	a	184	179	174	169	164	159	154	149	145
	b	574	555	528	495	453	404	347	283	211
	c	574	555	528	495	453	404	347	283	211
6	a	278	272	266	260	253	247	241	235	229
	b	865	841	809	767	716	655	585	506	418
	c	865	841	809	767	716	655	586	506	418
8	a	373	366	358	351	343	336	329	321	314
	b	1.155	1.128	1.089	1.039	979	906	824	730	624
	c	1.155	1.128	1.089	1.039	979	906	824	730	624

C. Grado de calidad F7

Número de cerchas	Luz (m)									
	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
2	a	114	110	105	101	96	92	88	83	79
	b	360	344	320	291	254	211	161	105	42
	c	360	344	320	291	254	211	161	105	42
4	a	234	229	223	217	212	206	200	195	189
	b	729	708	679	640	593	538	474	401	320
	c	729	708	679	640	593	538	474	401	320
6	a	355	348	341	334	327	320	313	306	299
	b	1.099	1.073	1.037	990	932	864	786	697	598
	c	1.099	1.073	1.037	990	932	864	786	697	598
8	a	475	467	459	450	442	434	426	418	409
	b	1.469	1.438	1.395	1.339	1.271	1.191	1.098	993	875
	c	1.469	1.438	1.395	1.339	1.271	1.191	1.098	993	875

D. Grado de calidad F8

Número de cerchas	Luz (m)									
	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
2	a	146	141	136	131	126	120	115	110	105
	b	459	440	413	379	337	287	230	165	93
	c	459	440	413	379	337	287	230	165	93
4	a	299	293	286	280	273	267	260	254	247
	b	928	904	870	827	773	710	637	555	463
	c	928	904	870	827	773	710	637	555	463
6	a	452	444	437	429	421	413	405	397	389
	b	1.398	1.369	1.328	1.275	1.209	1.133	1.045	944	832
	c	1.398	1.369	1.328	1.275	1.209	1.133	1.045	944	832
8	a	606	596	581	578	569	559	550	541	532
	b	1.868	1.833	1.785	1.722	1.646	1.556	1.452	1.334	1.202
	c	1.868	1.833	1.785	1.722	1.646	1.556	1.452	1.334	1.202

E. Grado de calidad F11

Número de cerchas	Luz (m)									
	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
2	a	184	179	173	167	161	155	150	144	138
	b	483	461	430	390	343	283	220	146	63
	c	578	557	526	487	439	382	317	242	159
4	a	378	370	363	356	348	341	334	326	319
	b	978	950	912	862	802	730	647	554	449
	c	1.170	1.143	1.104	1.054	994	922	840	746	641
6	a	571	562	553	544	535	527	518	509	500
	b	1.473	1.440	1.393	1.334	1.260	1.174	1.074	961	835
	c	1.762	1.728	1.682	1.622	1.549	1.462	1.362	1.249	1.123
8	a	764	754	743	733	722	712	702	691	681
	b	1.969	1.930	1.875	1.805	1.719	1.618	1.501	1.368	1.220
	c	2.353	2.314	2.260	2.189	2.104	2.002	1.885	1.753	1.605

F. Grado de calidad F14

Número de cerchas	Luz (m)									
	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
2	a	227	220	213	206	200	193	186	180	173
	b	479	455	420	374	319	253	178	92	-
	c	734	708	674	628	573	508	432	347	251
4	a	463	455	446	438	430	421	413	404	396
	b	975	943	899	843	773	692	597	490	371
	c	1.483	1.451	1.406	1.351	1.282	1.200	1.105	998	879
6	a	700	690	680	670	660	649	639	629	619
	b	1.470	1.432	1.379	1.311	1.228	1.130	1.016	888	744
	c	2.232	2.194	2.141	2.073	1.990	1.892	1.779	1.650	1.507
8	a	936	925	913	901	889	878	866	854	842
	b	1.965	1.921	1.859	1.779	1.682	1.568	1.435	1.286	1.118
	c	2.981	2.937	2.875	2.796	2.699	2.584	2.452	2.302	2.134

G. Grado de calidad F17

Número de cerchas	Luz (m)									
	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
2	a	225	217	209	202	194	186	179	171	164
	b	477	448	408	357	294	219	133	36	0
	c	769	740	700	649	586	511	425	328	219
4	a	461	451	442	433	423	414	404	395	385
	b	972	936	886	822	744	651	544	423	288
	c	1.555	1.520	1.470	1.406	1.328	1.235	1.128	1.007	872
6	a	697	686	675	663	652	641	629	618	607
	b	1.466	1.423	1.364	1.287	1.194	1.083	955	811	649
	c	2.342	2.299	2.240	2.163	2.070	1.959	1.831	1.687	1.525
8	a	934	920	907	894	881	868	854	841	828
	b	1.960	1.911	1.842	1.753	1.644	1.515	1.366	1.198	1.010
	c	3.128	3.079	3.010	2.920	2.812	2.683	2.534	2.366	2.178

H. Grados de calidad F22, 27 y 34

Número de cerchas	Luz (m)									
	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
2	a	222	213	205	196	187	178	169	160	151
	b	473	440	394	334	261	174	74	0	0
	c	765	732	686	626	553	466	367	254	128
4	a	458	447	436	425	414	403	393	382	371
	b	967	926	869	795	705	598	475	336	180
	c	1.551	1.510	1.453	1.379	1.289	1.182	1.059	920	764
6	a	694	681	668	655	642	629	616	603	590
	b	1.461	1.412	1.344	1.256	1.149	1.022	876	710	525
	c	2.337	2.288	2.200	2.132	2.025	1.898	1.752	1.586	1.401
8	a	930	915	900	885	870	855	839	824	809
	b	1.955	1.898	1.819	1.717	1.593	1.446	1.277	1.085	870
	c	3.123	3.066	2.987	2.885	2.761	2.614	2.445	2.253	2.038

Clave: a. Corte disponible (kN)

b. Momento de flexión disponible del cordón liviano (kN m)

c. Momento de flexión disponible del cordón pesado (kN m)

Diseño del tablero

En el cuadro 4, se indican las dimensiones recomendadas para los miembros del tablero con diferentes cargas sobre ruedas y maderas de diversos grados de calidad. Si se utilizan maderas susceptibles de desgaste rápido, deberán emplearse especies más duras o densas para los largueros. Tal ocurrirá, probablemente, en el caso de la mayoría de las maderas de grado de calidad F11 o inferior. Una solución consiste en fijar a la parte superior de los tablonos una chapa estriada que actúe como superficie de desgaste.

Cuadro 4

Diseño del tablero
(altura del tablero requerida, en mm)

A. Puentes de dos cerchas

Carga sobre ruedas (t)	F4	F5	F7	F8	F11	F14	F17	F22	F27	F34
1	100	100	75	75	75	75	75	75	75	75
2	125	125	100	100	100	75	75	75	75	75
3	150	150	125	125	100	100	100	75	75	75
4	-	-	150	125	125	100	100	100	75	75
5	-	-	-	150	125	125	100	100	100	75
6	-	-	-	-	150	125	125	100	100	100

B. Puentes de cuatro, seis y ocho cerchas

Carga sobre ruedas (t)	F4	F5	F7	F8	F11	F14	F17	F22	F27	F30
1	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
2	100	75	75	75	75	75	75	75	75	75
3	100	100	100	75	75	75	75	75	75	75
4	125	100	100	100	75	75	75	75	75	75
5	150	125	100	100	100	75	75	75	75	75
6	150	125	125	100	100	100	75	75	75	75

II. ADQUISICION DE MATERIALES Y MONTAJE

A. Adquisición de acero

Se supone que se empleará acero de una resistencia máxima a la tracción de 435-494 N/mm² (28-32 t/pul²) y de una carga mínima de deformación remanente de 236 N/mm² (15,25 t/pul²). El acero dulce suministrado por la mayoría de los fabricantes responderá a esa norma; no deberá utilizarse acero de calidad inferior. En caso de duda, se consultará a algún laboratorio, gubernamental o privado, de ensayo de materiales sobre la calidad del acero en cuestión. En algunas partes, se han experimentado dificultades en obtener barras de mayor diámetro. De no poder obtenerse de los proveedores de acero para construcciones, es posible que los proveedores de tecnología mecánica dispongan de acero para árboles de las dimensiones requeridas. El acero para árboles suele hacerse de una aleación distinta del acero, y, según su composición, ha de soldarse con varillas especiales.

En el cuadro 5, se indican las cantidades de acero requeridas por panel.

B. Adquisición y tratamiento de la madera

Adquisición

Deberá encargarse madera de la especie y grado de calidad previstos por el diseño y dejar que se seque. El tiempo de secado requerido dependerá de la especie, del método de secado y del clima.

Es conveniente encargar la madera en longitudes tales que permitan cortar las piezas con un mínimo de desechos. Aun cuando haya de pagarse un precio más elevado por los pedidos de longitudes específicas, normalmente resultará más barato que tener una alta tasa de desechos al cortar madera de longitudes variadas.

Deberán verificarse las dimensiones, y, en el caso de madera verde, ésta se aserrará en longitudes algo mayores, a fin de prever la contraacción que se produce durante el secado. La sobredimensión dependerá de la especie.

Corte según las dimensiones requeridas

Las dimensiones de los componentes de los paneles se dan en la figura 4. Las plantillas que muestra la figura 5 pueden utilizarse para cortar la madera según las dimensiones deseadas. La madera puede aserrarse verde; esto será necesario si se emplea el método de tratamiento por difusión.

Cuadro 5

Cantidades de acero requeridas por panel

(Los pesos y áreas de las placas de acero comprenden los agujeros y los recortes de biselado)

Núm. de la figura	Placa	Área (m ²)				Peso (kg)				Longitud de la barra (m)		
		6 mm	9 mm	12 mm	15 mm	6 mm	9 mm	12 mm	15 mm	32 mm ϕ	38 mm ϕ	50 mm ϕ
19	1		0,086									
20	1A		0,094									0,055
23	Cordón 2	0,325						15,27				0,055
23	Cordón 2A	0,268	0,054					12,59		5,07		
26	3		0,017	0,017						1,64		
26	4		0,017	0,017						1,64		0,055
28	5	0,056	0,012					2,64	0,84			
24	Cordón 6	0,485	0,015					21,85	1,05			
25	Cordón 6A	0,402			0,077			18,88			9,28	
27	E	0,022						0,32				
21	9		0,086									0,06
22	9A		0,094									0,06
26	10		0,017							1,64		
26	11		0,017							1,64		
27	13		0,012							0,84		
29	Porta- macho			0,091							8,55	0,055(0,055) ^{a/}
29	Porta- hembra			0,091							8,55	

^{a/} Para grandes cargas.

Espigas por panel

68 pzs 58 mm largo; 48 pzs 100 mm largo;
Largo de la barra de 12 mm ϕ : aprox. 8,2 m

Clavos por panel

Aprox. 1,1 kg, 100 mm x 4,88 mm ϕ

Pernos por panel

12 mm ϕ 2 pzs 150 mm largo
25 mm ϕ 1 pzs 150 mm largo
25 mm ϕ 2 pzs 250 mm largo, con arandelas
de 2,75 mm

En esta fase, pueden perforarse los agujeros de 27 mm de diámetro, operación que también puede realizarse después del montaje, siempre y cuando se aplique un agente de conservación a cada uno de los orificios.

Para los componentes de madera previamente aserrados, una tolerancia de 2 mm puede considerarse aceptable. Los componentes "sobredimensionados", naturalmente, no encajarán en el soporte de montaje. En el cuadro 6, se dan las cantidades de madera requeridas por panel.

Cuadro 6

Cantidades de madera requeridas por panel

Miembro ^{a/}	Dimensiones (mm)	Largo encargado (m)	Número por panel	Volumen (m ³)
1T	250 x 50	3,3	2	0,0825
2T	200 x 50	2,4	4	0,0960
3T	150 x 50	1,7	2	0,0255
4T	100 x 50	1,3	2	0,0130
Total				0,2170 ^{b/}

a/ Véase la figura 4.

b/ Volumen neto en el panel montado = 0,191 m³.

Secado

La descripción detallada de todos los métodos de curado de la madera es tarea que rebasa los propósitos del presente informe. El diseño en cuestión requiere madera desecada hasta un 5%, aproximadamente, del equilibrio higroscópico (EH). El EH es el valor que se alcanzaría en condiciones de servicio, y depende de la humedad del aire y de la región tropical. Los siguientes datos pueden servir de pauta aproximada:

	<u>EH (%)</u>
Regiones de clima caliente y seco (desiertos, sabanas o chaparrales)	10-12
Altiplanos tropicales (a más de 1.500 m)	12-14
Litorales y bosques tropicales	14-18

La mejor manera de medir el grado de humedad consiste en emplear un higrómetro. Hay que asegurarse de que los electrodos son lo suficientemente largos para que puedan alcanzar el centro de la madera. En algunas maderas hay gradientes de humedad bruscos, por lo que las medidas tomadas en la superficie pueden dar una falsa impresión del grado de humedad de toda la pieza.

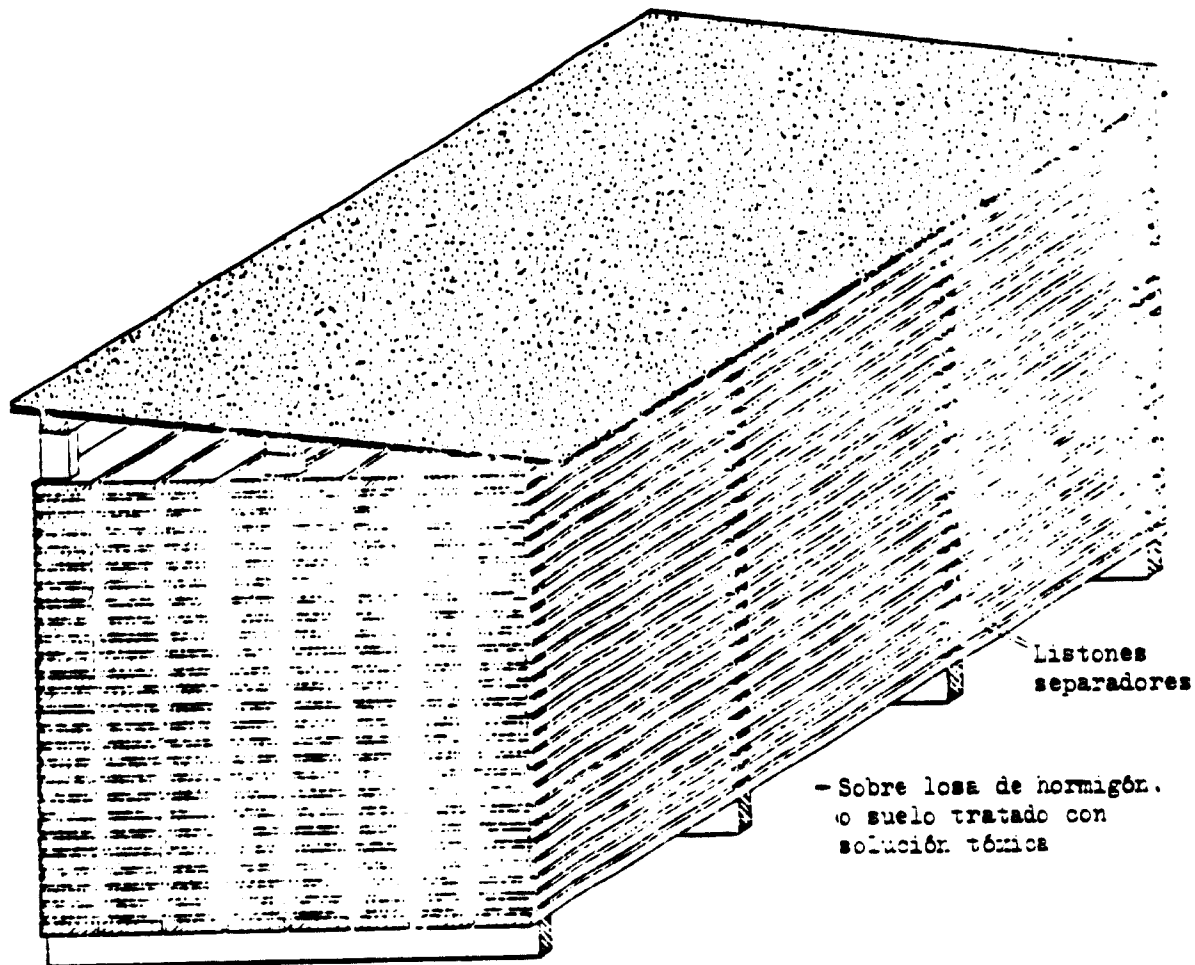
La mayor parte de los higrómetros están calibrados para especies procedentes de la zona templada; por consiguiente, deberán solicitarse de los funcionarios de los Departamentos de Ingeniería Forestal nacionales los datos de calibración necesarios para las maderas locales.

Secado al aire

Para el secado al aire, que es el método más común, la madera deberá apilarse, bajo techo, sobre una superficie bien desaguada y sin tocar el suelo, según muestra la figura 17.

Cuando no pueda disponerse de una base de hormigón, la parte del terreno sobre la que se apile la madera deberá tratarse con una solución insecticida apropiada de larga actividad para prevenir posibles ataques de los termites.

Figura 17. Método de apilamiento de la madera secada al aire



El grosor de los listones separadores suele ser de unos 18 mm. En el caso de maderas de difícil curado, deberán emplearse listones de 12 mm. Los listones se dispondrán uno encima de otro.

El tiempo requerido para el curado dependerá de la especie y del clima. En los climas tropicales, algunas maderas blandas requieren sólo 6 semanas, mientras que algunas de las maderas duras más densas requieren por lo menos 25.

Los extremos de las maderas tienden a secarse mucho antes que el resto, por lo que deberán recubrirse con politeno, o pintarse con alquitrán, para impedir que se rajen. Esta precaución es particularmente importante en el caso de maderas duras densas.

Hornos solares

La figura 16 muestra un horno solar basado en un diseño puesto a punto para el Departamento de Ingeniería Forestal de Uganda.^{1/} En este tipo de horno, se calienta el aire en la cavidad del techo, y luego se lo hace circular, mediante uno o más ventiladores, alrededor de la madera apilada. Con este método, el tiempo requerido para secar maderas duras podría reducirse en hasta un 50%; este método sería claramente interesante en los casos en que el secado al aire libre plantease dificultades.

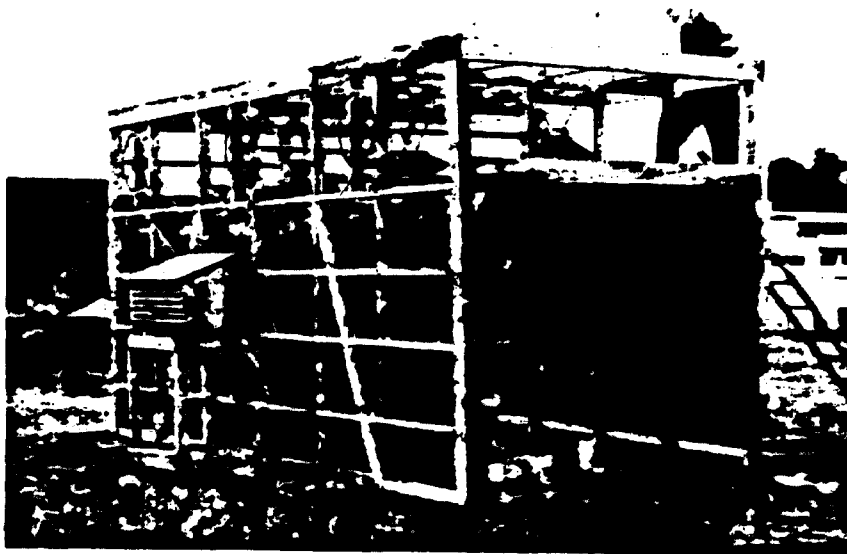
Figura 16. Horno solar

A. Vista de la parte trasera, con los ventiladores dispuestos encima del absorbedor



^{1/} Para más información, véase: "Los hornos solares y su idoneidad para los países en desarrollo", de R.A. Plumptre (ID/WG.151/4).

B. Vista de frente, que muestra los absorbedores
y el método de accionamiento
de los ventiladores



El número de ventiladores, la disposición del apilamiento y el volumen del flujo de aire dependerán de las especies que se vayan a secar, por lo que será preciso realizar algunos experimentos para determinar éstas. La experiencia adquirida con los primeros hornos indica que la corriente de aire debe reducirse en las fases iniciales de secado, es que hay que evitar los altos gradientes de humedad, pero puede aumentarse sustancialmente más tarde.

Secado en hornos de tipo clásico

Este método no resultará económico a menos que la construcción de puentes vaya acompañada de la fabricación de otros productos que requieran madera desecada.

Los hornos de aire caliente de bajo costo que emplean bidones de petróleo o medios similares deberán utilizarse con precaución, pues se ha comprobado que este tipo de secaderos puede degradar considerablemente la madera.

Tratamiento

El duramen de la mayor parte de las maderas duras enumeradas en el anexo III puede considerarse duradero. Si se emplean alburas, maderas blandas o maderas duras no duraderas, será necesario prever algún método de tratamiento químico. De los dos métodos descritos a continuación -tratamiento por difusión y tratamiento a presión- el primero ofrece la ventaja de que requiere poco capital, si bien no resulta adecuado en los casos en que la madera está permanentemente mojada.

Tratamiento por difusión

Se aplica a la superficie exterior de la madera verde una solución concentrada de sustancias químicas apropiadas; esta solución se difunde hasta el interior del material mediante moléculas que se desplazan en un gradiente de concentración descendente. La

sustancia química que suele aplicarse en este método se conoce por BFCA, y es una mezcla de borofluoruro, cromo y arsénico altamente termitocida. El crecimiento de hongos se impide añadiendo pentaclorofenato sódico al 1%. Esta mezcla es soluble en agua fría, recomendándose una solución del 30% por peso en agua.

El grado mínimo de humedad que ha de tener la madera es de un 50%, lo que significa que el tratamiento deberá llevarse a cabo en la primera o segunda semana siguiente a la tala. Según este método, las piezas previamente cortadas se inmergen en la solución (o pueden también pulverizarse), se apilan compactamente y se envuelven en hoja de plástico. La madera se deja reposar así de 4 a 8 semanas, según la especie, y luego se apila para que se seque en la forma habitual.

La profundidad de penetración puede verificarse utilizando los siguientes reactivos:

- a) Solución A: Añádanse 10 g de polvo de cúrcuma a 100 ml de metanol/alcohol al 95%, y hiérvase la mezcla durante una hora en un refrigerante de reflujo. Enfríese la solución y fíltrese. Esta solución deberá prepararse de nuevo cada 2 meses;
- b) Solución B: Añádanse 20 ml de ácido clorhídrico concentrado a 80 ml de etanol/metanol al 95%, y satúrese la solución con ácido salicílico. Déjese reposar la solución y elimínense los sólidos sobrantes por filtrado. Esta solución no se deteriorará.

Se tratan piezas testigo de 1 m de largo con los componentes ordinarios. Después del tratamiento, se cortan unas rebanadas oblongas finas (10 mm de espesor) en puntos situados, por lo menos, a 200 mm del extremo de las piezas. Se secan las rebanadas si no están curadas aún. Luego, se aplica uniformemente la solución A con pulverizador sobre toda la superficie de una pieza. Transcurridos 5 minutos, se aplica también uniformemente la solución B con pulverizador, de forma que la madera quede saturada. Luego, se dejan reposar las muestras durante 10 minutos.

Un color rojo indicará un equivalente de ácido bórico al 0,3%. Por lo general, una penetración de 9 mm con una solución al 0,3% puede considerarse satisfactoria. Si la penetración es de menos de 9 mm, se requerirá un tiempo de propagación más largo.

Es importante recordar que las sales son tóxicas y peligrosas, tanto en forma seca como en solución. Las personas que manipulen el material deberán llevar ropa protectora y lavarse el rostro y las manos antes de los descansos y al final de la jornada.

Tratamiento a presión

Se utilizan comúnmente dos métodos, denominados de "célula llena" y de "célula vacía". En el primero, se aplican agentes preservativos transportados por agua, mientras que en el segundo -salvo en los casos de exposición extrema- se utilizan agentes preservativos transportados por aceite, mientras que en el segundo -salvo en los casos de exposición extrema- se utilizan agentes preservativos transportados por aceite. Los preservativos más corrientes son:

Aceites preservativos y preservativos transportados por aceite

Creosota

Soluciones de creosota-carbón-alquitrán

Soluciones de creosota-petróleo

Pentaclorofenol

Naftenato de cobre

Preservativos transportados por agua

- Cloruro de zinc cromado (CZO)
- Cloruro de zinc cromado cobreado (CZCO)
- Tanalita (sales de Wolmar)
- Cromato cáprico ácido (Celicure)
- Arseniato de cobre cromado (ASCU, sal verde, endalita) (ACC)
- Metaarsenito de zinc (MAZ)
- Arsenito de cobre amónico (Chemonite)
- Arsenito de zinc cromado (sal de Bolidex)

La elección del preservativo a utilizar dependerá de su disponibilidad y costo. Se dice que todos los preservativos son eficaces contra los ataques de los termites; cuando se utilizan en climas tropicales, se recomienda añadir al pentaclorofenol por lo menos un 1% de un insecticida a base de hidrocarburo clorado persistente, como el lindano o el aldrin.

a) Método de célula llena: Utilícese madera que haya sido curada hasta casi su grado de humedad final.

1. Colóquese la madera en el cilindro de tratamiento herméticamente cerrado y aplíquese un vacío para extraer el aire de éste y, en la medida de lo posible, de la madera.
2. Calientese el agente preservativo hasta una temperatura ligeramente superior a la de tratamiento, y viértase en el cilindro sin que penetre aire. Las temperaturas de tratamiento para las soluciones transportadas por aceite y para la mayor parte de las transportadas por agua deberán estar comprendidas entre 88°C y 92°C (191°F y 200°F); las correspondientes a las sales de cromo deberán ser de unos 70°C (160°F), a fin de evitar la precipitación del preservativo.
3. Una vez llenado el cilindro, aplíquese presión hasta lograr el grado de retención del aceite requerido. (Más abajo, se indican los grados de retención recomendados.) La presión y el tiempo de tratamiento necesarios para alcanzar esos grados de retención dependerán de la especie y la presión utilizada, que variará entre 7 y 14 kg/cm² (100 a 200 lb/pul²). Muchas maderas blandas son sensibles a las altas temperaturas y presiones, pudiendo sufrir daños a presiones superiores a 10 kg/cm² (140 lb/pul²).
4. Extráigase el preservativo del cilindro.
5. Aplíquese un breve vacío final para extraer el preservativo sobrante.
6. Déjese secar la madera hasta que alcance el grado de humedad de servicio.

b) Método de célula vacía: Utilizanse comúnmente dos métodos de célula vacía: el Rueping y el Lowry. A continuación, se describe el primero de ellos:

1. Colóquese la madera en el cilindro de tratamiento herméticamente cerrado e introdúzcase aire a presión. La presión utilizada y el tiempo de aplicación variarán según la especie de la madera. Por lo general, se aplican presiones de 2 a 14 kg/cm² (35 a 200 lb/pul²) durante unos 10 minutos, o menos.
2. Introdúzcase, mediante bombeo, el agente preservativo en el cilindro y déjese escapar el aire, pero manteniendo la presión inicial. Esto se logra empleando un tanque de compensación.
3. Cuando se haya llenado el cilindro del preservativo, aumentese la presión y manténgase durante todo el tiempo necesario para alcanzar el grado de retención que se desee. Las presiones variarán entre 10 y 14 kg/cm² (140 y 200 lb/pul²); las maderas blandas se tratan a las presiones más bajas.
4. Aplíquese un vacío final para extraer del cilindro el agente preservativo sobrante.

El método Lowry es similar al Rueping, con la sola diferencia de que no se emplea presión de aire inicial y de que el aire expulsado del cilindro por la introducción del preservativo sale a la presión atmosférica.

Grados de retención recomendados para los puentes

	<u>Retención neta</u>	
	<u>kg/m³</u>	<u>lb/pie³</u>
Creosota	96	6
Soluciones de creosota-carbón-alquitrán	96	6
Soluciones de creosota-petróleo	112	7
Pentaclorofenol	96	6
Naftenato de cobre	96	6
Celcure	8	0,5
Chemonite	5	0,3
Cloruro de zinc cromado	12	0,75
Tanalita	6	0,35
Sal de Boliden	8	0,50
Arseniato de cobre cromado	8	0,50

Por lo general, la mayoría de los laboratorios estatales de materiales cuentan con medios para verificar la retención neta.

C. Componentes de acero

Corte y taladrado

En las figuras 19-29, se dan las dimensiones de los componentes de acero. Todos ellos, incluidos los cordones, pueden cortarse con soplete, siempre que no se rebase la tolerancia de ± 1 mm. Los agujeros deberán marcarse con punzón y perforarse con ayuda de plantillas de chapa de acero de galga 24.

En algunos países, el largo corriente de la banda de 100 mm x 6 mm con que se hacen los cordones de acero es de 6 m. Esto significa que se producen considerables pérdidas cuando el cordón corriente mca. 2, que tiene una longitud de 3,1 m, se corta de una banda normal. En tales casos, es preferible utilizar los otros cordones, 2A y 6A, indicados en las figuras 23 y 25.

Soldeo

Al ensayar los componentes de acero, se ha comprobado que la mayor parte de las fallas corresponden a las soldaduras. Es importante, pues, atenerse rigurosamente a las indicaciones de los dibujos respecto al tamaño de las soldaduras, sobre todo cuando se inserta una clavija en un orificio practicado en una placa y se suelda por el lado opuesto, como ocurre en las placas de panel 1 y 9.

En ningún caso deberán formarse componentes soldando piezas de acero más cortas o más pequeñas, salvo cuando así se especifique en los dibujos.

Cuando vayan a soldarse aceros de diferente composición, se aplicarán las observaciones hechas en la sección A, "Adquisición de acero", del capítulo II.

Figura 19. Placa de panel 1

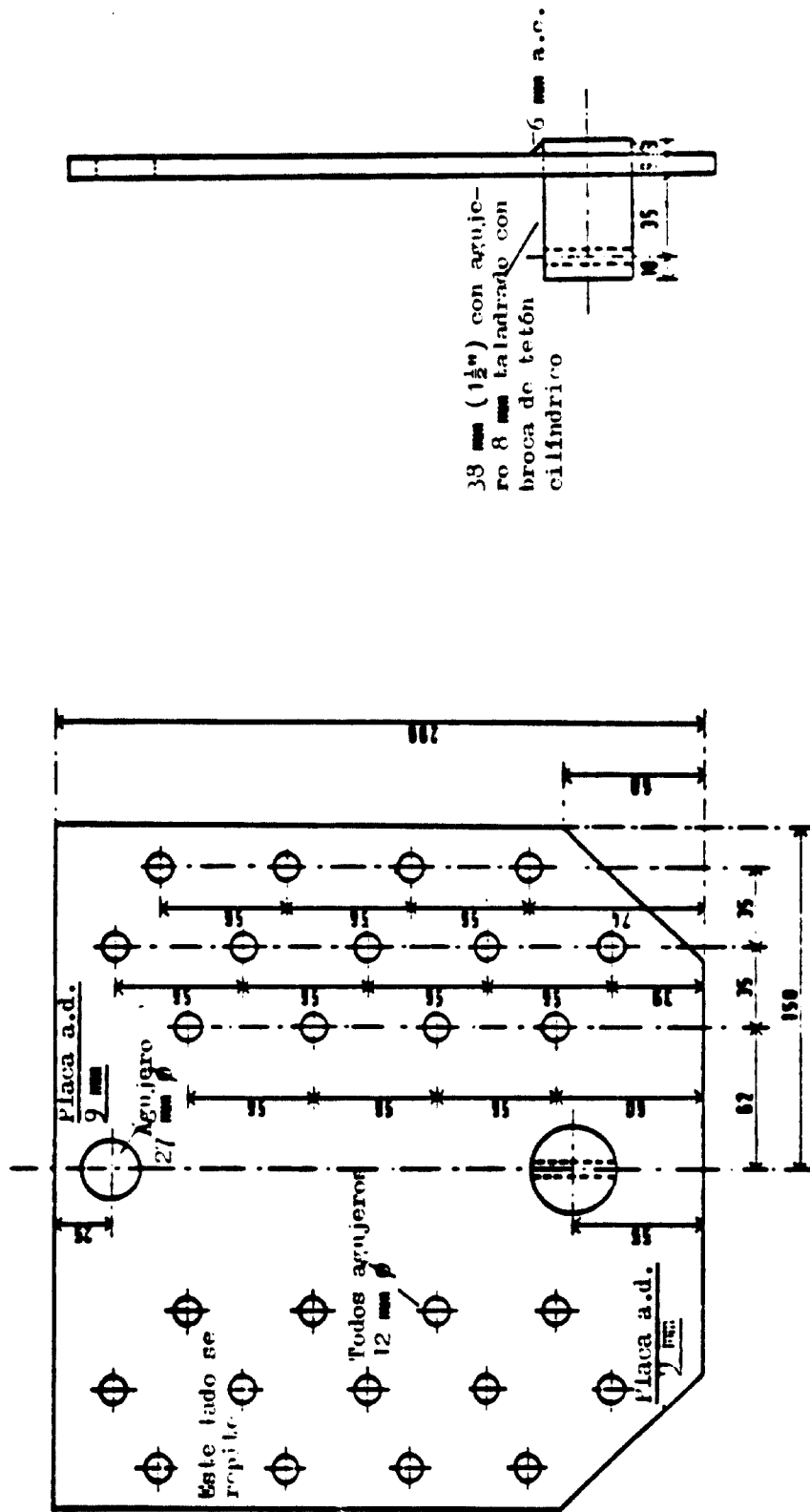


Figura 20. Placa de panel 1A

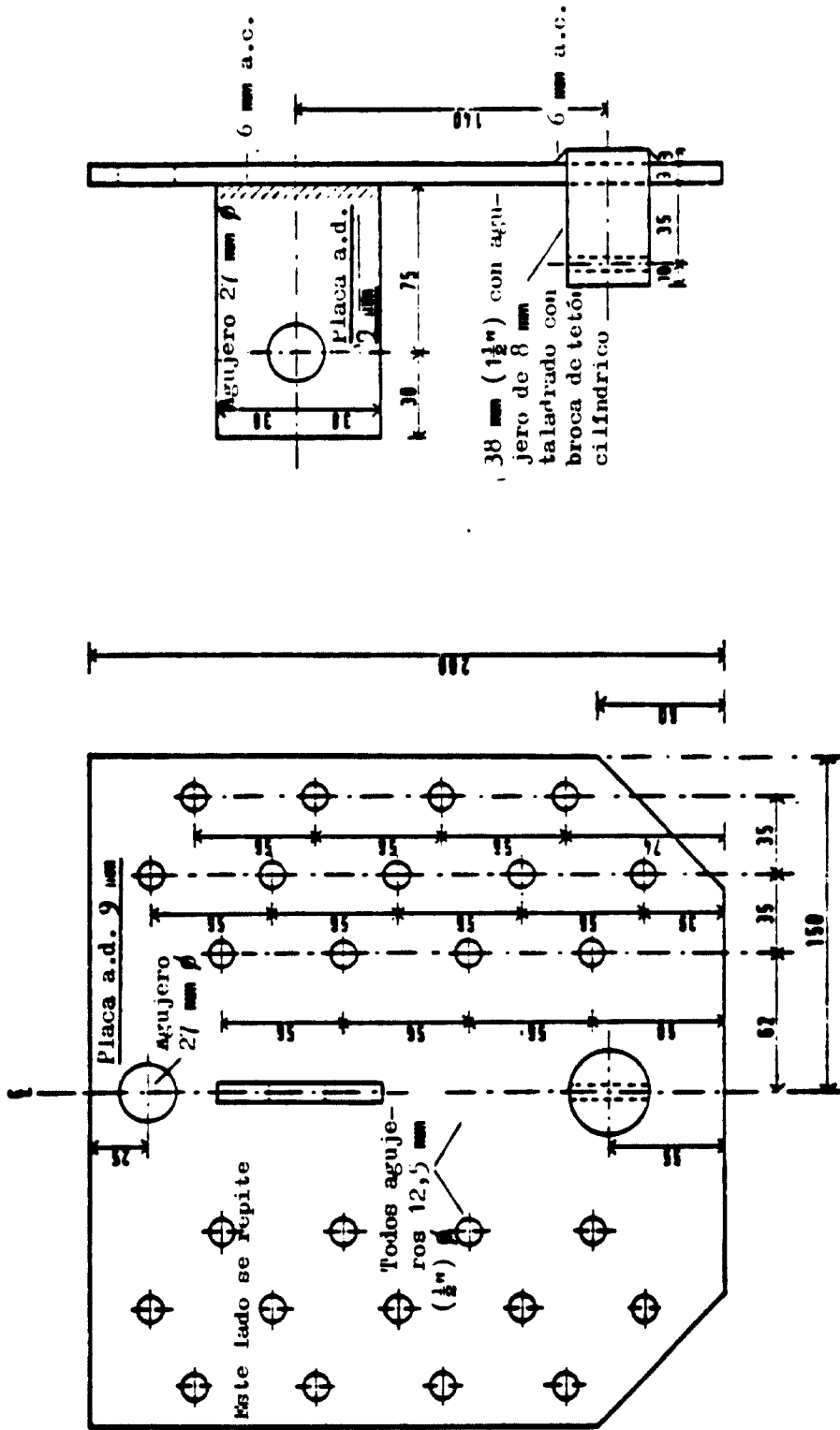


Figura 21. Placa de panel 9

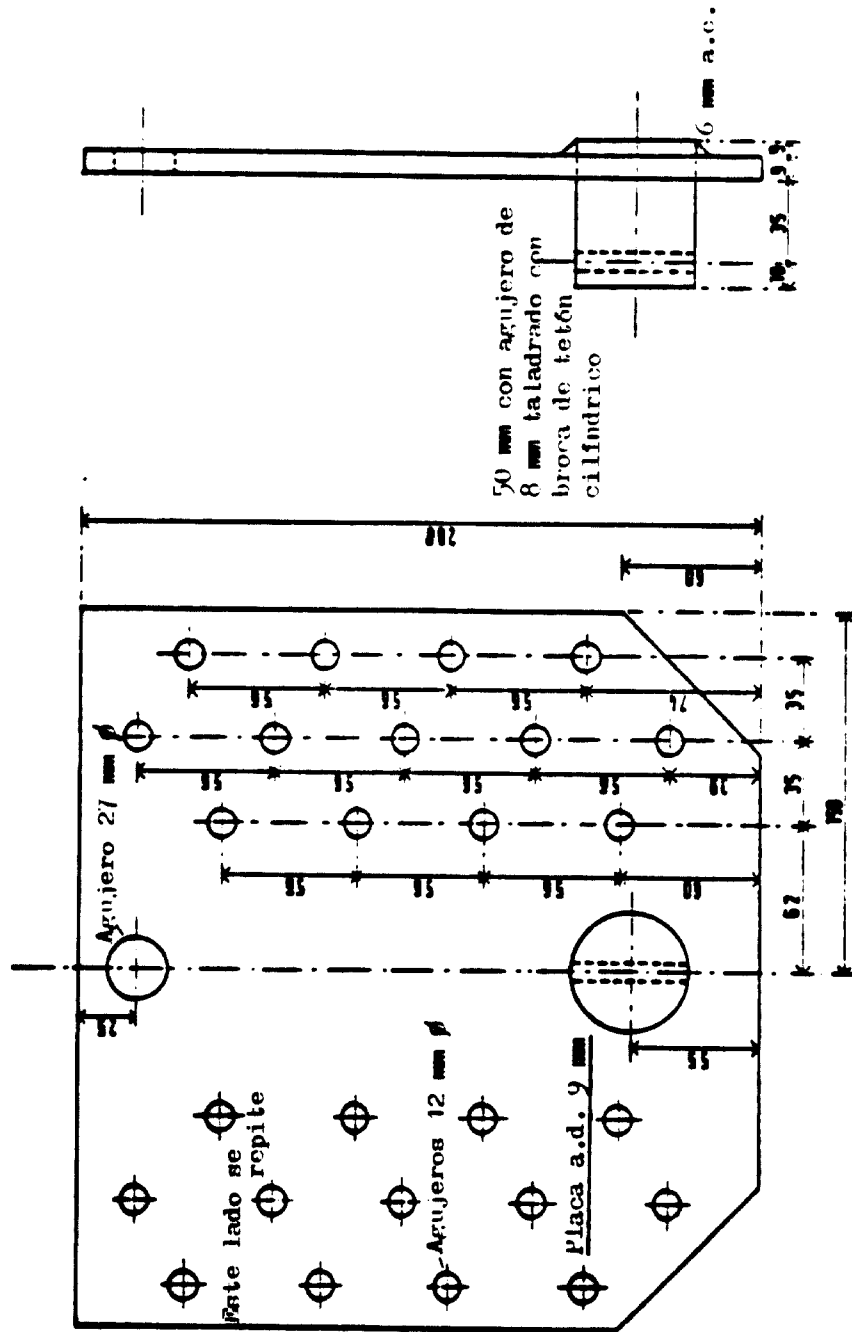


Figura 23. Cordones 2 y 2A

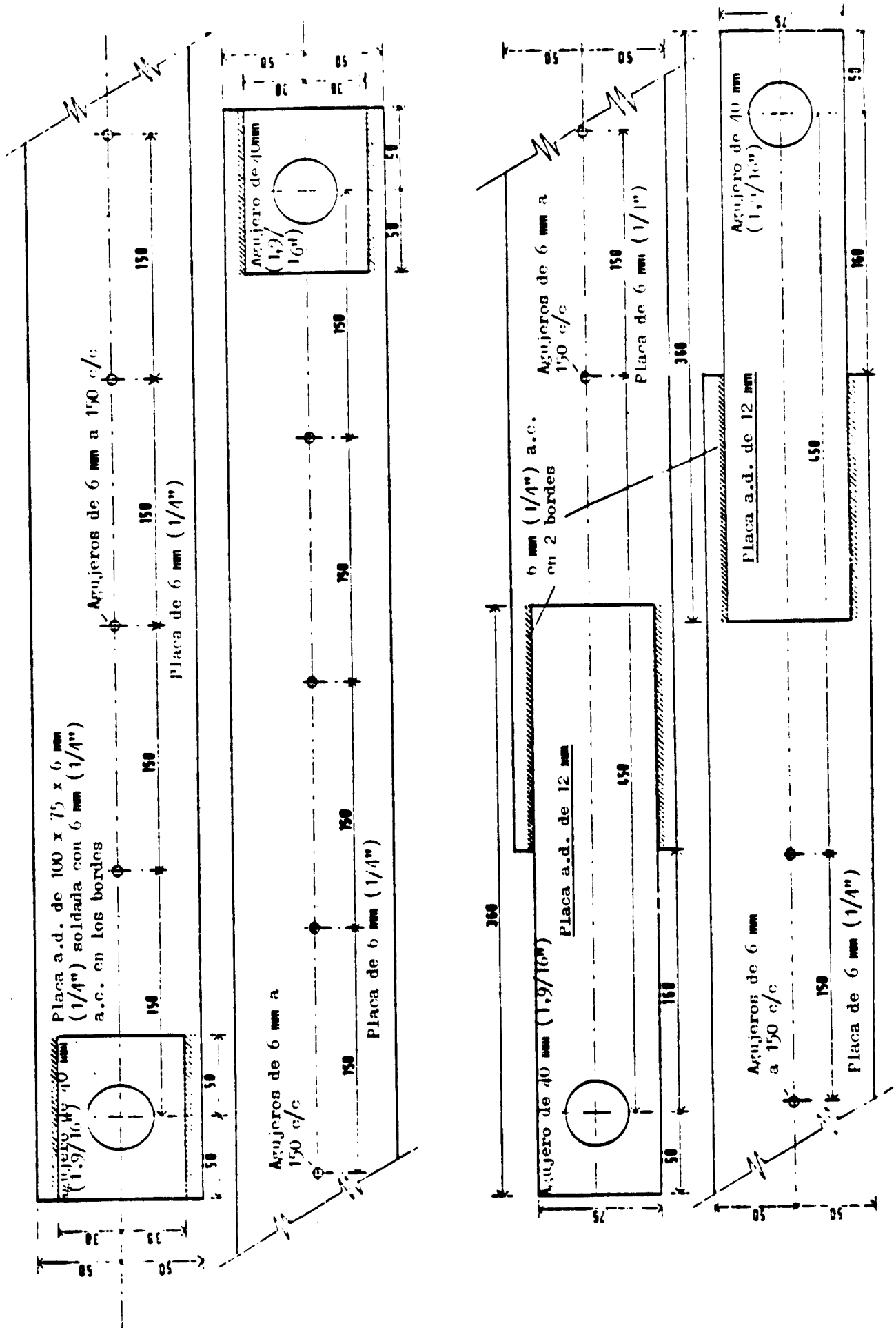


Figura 24. Cordón 6

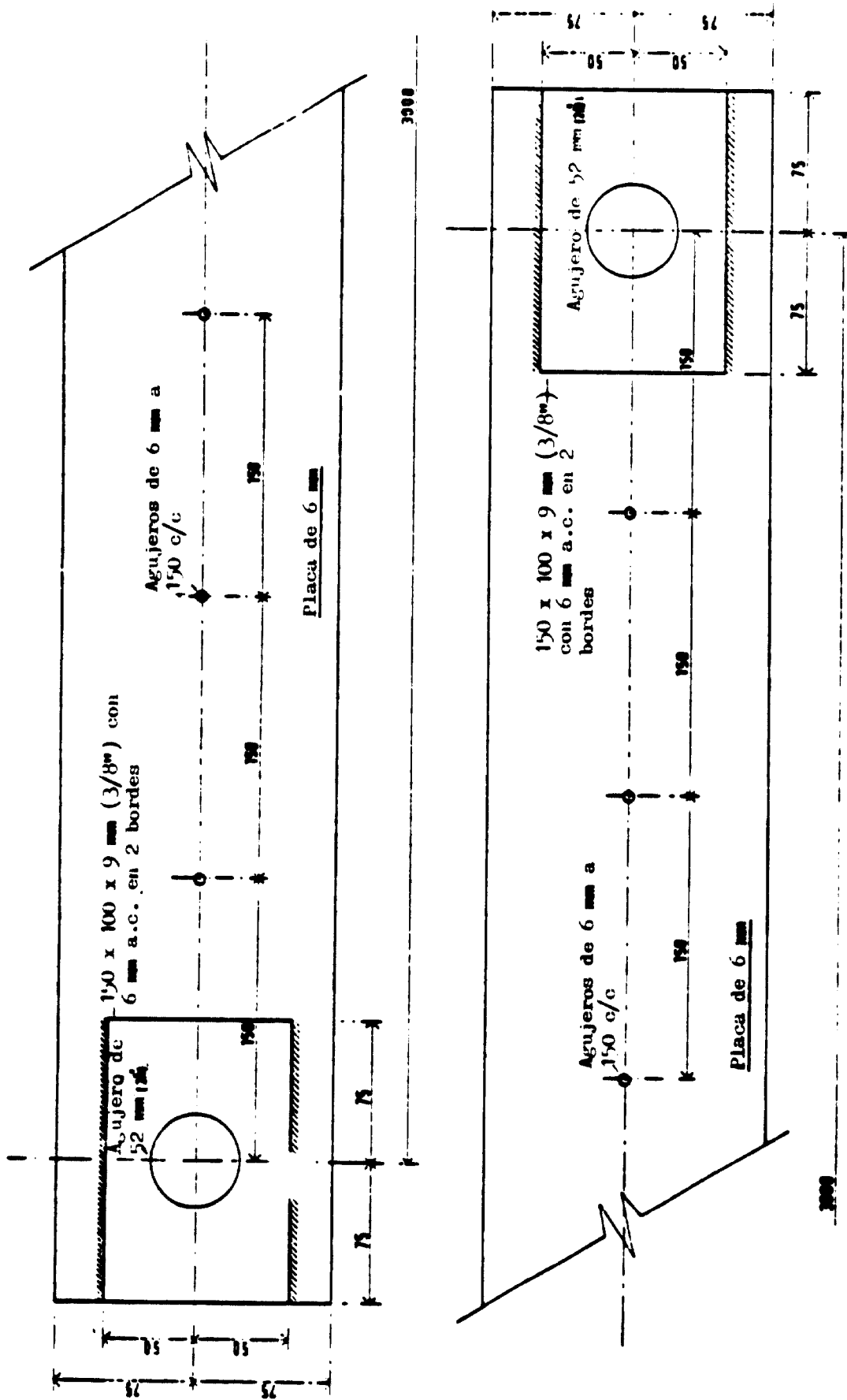


Figura 2). Cordón 6A

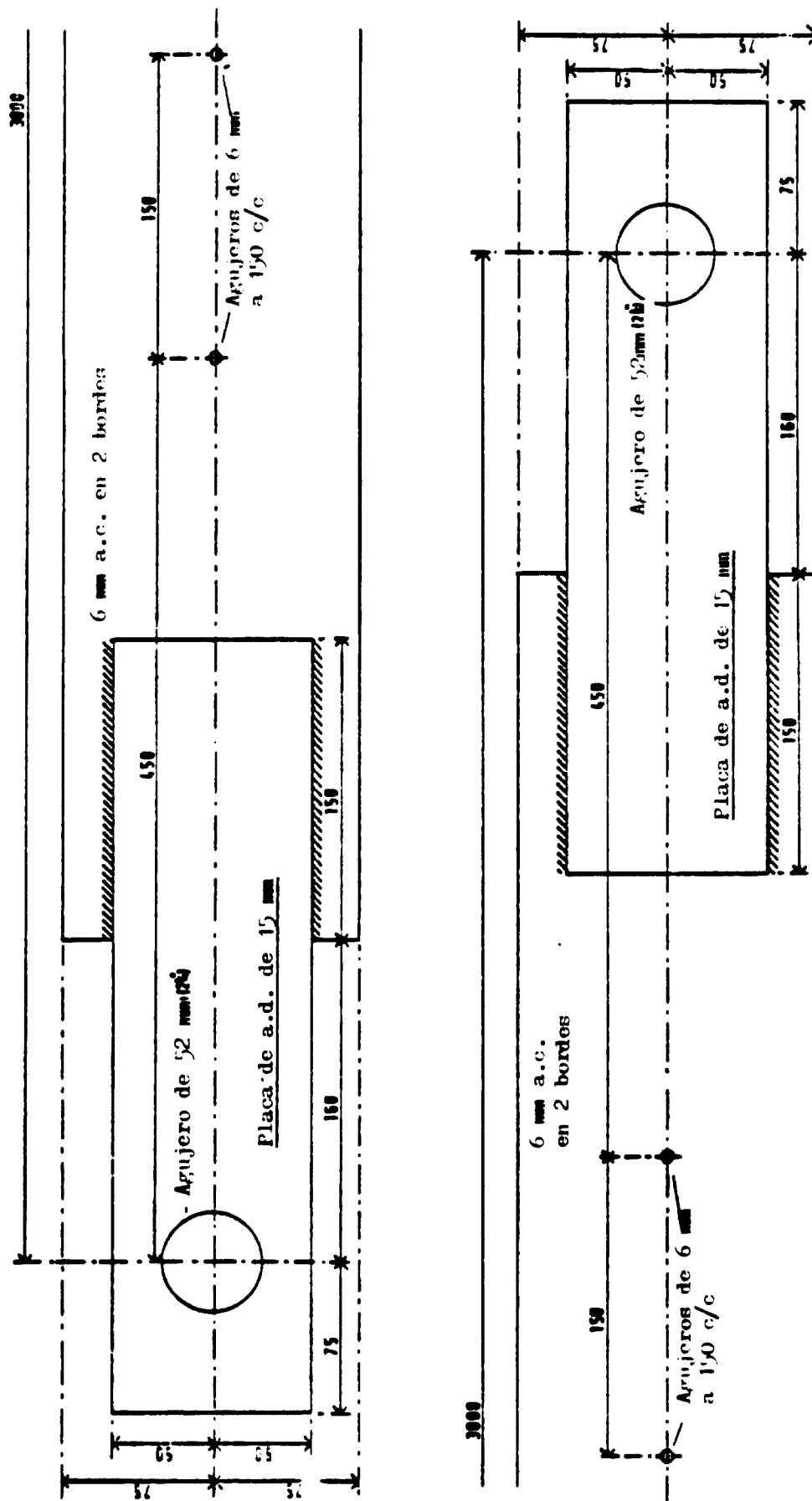
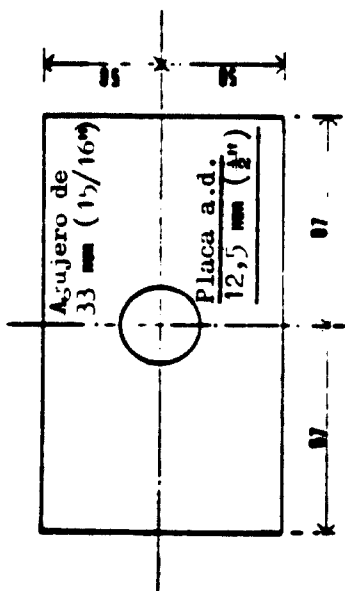
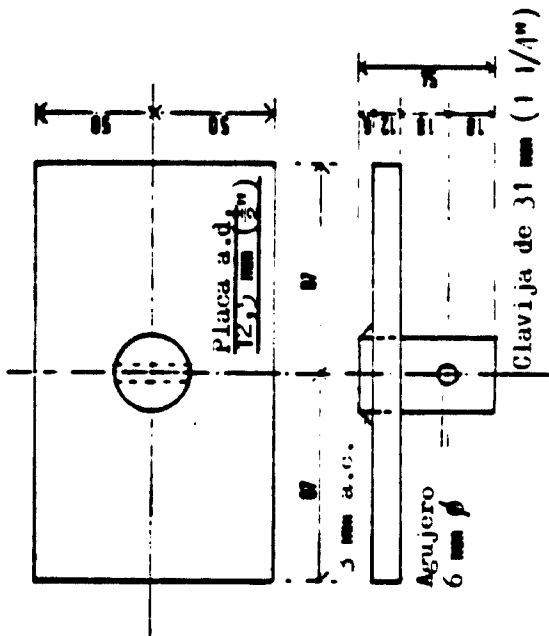


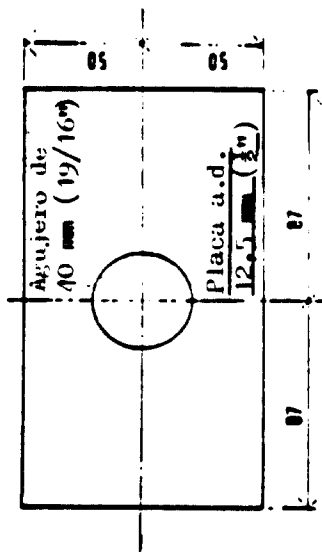
Figura 26. Placas de panel 3, 4, 10 y 11



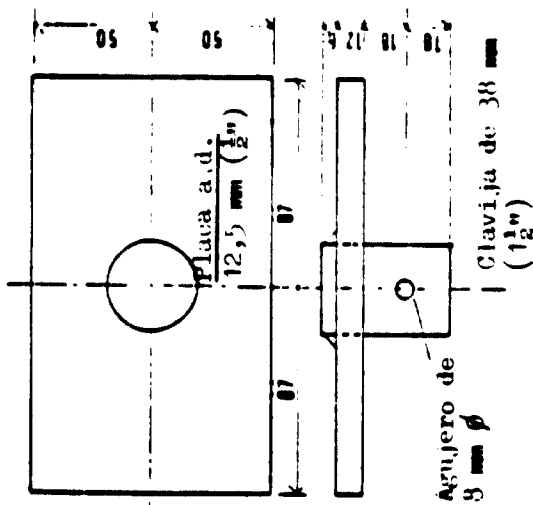
PLACA DE PANEL 3



PLACA DE PANEL 4

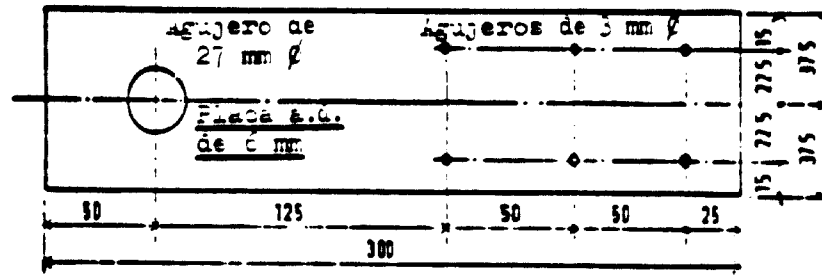


PLACA DE PANEL 10

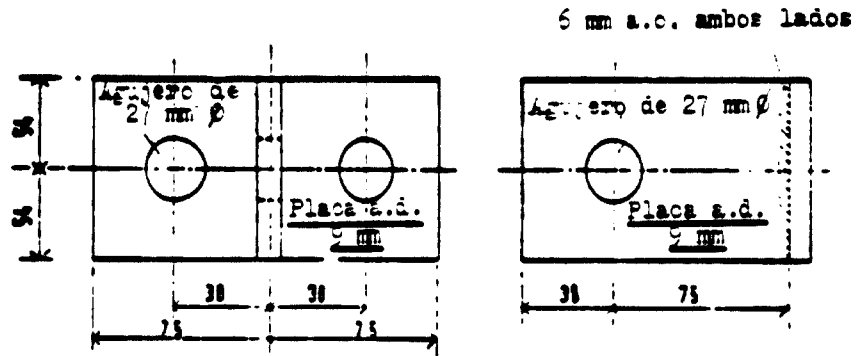


PLACA DE PANEL 11

Figura 27. Placas de panel 8 y 13

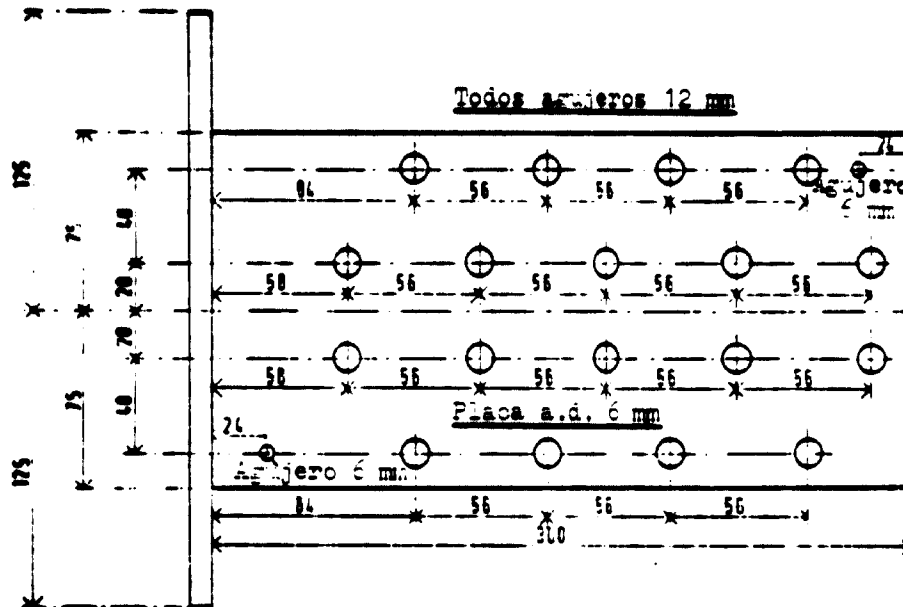


PLACA 8



PATILLA DE SUJECION 13

Figura 28. Placa de panel 5



D. Montaje de los paneles

Las figuras 30 y 31 muestran el soporte de montaje. La cercha se monta en dos mitades, cada una de las cuales se compone de una pieza marca 1T, dos piezas marca 2T, una pieza marca 3T y dos piezas marca 4T.

El tratamiento con agente preservativo, por uno de los métodos anteriormente descritos, deberá haberse realizado después de cortada la madera.

Se colocan las dos tornapuntas marca 2T de 200 mm x 50 mm (8" x 2") en el soporte, con sus bordes superiores apoyados en las guías diagonales, y luego se posiciona entre ellas el montante marca 3T y se centra. Se coloca el cordón marca 1T de 250 mm x 50 mm (10" x 2") a través de las tornapuntas y se centra en las marcas indicadas en las guías extremas. Seguidamente, se fijan estos miembros en posición clavando un clavo de 100 mm (4") en cada intersección.

Se colocan en posición las placas 5 y 1 ó 1A (9 ó 9A en las construcciones pesadas). Una mitad del panel se monta utilizando la placa 1 (6 9), y la otra mitad utilizando la placa 1A (6 9A), de forma que el panel terminado tenga una patilla de sujeción en un solo lado. Para posicionar la placa 1 ó 9, utilícese la plantilla suelta de la figura 30.

A continuación, se perfora o corta en los miembros marca 2T un agujero de igual diámetro que la clavija, más 6 mm, y de 6 mm de profundidad, a fin de que la placa 1 ó 9 descansa de plano. Las placas se centrarán todas según la marcación del soporte de montaje y se fijarán en posición con clavos de 50 mm (2") clavados en los agujeros de 3 mm (1/8") previstos al efecto. A través de las placas, taládranse en la madera agujeros de 12 mm con una broca provista de tope limitador, según muestra la figura 32, para dar al agujero una profundidad de 50 mm (2") cuando se practique en un solo miembro y de 100 mm donde la tornapunta de 200 mm x 50 mm cruza el cordón de 250 mm x 50 mm. Con un martillo liviano (1 kg), introdúzcanse en todos los agujeros espigas de una longitud igual a la profundidad de éstos.

Móntese la segunda mitad del panel de la misma manera. Ahora, levántese la mitad del panel provista de la placa 1 (6 9) y colóquese boca abajo en el soporte de montaje, es decir, con las placas de fijación apoyadas en el asiento del soporte. Póngase encima, boca arriba, la otra mitad con las placas 1A (6 9A), y céntrense las placas otra vez en los granetasos. Taládranse agujeros de 4 mm (5/32") en las dos tornapuntas utilizando la plantilla de la figura 33 y únense con clavos de 100 mm (4"). Se ha supuesto que los clavos de 100 mm tendrán un espesor de 4,88 mm (espesor normal para alambres 6).

Figura 30. Plano del soporte de montaje

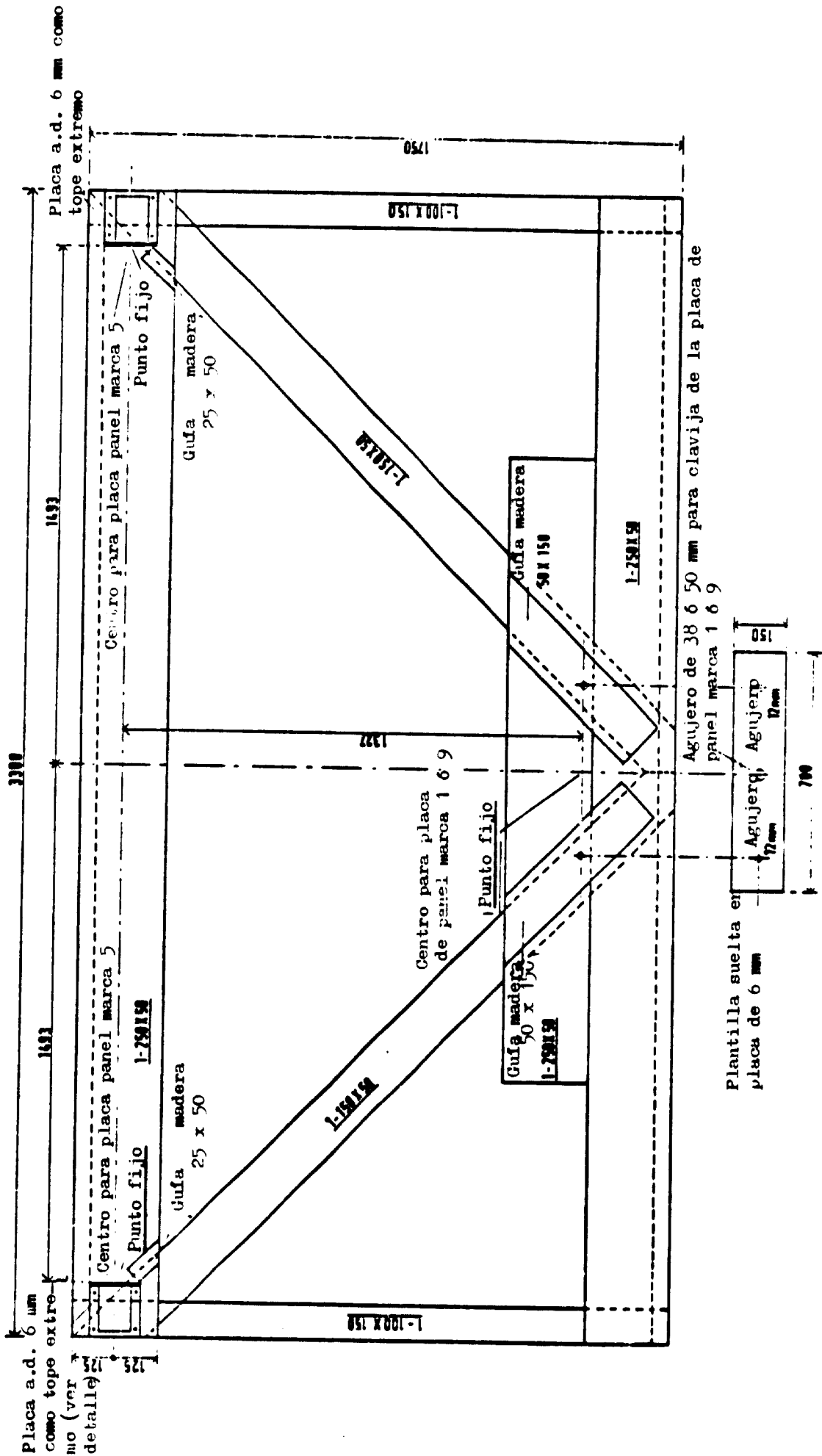


Figura 31. Proyecciones verticales del soporte de montaje

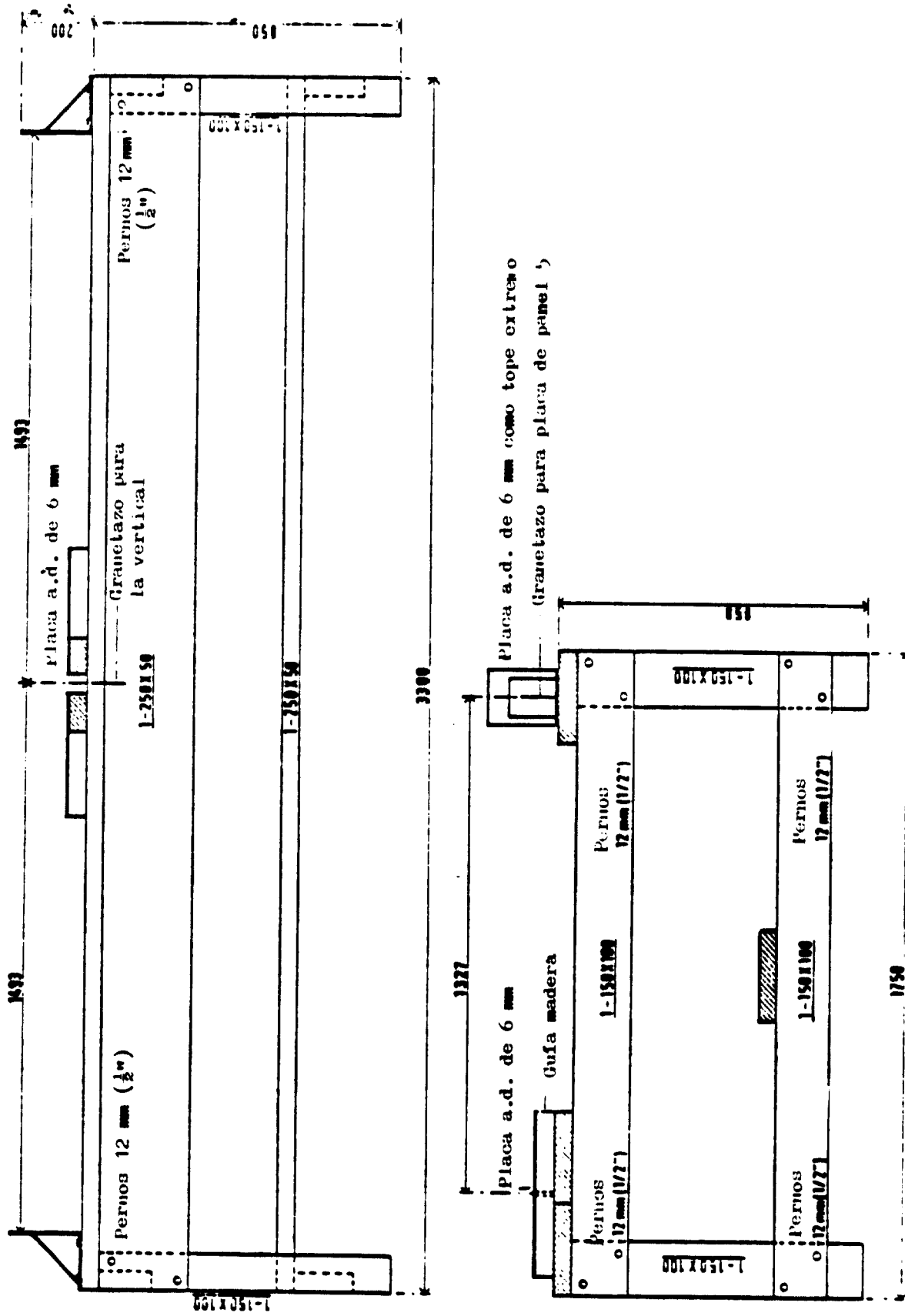
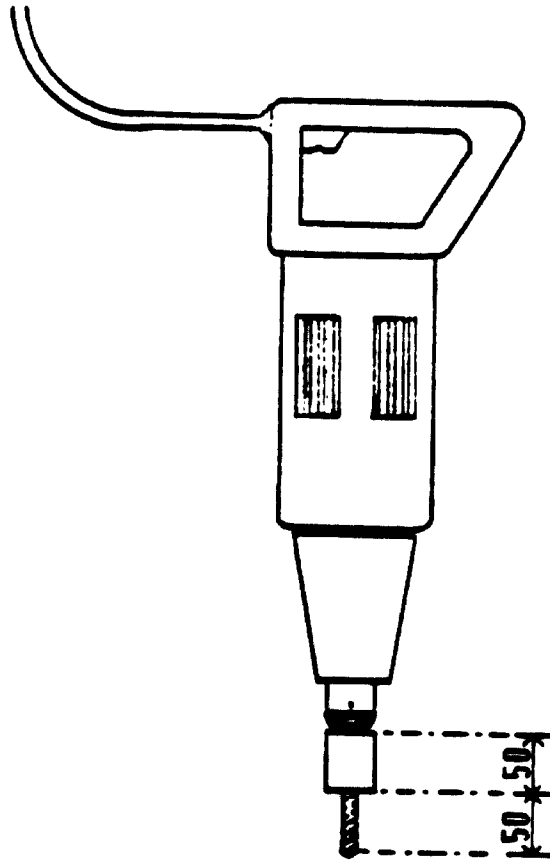


Figura 32. Plantilla para taladrar agujeros en las placas



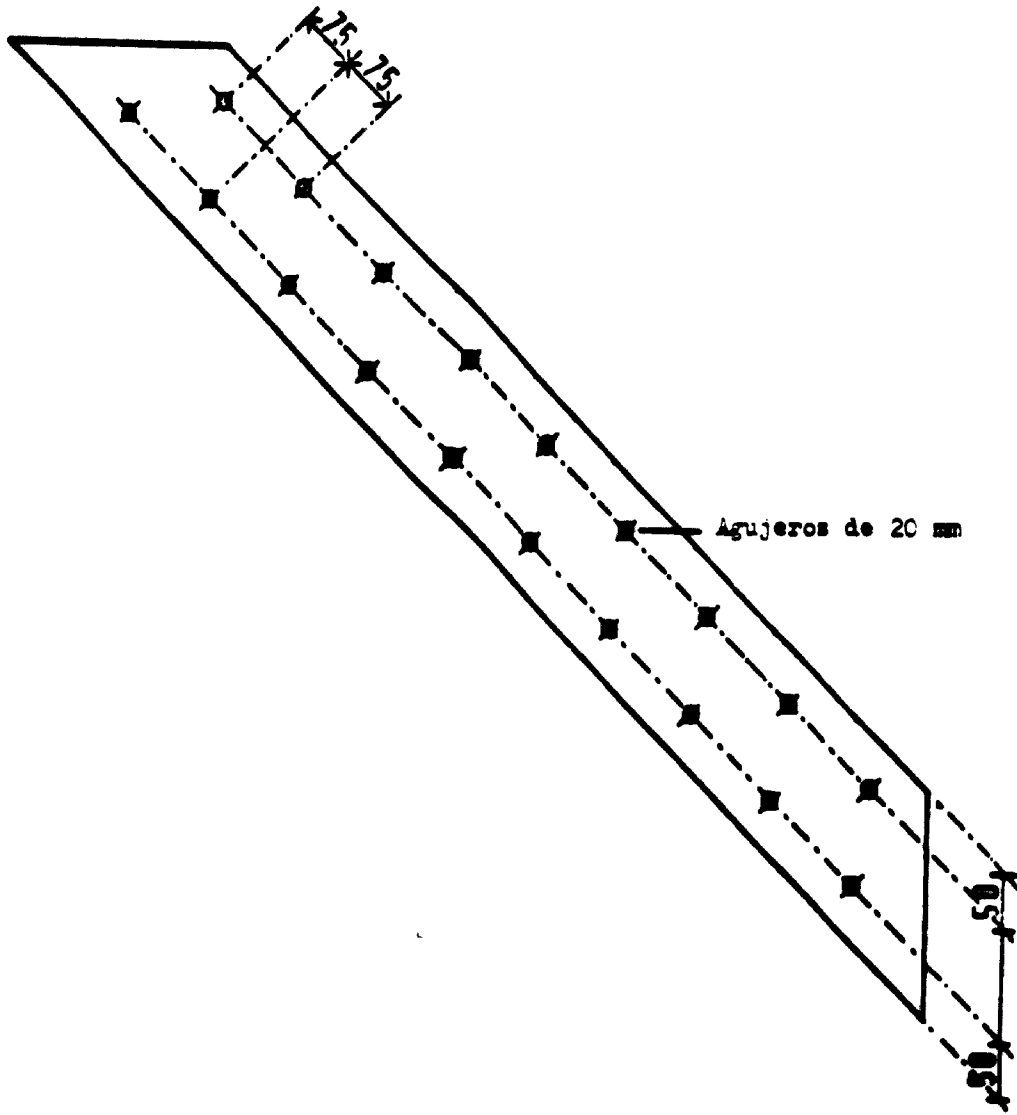
Insértense dos juntas de relleno marca 4T entre los cordones marca 1T y taládranse y clavétense con clavos de 100 mm (4") a 150 mm (6") entre centros. A continuación, taládranse y fíjense con dos pernos de 12 mm de diámetro provistos de arandelas cuadradas de 50 mm y 3 mm de espesor en cada lado.

Levántese el panel, inviértase y clavétense las juntas de relleno 4T por el otro lado, alternando los clavos cada 75 mm (3"). Colóquense los paneles verticalmente para la operación de soldar.

En primer lugar, se sueldan las espigas por puntos. Hay que asegurarse de que las soldaduras no sobresalen de la cara de la placa más de 2 mm (1/16"). Seguidamente, súidese la placa 3 (o la 11) en un extremo y la placa 4 (o la 12) en el otro, cada una de ellas en el centro de las caras verticales de las placas 5 y 5A. Hay que asegurarse de que todos los bordes verticales quedan unidos en toda su longitud con soldadura de 6 mm (1/4").

Complétese el panel colocando dos pernos de 275 mm (11") en el cordón con arandelas en las caras de la madera no protegidas, y no de 175 mm (7") en el extremo inferior del montante. Este es el momento de colocar la patilla de sujeción 13. No se intente forzar los pernos a través de los agujeros; deberá introducirse golpeándolos con un martillo liviano.

Figura 33. Plantilla para clavar



III. ERECCION

En este informe, no se describen los fundamentos de hormigón ni los de bloques huecos, pues se supone que éstos se habrán preparado de antemano. En la figura 34, se indican las distancias requeridas entre las caras de los estribos, así como los detalles supuestos en los puntos de apoyo.^{2/}

A. Componentes y equipo de erección

En el cuadro 7, se enumeran todos los componentes necesarios para construir un puente según las instrucciones que se dan en este informe.

Equipo de erección para pasos sobre agua

En el cuadro 8, se enumera el equipo necesario para pasos que no admiten apoyos intermedios. Los tornos utilizados son del tipo "Tirfor", y, aunque no son esenciales, se han revelado muy satisfactorios en servicio. En todos los casos, la carga máxima por cable -cuando se apliquen las dimensiones dadas en el cuadro 9- será de 1,6 t (salvo cuando se indique otra cosa).

Equipo de erección para pasos en seco

El método de construcción de estos pasos no requiere la compra de equipo especial, como tornos, etc., y es preferible en los casos en que se dispone de apoyos intermedios continuos en el vano.

B. Método de construcción de pasos sobre agua

Preparativos

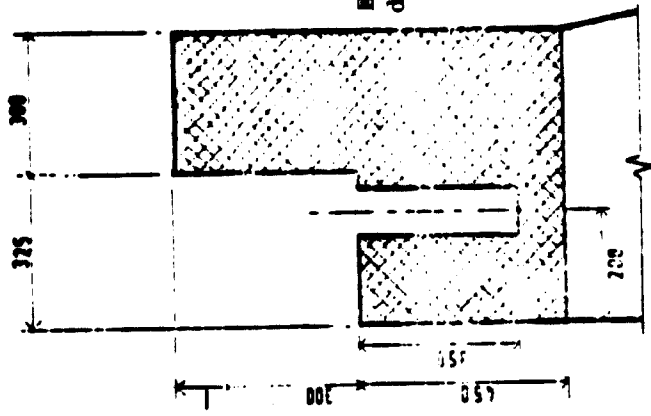
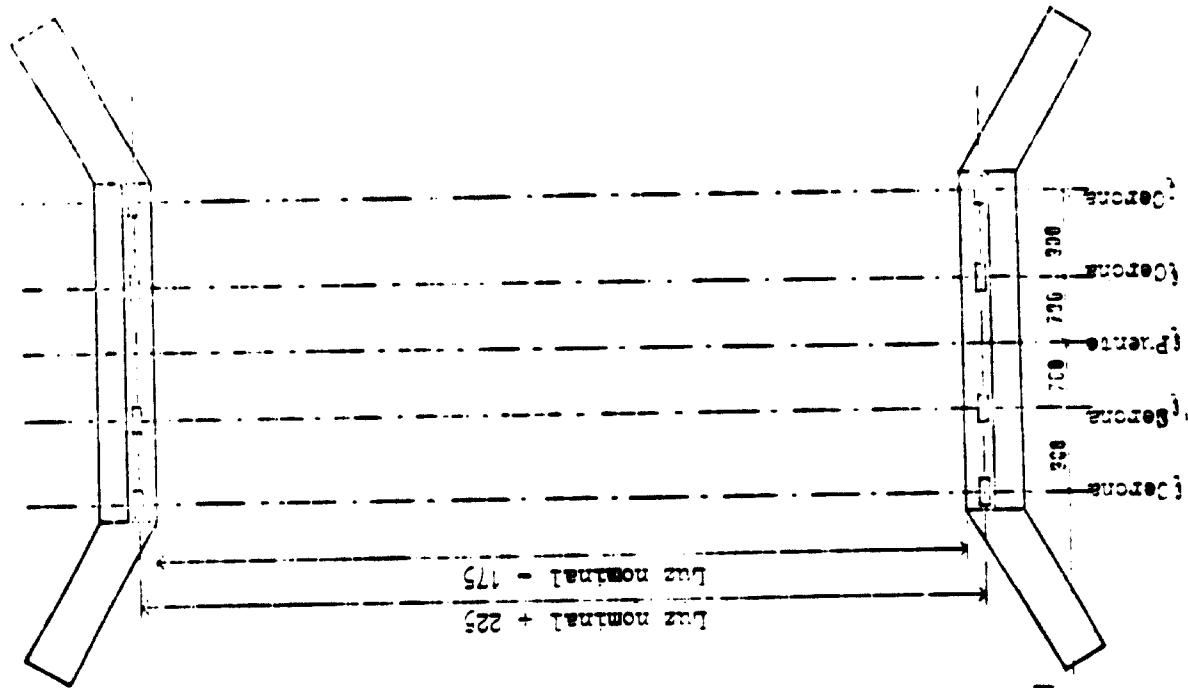
Instálese una cabria en cada orilla (véase la figura 35). Estas cabrias se hacen con postes de madera de 130 mm (6") de diámetro o con tubos de acero de 100 mm (4") (véase la figura 36).

Dispónganse anclajes en la línea de las cabrias para anclar los cables. Esto se hace enterrando un tronco, atado a un cable de acero, en una zanja, conforme muestran las figuras 37 y 39. Abriendo una acanaladura, según muestra el dibujo, se asegurará el paso del cable a través del lado de la trinchera. También puede servir de anclaje un árbol situado en una ubicación conveniente.

Se tiende un cable fijo entre las cabrias, según muestra la figura 35, y se une al torno n.º 1, que, a su vez, se engancha a un anclaje situado en la cara posterior. Ajústese la tensión del cable hasta obtener la longitud colgante requerida entre las poleas (véase el cuadro 9).

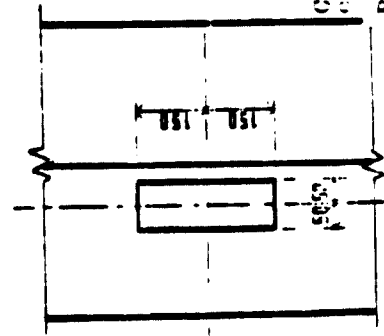
^{2/} En el marco del nuevo proyecto "Desarrollo de nuevos productos de madera" (DP/KEN/77/007), se ensayarán estribos de madera, y el diseño y producción de éstos serán objeto de un informe técnico aparte, que complementará el presente.

Figura 34. Disposición de los cimientos



Altura del tablero (véase el cuadro 4)

Entrante para sujeción de los pernos



Cercos

Centros para un puente de 4 cerchas solamente
Para otras construcciones, véase las figs. 12 y 13

Cuadro 7

Componentes

A. Puente de dos cerchas

Componente	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Panel	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Cordón	4	8	12	16	20	24	28	32	36
Arriostramiento vertical	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Pernos de refuerzo (con dos tuercas y una arandela cada uno)	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Arriostramiento horizontal	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tablero, ^{a/} excluidos desechos (m)	456	654	912	1.140	1.368	1.596	1.824	2.052	2.280
Largueros, ^{a/} excluidos desechos (m)	48	54	72	90	108	126	144	162	180
Bordillo del puente, ^{a/} excluidos desechos (m)	12	18	24	30	36	42	48	54	60
Apoyos	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Pernos de refuerzo (con una tuerca cada uno)	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Clavos de 150 mm (6") (kg)	14	22	30	37	44	52	60	67	74
Clavos de 100 mm (4") (kg)	53	78	104	130	155	180	205	232	258
Riostras provisionales de erección (m)	20	30	40	50	60	70	80	90	100

B. Puente de cuatro cerchas

Componente	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Panel	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Cordón	8	16	24	32	40	48	56	64	72
Arriostramiento vertical	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Pernos de refuerzo (con dos tuercas y una arandela cada uno)	16	24	32	40	48	56	64	72	80
Arriostramiento horizontal	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Tablero, ^{a/} excluidos desechos (m)	456	584	912	1.140	1.368	1.596	1.624	2.052	2.280
Largueros, ^{a/} excluidos desechos (m)	48	54	72	90	108	126	144	162	180
Bordillo del puente, ^{a/} excluidos desechos (m)	12	18	24	30	36	42	48	54	60
Apoyos	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Pernos de refuerzo (con una tuerca cada uno)	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Clavos de 150 mm (6") (kg)	14	22	30	37	44	52	50	57	74
Clavos de 100 mm (4") (kg)	53	78	104	130	155	180	205	232	258
Riostras provisionales de erección (m)	24	36	48	60	72	84	96	108	129

C. Puente de seis cerchas

Componente	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Panel	12	18	24	30	36	42	48	54	60
Cordón	12	24	36	48	60	72	84	96	108
Arriostramiento vertical	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Pernos de refuerzo (con dos tuercas y una arandela cada uno)	16	24	32	40	48	56	64	72	80
Arriostramiento horizontal	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Tablero, ^{a/} excluidos desechos (m)	456	684	912	1.140	1.388	1.596	1.824	2.052	2.280
Largueros, ^{a/} excluidos desechos (m)	48	54	72	90	108	126	144	162	180
Bordillo del puente, ^{a/} excluidos desechos (m)	12	18	24	30	36	42	48	54	60
Apoyos	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Pernos de refuerzo (con una tuerca cada uno)	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Clavos de 150 mm (6") (kg)	14	22	30	37	44	52	60	67	74
Clavos de 100 mm (4") (kg)	53	78	104	130	155	180	206	232	258
Riostras provisionales de erección (m)	24	36	48	60	72	84	96	108	120

D. Puente de ocho cerchas

Componente	Luz (m)								
	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Panel	16	24	32	40	48	56	64	72	80
Cordón	16	32	48	64	80	96	112	128	144
Arriostramiento vertical	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Pernos de refuerzo (con dos tuercas y una arandela cada uno)	16	24	32	40	48	56	64	72	80
Arriostramiento horizontal	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Tablero, ^{a/} excluidos desechos (m)	456	584	912	1.140	1.368	1.596	1.824	2.052	2.280
Largueros, ^{a/} excluidos desechos (m)	48	54	72	90	108	126	144	162	180
Bordillo del puente, ^{a/} excluidos desechos (m)	12	18	24	30	36	42	48	54	60
Apoyos	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Pernos de refuerzo (con una tuerca cada uno)	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Clavos de 150 mm (6") (kg)	14	22	30	37	44	52	60	67	74
Clavos de 100 mm (4") (kg)	53	78	104	130	155	180	205	232	258
Riostras provisionales de erección (m)	24	36	48	60	72	84	96	108	120

^{a/} Para las dimensiones, véanse el cuadro 4 y la figura 42.

Cuadro 8

Equipo para pasos sobre agua

Componente	Número requerido
Tornos Tarfor o similares, 1,6 6 3 t (véase cuadro 9)	2
Cuadernales de dos roldanas para una carga admisible de 3 t	2
Cuadernal de una sola roldana para una carga admisible de 3 t	1
Estribos para una carga admisible de 2 t	5
Cables de anclaje (véase la figura 37)	2
Cable de suspensión con gancho de seguridad, $l = 30 \frac{m}{a}$	1
Cables de arrastre (retroceso y avance) con ganchos de seguridad, $l = 15 \frac{m}{a}$	2
Aparejos elevadores (retroceso y avance) (véase figura 39)	2
Cabrias	2
Arriostramiento horizontal provisional (100 x 50)	Véase cuadro 7
Clavos para el arriostramiento horizontal	

a/ l = longitud colgante entre poleas (véase cuadro 9).

Cuadro 9

Datos relativos al lanzamiento

Luz (m)	Longitud (1) colgante entre cabrias verticales (m)	Flecha máxima admisible (2) del cable entre las cabrias (m)	Peso máximo del panel cuando se utiliza un tornco de 1,6 t ^{a/} (kg)
6	12,4	4	-
9	12,4	4	-
12	15,5	4	-
15	19,0	4,5	240
18	22,5	5	240
21	26,0	5	240
24	28,8	5	200
27	32,3	5,5	190
30	35,1	5,5	160

a/ Para paneles más pesados, utilídense tornos de 3 t.

<u>Grado de calidad</u>	<u>Peso aproximado del panel (kg)</u>
F4	102
F5	115
F7	131
F8	147
F11	165
F14	186
F17	206
F22, 24, 27	237

Figura 35. Componentes y equipo de erección (pasos sobre agua)

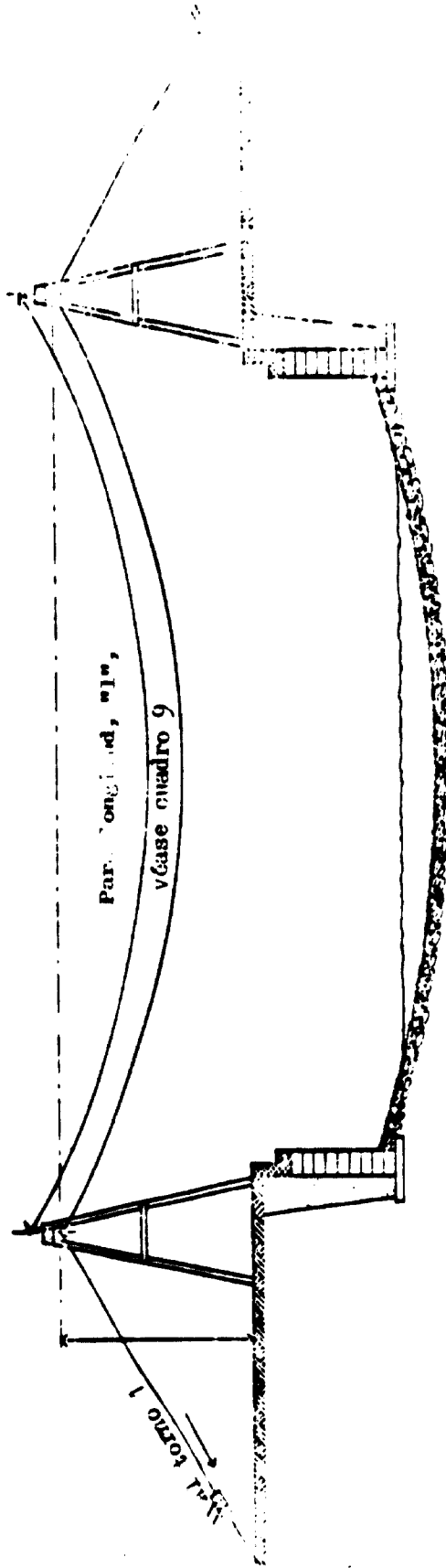


Figura 37. Sistema de anclaje del cable y de erección de las cercías (pasos sobre agua)

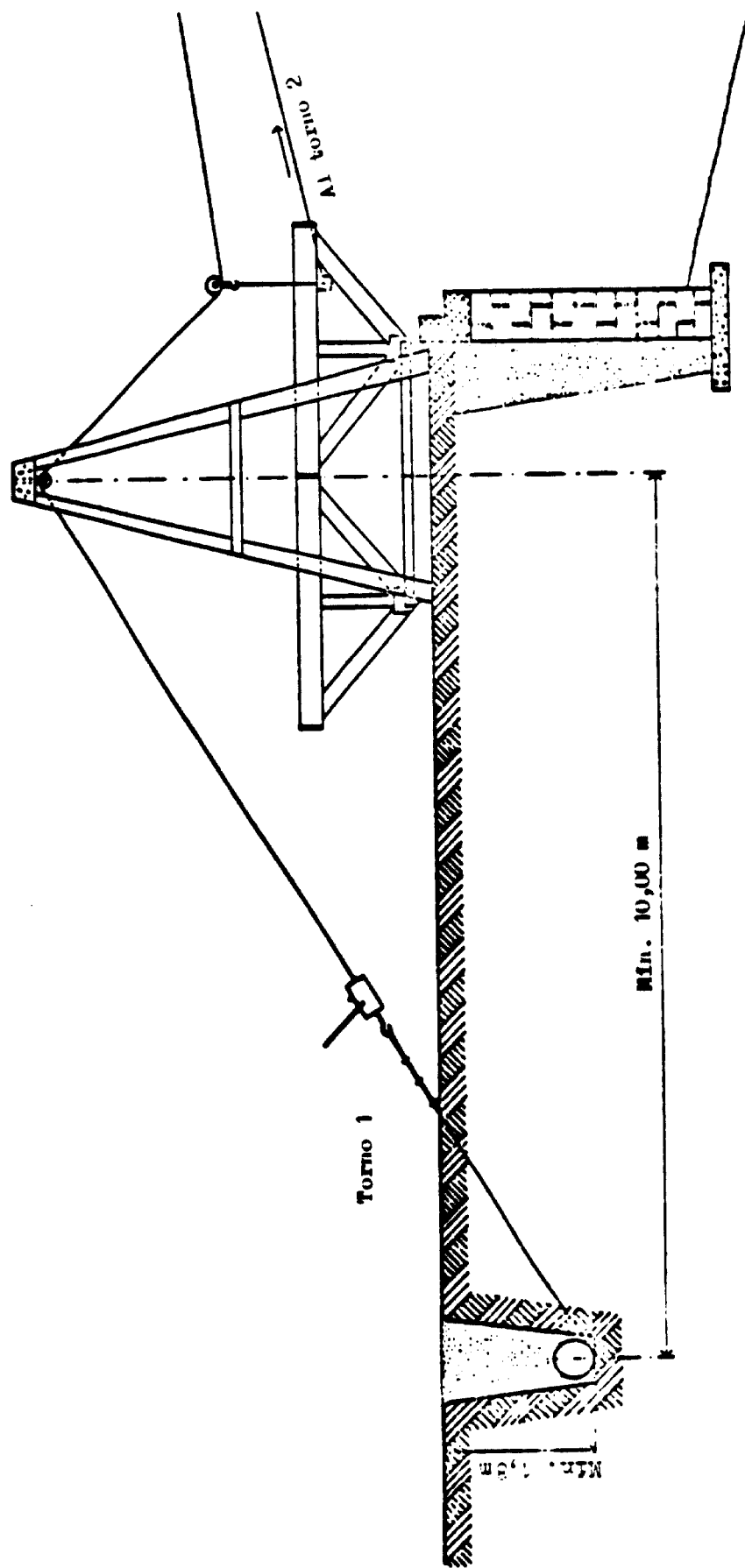


Figura 38. Equipo de erección para pasos sobre agua
(cabria y aparejo elevador)

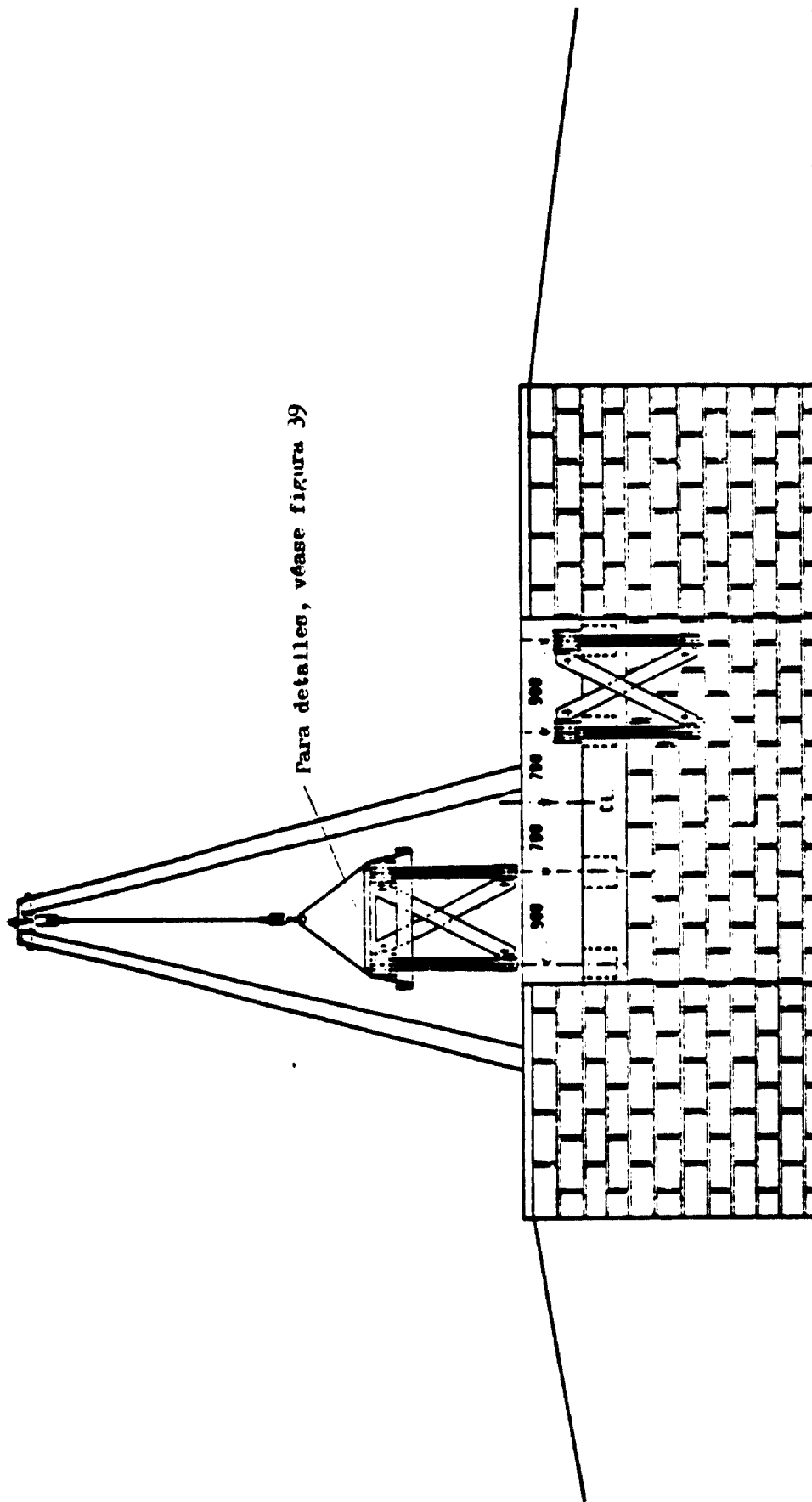
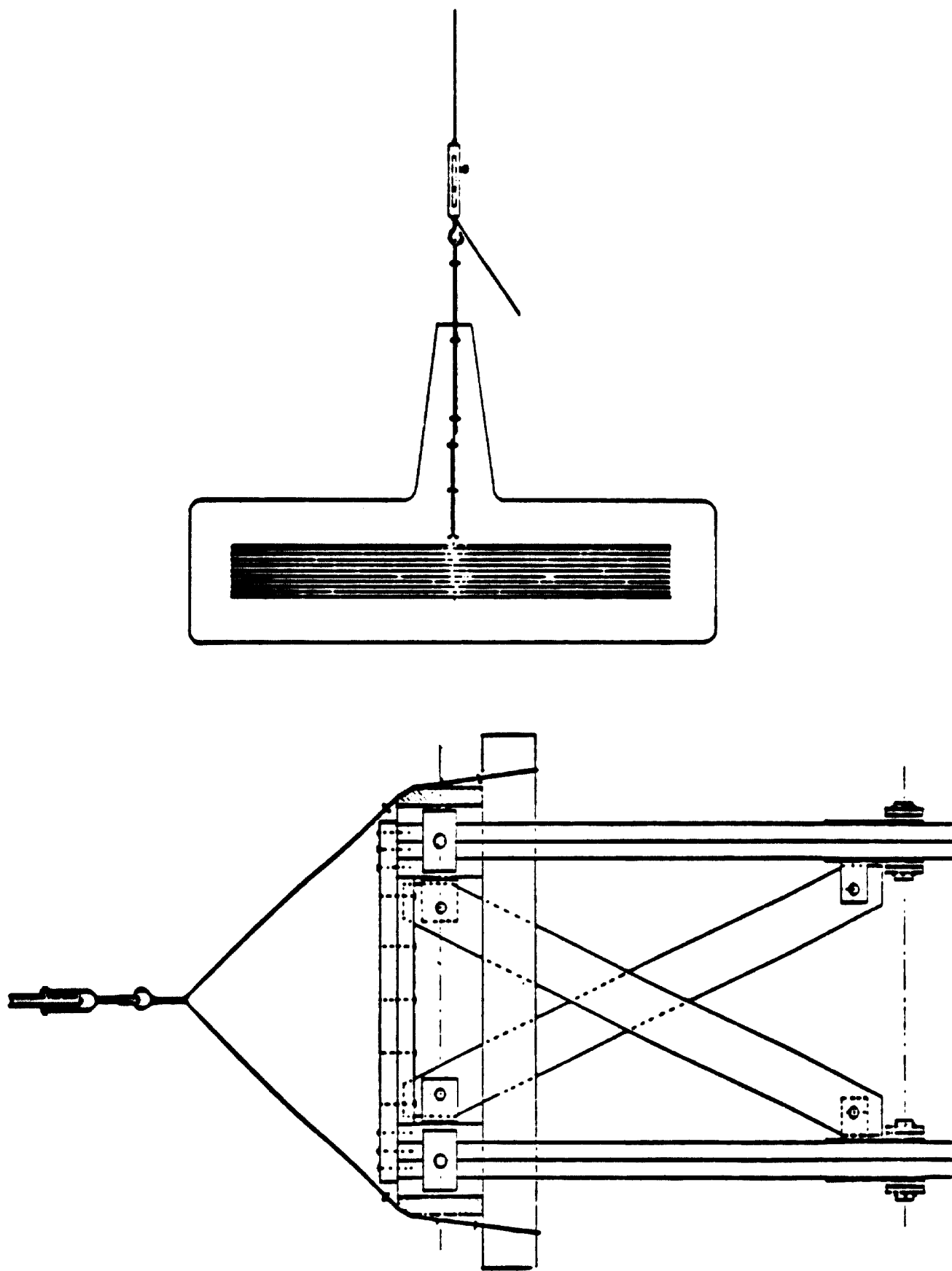


Figura 39. Sistema de frenado y aparato elevador
(patente sobre 1954)



Montaje inicial

Se erigen en primer lugar las cerchas que tienen arriostramiento vertical entre sí. Bajo el centro de una cabria, móntense dos pares de paneles con los cordones y el arriostramiento vertical permanente y el horizontal provisional, según muestra la figura 37. Sujétense los cordones con clavijas o clavos de 6 mm y clávense juntas de relleno de 100 mm x 100 mm entre ellos. Adviértase que uno de los paneles ha de colocarse de revés, a fin de que las patillas de sujeción miren hacia dentro. Engánchese el aparejo elevador de la figura 39 a la parte delantera de los paneles de cabeza.

Engánchese la polea pazteca al aparejo y únase al cable fijo. Engánchese el torno 1 al anclaje y pásese el cable por el cuadernal de dos roldanas, uniéndolo al aparejo delantero, según muestra la figura 37.

Lanzamiento inicial

Se emplea el torno n.º 2 para tirar del montaje de paneles hacia el vano, utilizándose palancas de madera para levantar la parte inferior de los paneles y superar así cualquier obstrucción. Es importante que los cordones inferiores estén siempre en tensión, para lo cual puede ser necesario, al principio, servirse del torno 1.

Lanzamientos sucesivos

Unáse otro par de paneles al montaje, con el arriostramiento vertical permanente y el horizontal provisional. Utilícase el torno n.º 2 para tirar del montaje hacia el vano, como muestra la figura 40. Repítase la operación hasta que se hayan erigido todos los paneles sobre el vano.

Fase final

Engánchese el torno n.º 3 a su anclaje. Utilícase los tornos 2 y 3 para colocar los extremos de la cercha montada sobre los apoyos. Antes de bajar la cercha, únase a los paneles extremos y sujétese con clavos en agujeros. Mediante los tornos 2 y 3, bájese la cercha montada hasta que descanse sobre los apoyos, aflojando al mismo tiempo el torno 1. Mientras se van bajando, las cerchas pueden moverse fácilmente en sentido lateral aplicando palancas en los extremos (véase la figura 41).

Figura 40. Lanzamiento de cerchas (pasos sobre arja)

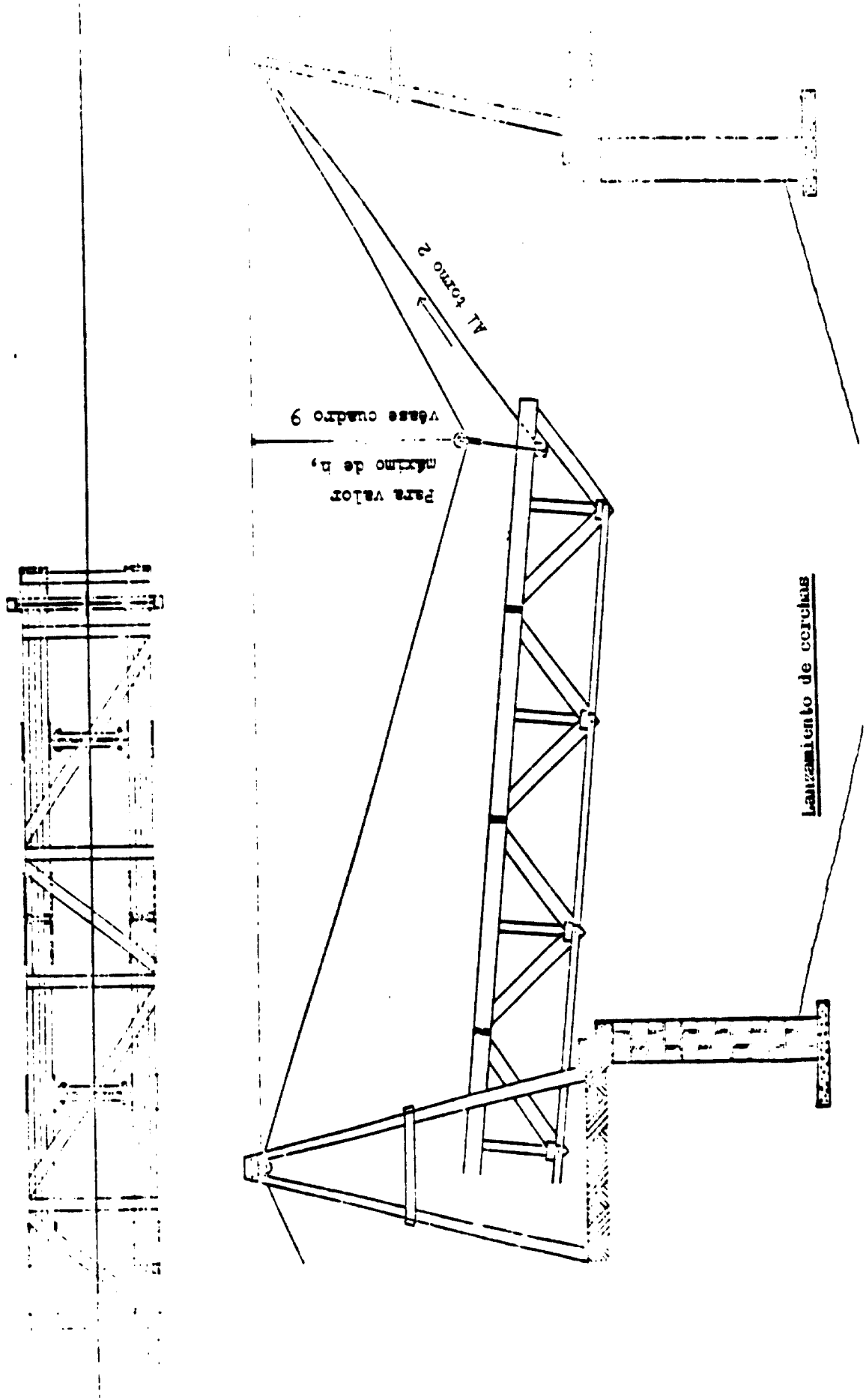
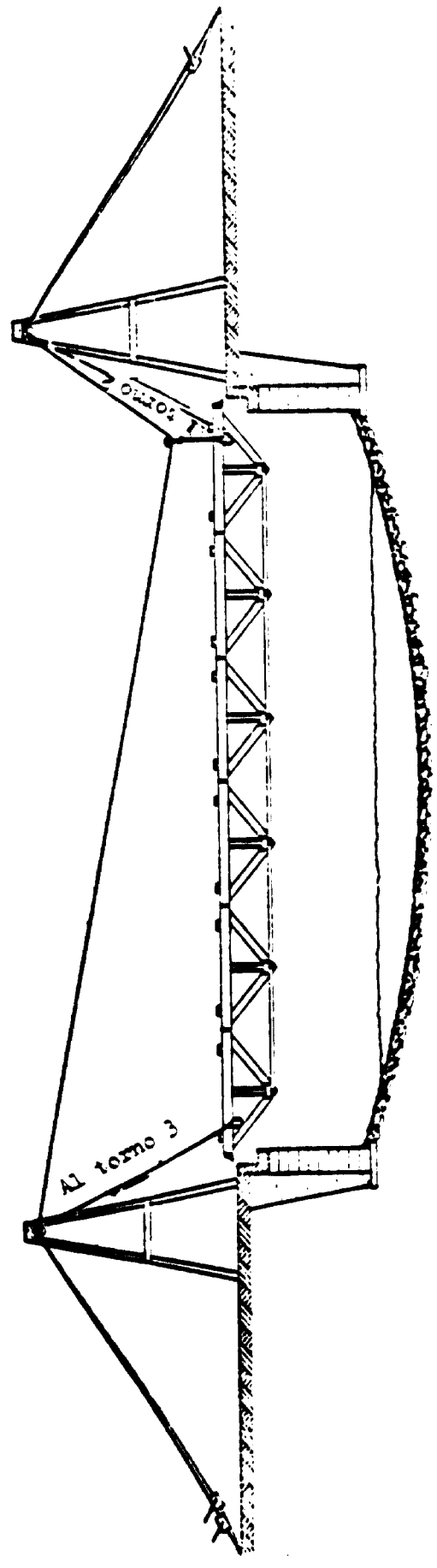


Figura 41. Lanzamiento de cerchas fase final



Tablero

El tablero se coloca como muestra la figura 42. Se retira, tramo a tramo, el arriostramiento horizontal provisional, y se fija el tablero en posición, junto con el arriostramiento horizontal permanente. Una vez terminado un tramo, puede pasarse al siguiente.

No se monte el tablero en el primer tramo hasta que se hayan fijado todas las cerchas suplementarias en el tramo 2. Repítase esta operación con los tramos restantes, instalando el tablero progresivamente con un tramo de retraso.

Cerchas suplementarias

El método arriba descrito puede aplicarse satisfactoriamente en los puentes de dos o cuatro cerchas. Cuando hay más de cuatro cerchas, los paneles adicionales se lanzan uno a uno antes de fijarse el arriostramiento horizontal permanente y el tablero. Para llevar los paneles hasta su posición definitiva, utilízanse el cable fijo y los tornos 1 y 2.

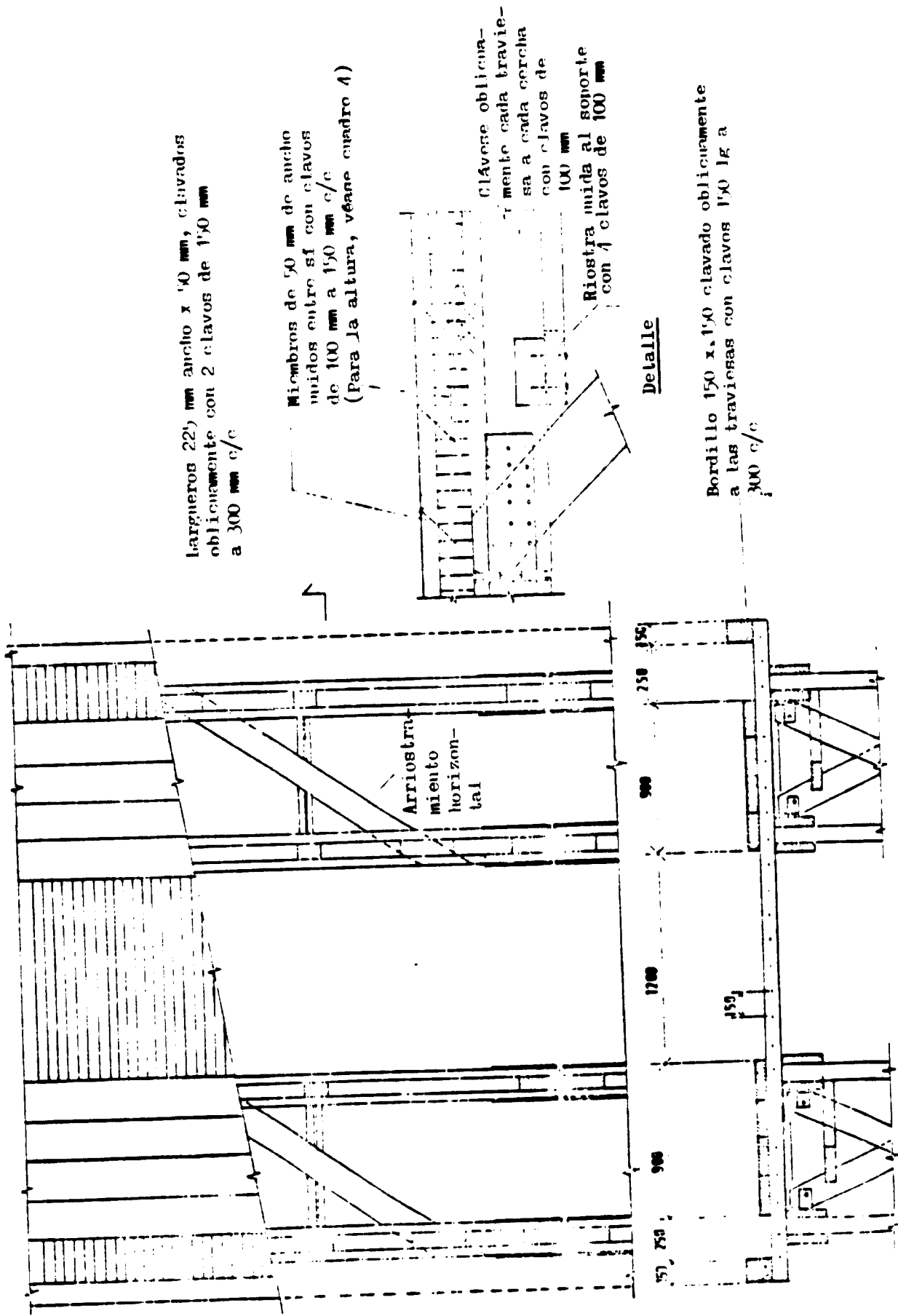
Mediante una eslinga de alambre, engánchese el primer panel a la polea pazteca, suspendida del cable fijo, y utilícense los tornos 2 y 3 para transportarlo hasta la primera posición (véase la figura 43). Colóquense dos portadores 100 mm x 100 mm (4" x 4") de 4 m de largo a través de las cerchas erigidas y hágase descender el panel por ellos, con la parte inferior orientada hacia su posición definitiva (véase la figura 44). Utilizando los tornos y los portadores como palancas, déjese deslizar el panel hasta la posición vertical y colóquese en el apoyo. Nivélese la parte superior del panel con las cerchas erigidas y asegúrese provisionalmente con el soporte de la figura 45.

Erijanse los paneles restantes del primer tramo utilizando los mismos medios. Colóquense tablonos de andamiaje a través de los cordones de las cerchas erigidas en el primero y segundo tramos. Colóquese el panel en el tramo dos por el mismo procedimiento empleado para el tramo uno, y únase el cordón al primero y segundo paneles. Retírese el soporte provisional elevando ligeramente los paneles y utilícese para sostener el segundo panel. Repítase la operación con todos los paneles del tramo dos y con todos los tramos restantes.

Terminación

Terminese el puente colocando bordillos, parapetos y largueros (véanse las figuras 42 y 46 a 49).

Figura 42. Construcción del tablero



Corte

Figura 43. Lanzamiento de papeles suplementarios cuando el número de cerchas excede de cuatro

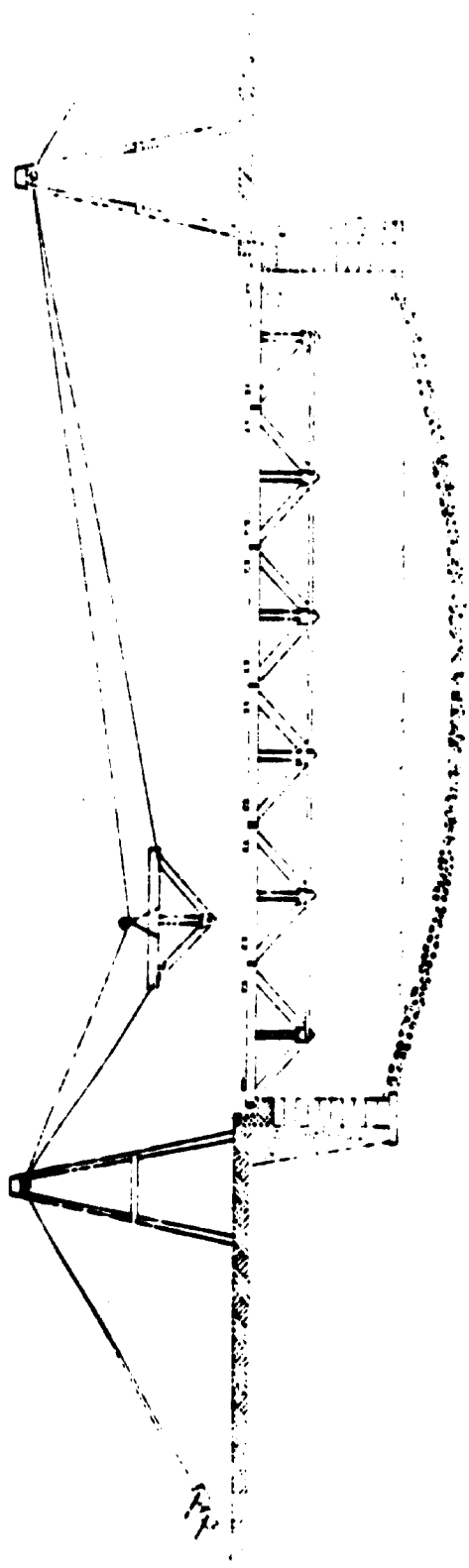


Figura 44. Posicionamiento de un panel suplementario

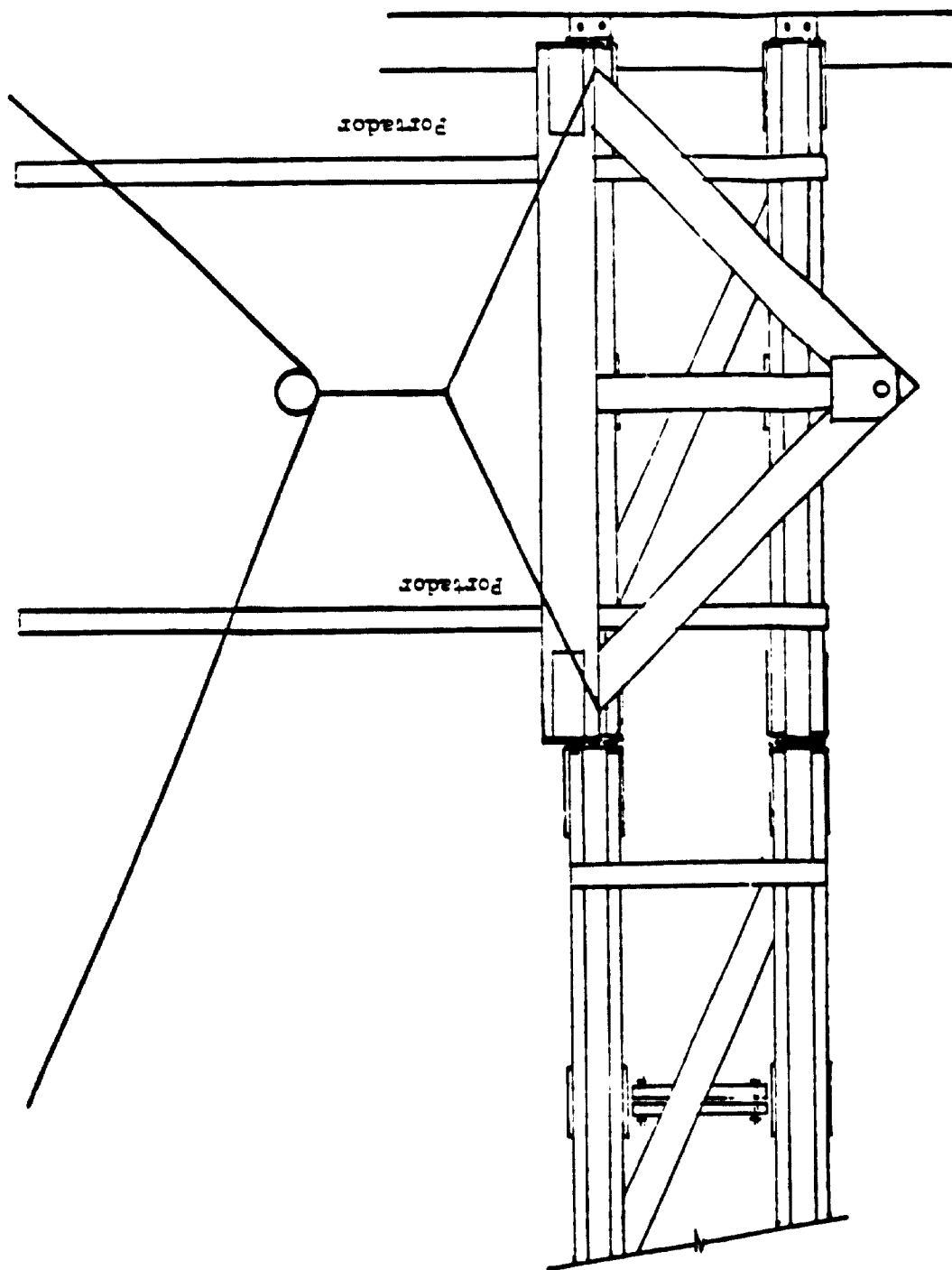


Figura 4). Aplicación del soporte provisional del panel a la cercha erigida

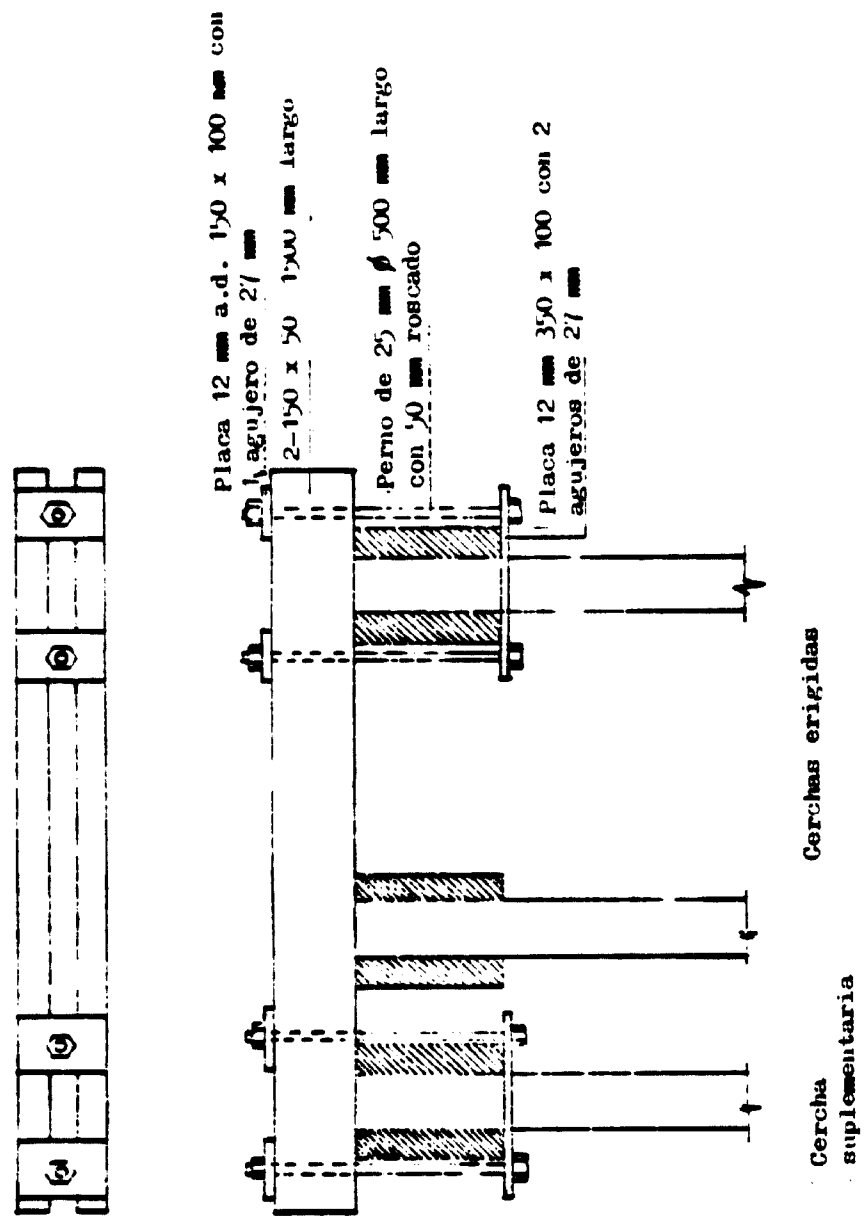


Figura 46. Tipos de parapetos

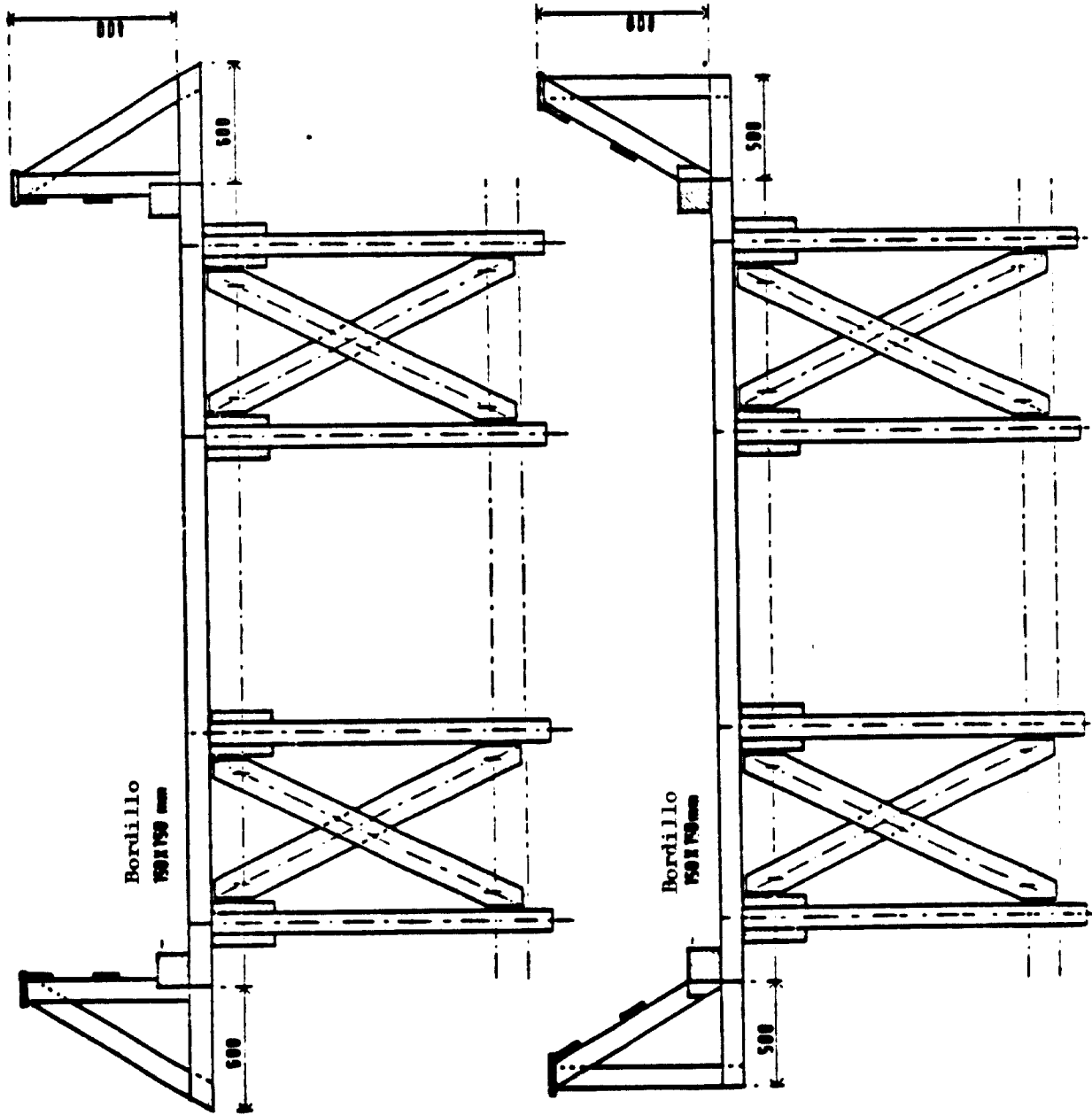


Figura 4/. Detalle del parapeto

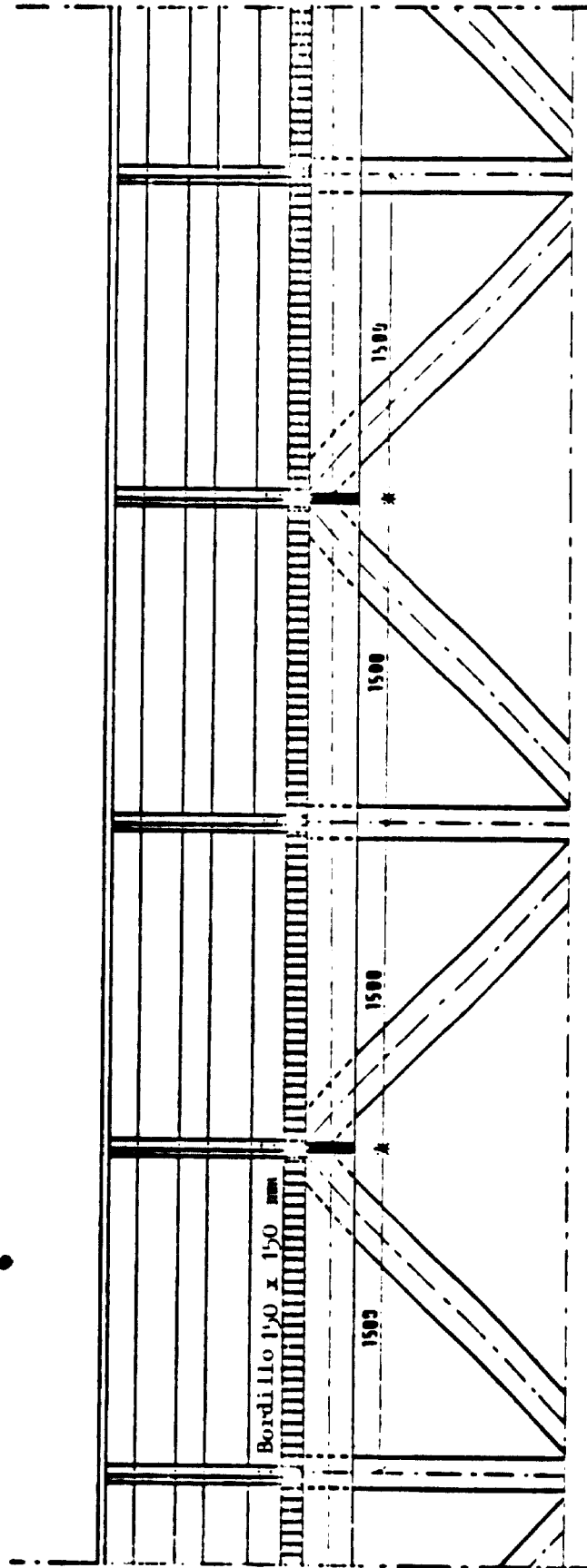


Figura 48. Parapeto A (detalle)

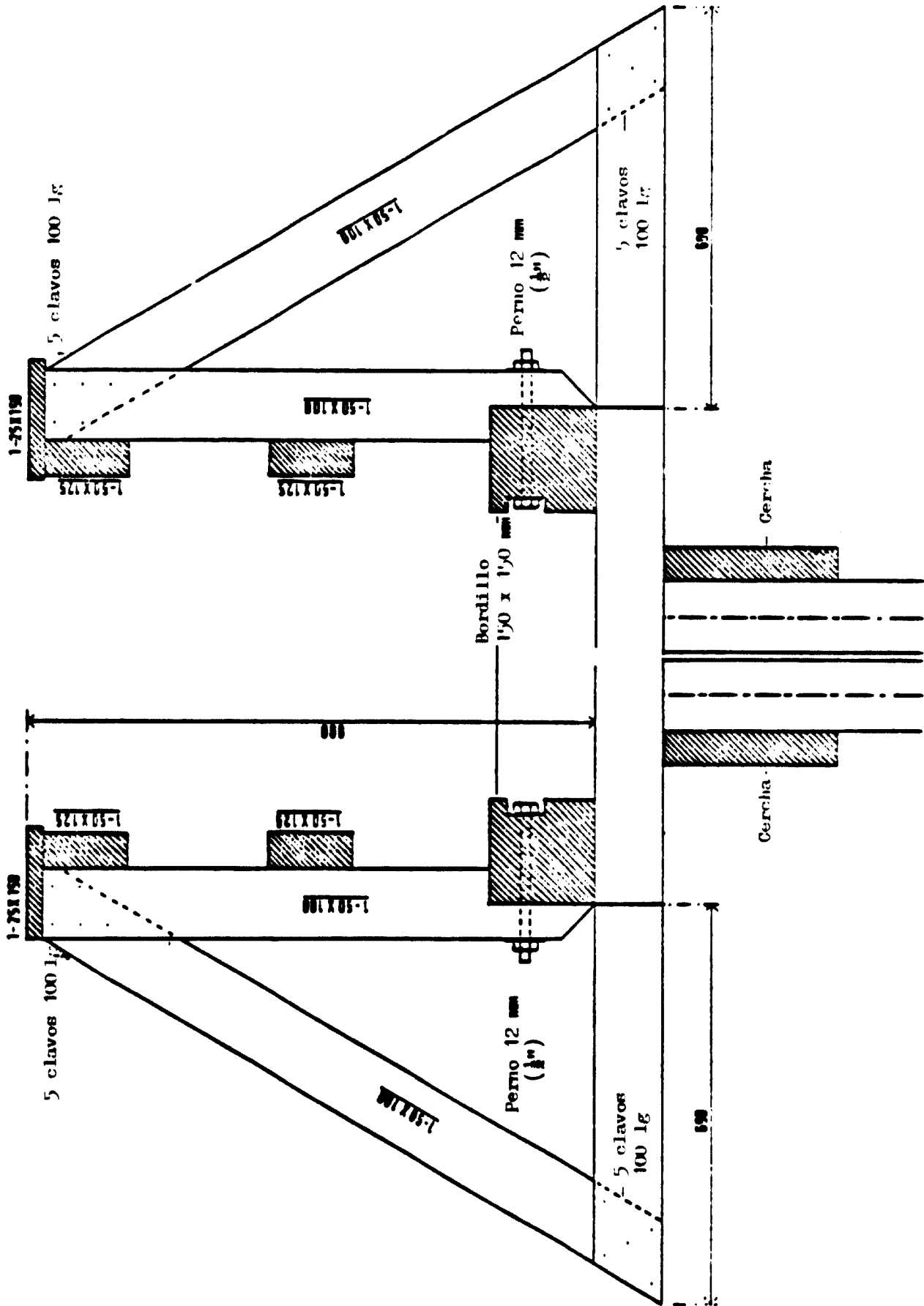
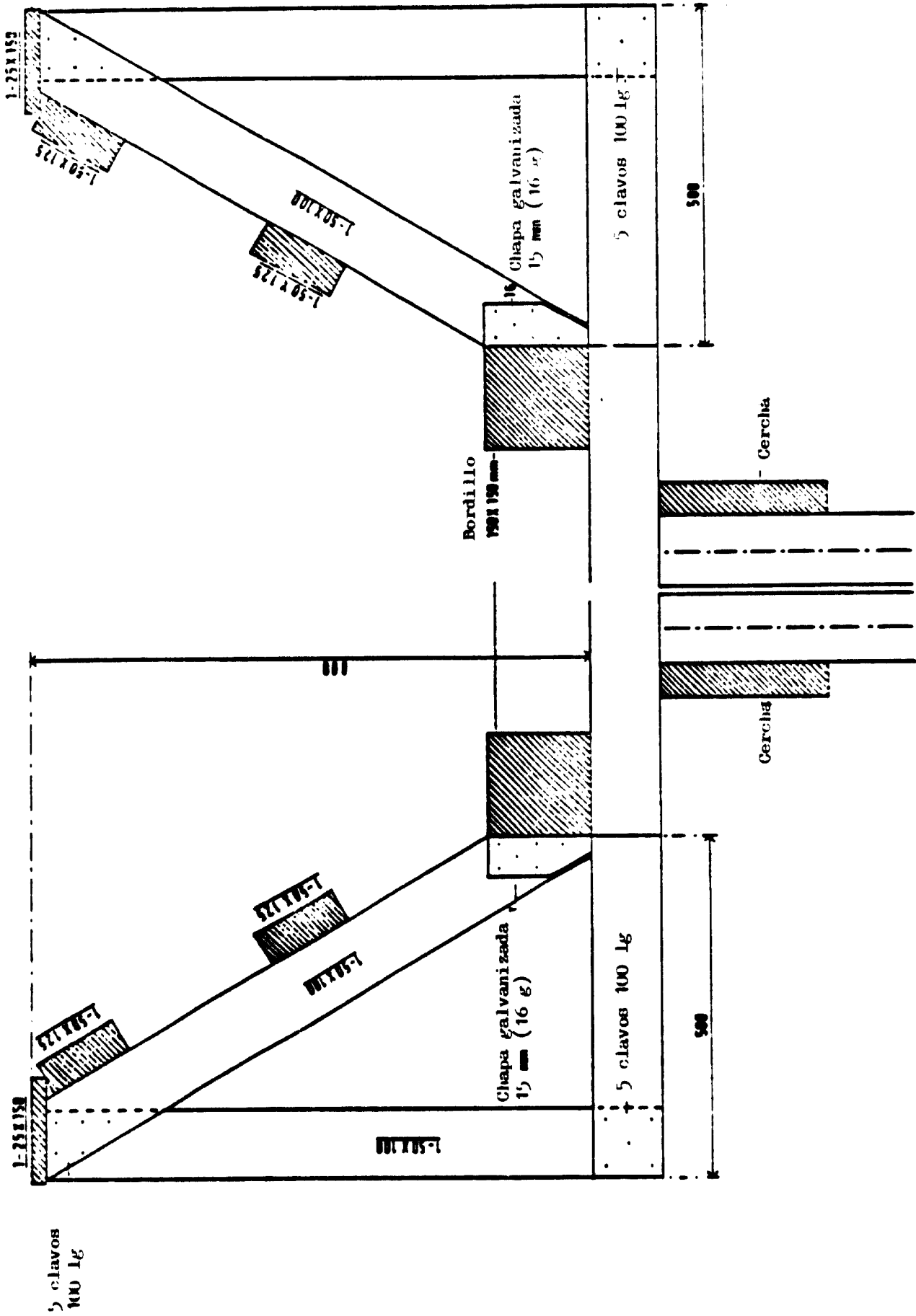


Figura 49. Parapeto B (detalle)



5 clavos
100 Lg

Chapa galvanizada
15 mm (16 g)

Bordillo
150x100 mm

Chapa galvanizada
15 mm (16 g)

5 clavos 100 Lg

5 clavos 100 Lg

Cercha

Cercha

1-75x125

1-50x125

1-50x100
1-50x125

1-50x100
1-50x125

1-50x100

1-50x100

500

500

100

C. Método de construcción de pasos en seco

Bastidores de erección

Deben prepararse bastidores del tipo que muestra la figura 50. Sólo se necesitarán dos para luces de hasta 15 m, y tres para luces más grandes. Su altura deberá ser igual a la distancia máxima entre el lecho y la parte inferior de los cordones superiores de los paneles, más 300 mm (12").

Nivelación

Tiéndase una cuerda de lado a lado de la luz a proximidad de la posición definitiva de la cercha más lejana. La cuerda deberá estar al nivel de la parte superior del panel en el extremo más próximo y a un nivel superior en 10 mm por metro de luz en el extremo más lejano, a fin de tener en cuenta la combadura de las cerchas. Esto quiere decir que solamente el primer tramo de paneles estará nivelado con la cuerda y que los restantes se hallarán sucesivamente por debajo de ese nivel.

Erección de las cerchas

Como en el método de construcción de pasos sobre agua, se erigen primero los pares de cerchas con arriostramiento vertical.

Colóquense un portahembra y un portamacho en los fundamentos y encajense en ellos dos paneles, con los otros extremos sostenidos por un bastidor de erección (véase la figura 51). Nivelense ambos paneles con la cuerda desplazando la parte inferior del bastidor en la dirección del vano y ajustando las cuñas de apriete. Colóquese el arriostramiento vertical y horizontal permanente, como muestra la figura 39.

Repítase la operación aplicando un segundo bastidor de erección a otro par de paneles, como muestra la figura 52. Cuando se haya terminado de fijar el arriostramiento, retírese el primer bastidor. Luego, de manera similar, se irán añadiendo bastidores sucesivos, hasta un máximo de 5 pares.

Cuando la luz sea mayor de 15 m, déjese un bastidor en posición como apoyo provisional y prosígase la operación utilizando un bastidor suplementario.

Fase final de erección de las cerchas

Una vez terminada la erección del último tramo, colóquense las placas de apoyo en el extremo de cada panel. Si no tocan el fundamento, deberán colocarse cuñas de apriete debajo de cada placa antes de retirar el andamiaje provisional. Estas podrán extraerse una vez que la estructura quede libre.

Figura 50. Soporte para pasos en seco

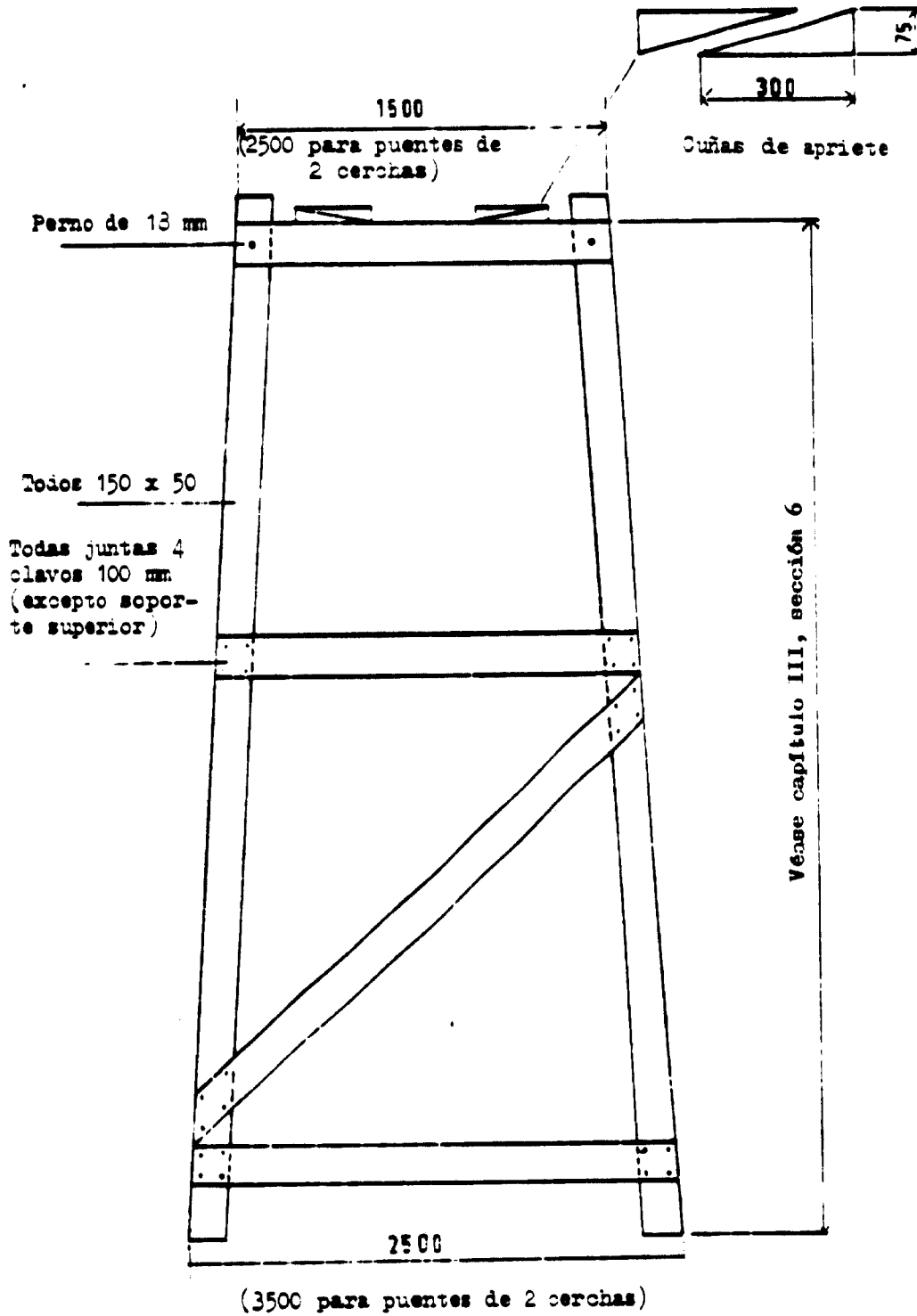


Figura 51. Método de erección de las cerchas (pasos en seco):
primera cercha

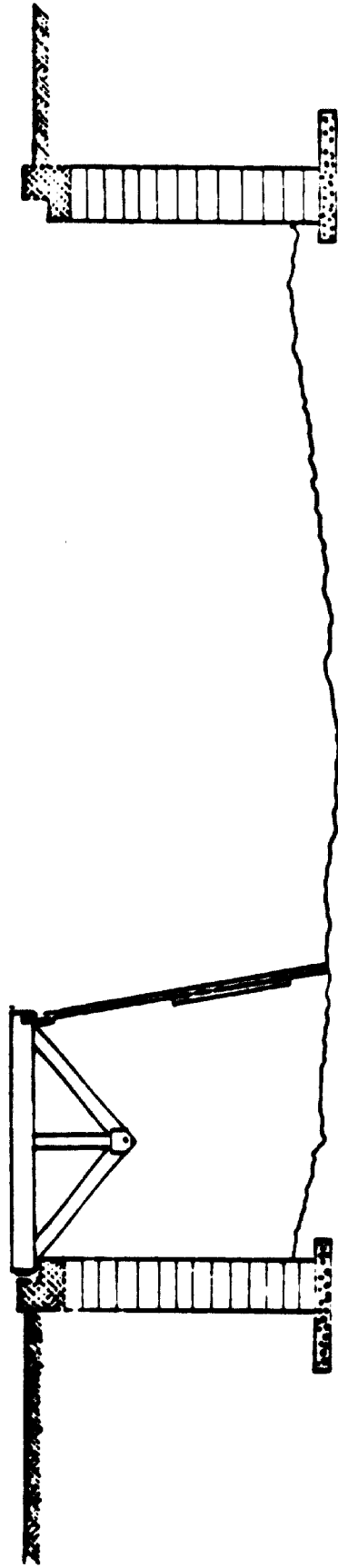
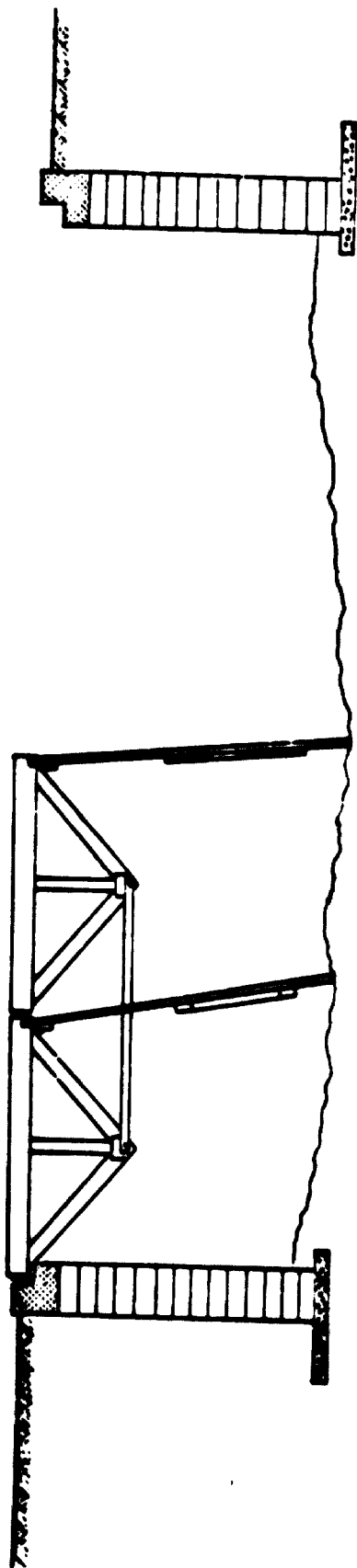


Figura 52. Método de erección de las cerchas (pasos en seco):
segunda cercha



Eríjanse las cerchas restantes de la misma manera. Pueden erigirse cerchas individuales con ayuda del mismo andamiaje, pero cada panel, una vez erigido, deberá unirse por ambos extremos a un par completamente arriostrado.

Cuando se hayan erigido todas las cerchas, complétese la estructura en la forma indicada respecto de los pasos sobre agua (pág. 76).

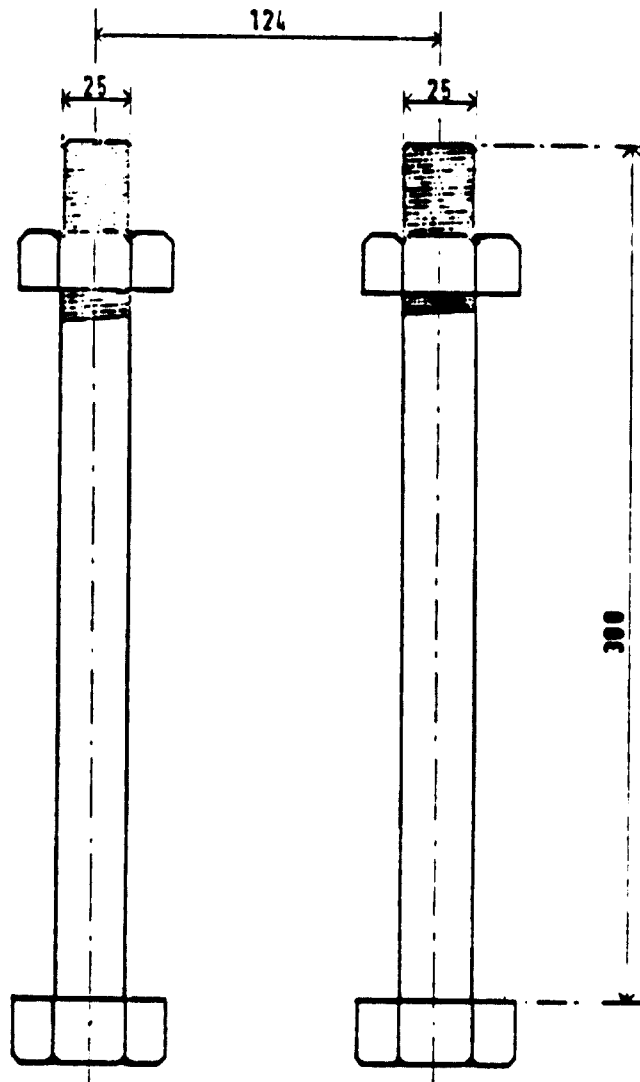
D. Hormigonado y trabajos de explanación.

Colóquense pernos de cimentación en los entrantes previstos e injéctese a presión lechada de mortero de cemento 1:3 (véase la figura 53). Rellénese el fundamento hasta el nivel de la carretera terminada.

Ahora deberá procederse al tratamiento del terreno con una solución tóxica donde los ataques por los tercos sean endémicos. Para ello, se excavará una superficie de unos 5 m x 5 m hasta una profundidad de 300 mm y se amontonará la tierra. Mézclese ésta con 100 litros de una de las siguientes emulsiones en agua: aldrín 0,5%; dialdrina 0,5%; clordán 1,0%; o hexacloruro de benceno 0,8%. Póngase de nuevo la tierra en su sitio y apisonese en la forma habitual.

Terminese el puente hormigonando la parte posterior de los apoyos, a fin de obtener una superficie de trabajo plana.

Figura 53. Pernos de anclaje



Anexo I

VERIFICACION DE LA RESISTENCIA DE LOS PANELES DE MADERA

El objeto de este ensayo no es demostrar con seguridad absoluta la resistencia de un puente, sino determinar o verificar el grado de calidad (resistencia) de una madera dada. La prueba es adecuada para maderas de una graduación de hasta F14; si se emplean maderas de mayor graduación, lo más probable es que cedan las espigas de acero.

El objeto específico del ensayo es probar la resistencia de las tornapuntas en tensión, lo que se considera una buena indicación general, ya que la resistencia de la madera suele ser más variable en estado de tensión que bajo otras cargas.

Para el ensayo, procédase como sigue:

Colóquese un panel en la plantilla de la figura 54 y apóyese en dos soportes normales. Extraíganse los pernos pasantes de 250 mm del cordón superior, así como los clavos que se hubiesen clavado en esta intersección para proporcionar una sujeción provisional. Refuérese el montante central de 150 mm x 50 mm añadiendo dos miembros de 150 mm x 50 mm y 0,75 m de largo, que se unirán en cualquiera de los lados con clavos de 100 mm a 150 mm entre centros. Intercálase una cuña de acero dulce de 25 mm x 75 mm y 150 mm de largo en el montante, de modo que descansa sobre la parte superior de las placas inferiores (1 ó 9), con objeto de reforzar la unión en dicho punto. Colóquese un apoyacargas de madera dura en la parte superior del montante y asegúrese de que el apoyacargas no está en contacto con ningún miembro y puede pasar entre ellos. Por último, en cada uno de los extremos del panel, colóquense sondas galgas de cuadrante contrastadas para una lectura de 0,1 mm en los puntos indicados en la figura 54.

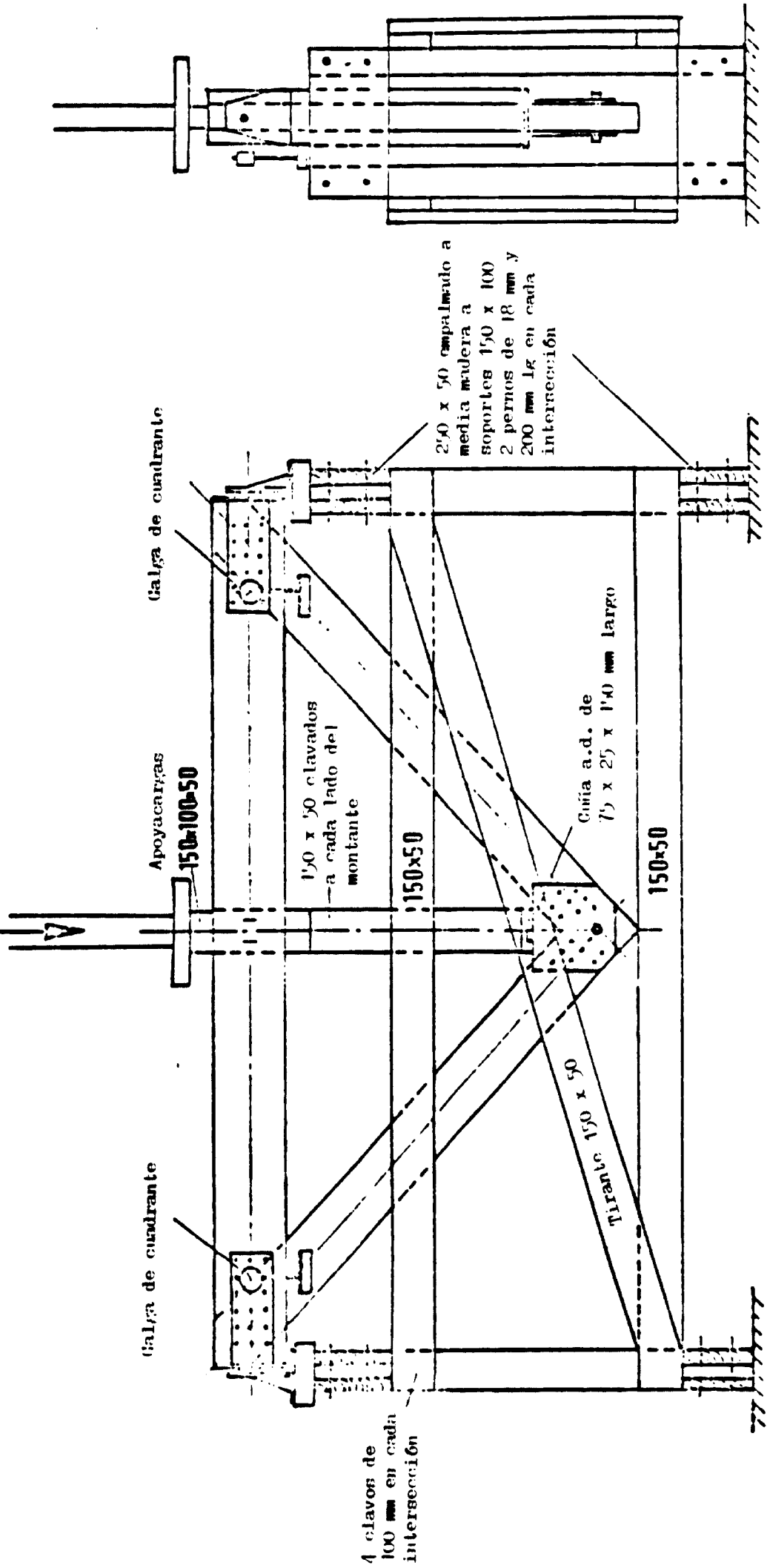
Se considera necesario realizar dos ensayos.

Verificación de la carga prevista

Según el grado de calidad de la madera empleada en el panel ensayado, se aplicarán las siguientes cargas previstas:

<u>Grado de calidad</u>	<u>Carga prevista</u> <u>(t)</u>
F4	7,8
F5	9,7
F7	12,3
F8	15,6
F11	19,6
F14	24,8

Figura 54. Plantilla para verificar la resistencia de los paneles
Carga



Aplíquese la carga durante un periodo de no más de 15 minutos, y manténgase durante 24 horas. Anótense las indicaciones de cada galga 15 minutos después de haberse aplicado la carga, y, posteriormente, a intervalos de una hora. Finalmente, se retira la carga, y 15 minutos más tarde se hace la última anotación.

El panel se considerará aceptable si:

- a) la tasa máxima de aumento del doblamiento durante las 24 horas del ensayo se registra al comienzo y disminuye a medida que se llega al final del ensayo;
- b) la flecha remanente no excede de 2 mm.

Ensayo de la carga límite

El panel deberá cargarse ahora hasta la rotura y mantenerse así durante un periodo no superior a 30 minutos. Las siguientes cargas límite mínimas se consideran aceptables:

<u>Grado de calidad</u>	<u>Carga límite mínima (t)</u>
F4	19,5
F5	24,2
F7	30,7
F8	39,0
F11	49,0
F14	62,0

Anexo II

REGLAS PARA LA CLASIFICACION DE LAS MADERAS

Las piezas de madera se aserrarán con la máxima precisión, y no deberán presentar señales de podredumbre, hendeduras, grietas, roturas ni cepas cicatrizadas.

A reserva de las limitaciones indicadas, se admiten los siguientes defectos en los tres grados de calidad considerados:

Grado 75%

1. Tamaño máximo de los nudos:

Altura de perfil (mm)	Tamaño del nudo (mm)	
	En la cara	En el canto
250	40	12
200	30	12
150	20	12
100	15	12

Las dimensiones totales de los grupos de nudos no deberán rebasar esos valores.

2. El hilo oblicuo no deberá exceder de 1 en 15.
3. Las hendeduras de secado no deberán tener más de 400 mm de longitud ni más de 3 mm de anchura, ni deberán extenderse de una superficie a otra.
4. Deberán observarse los siguientes valores admisibles máximos (en milímetros) de elasticidad, arco y torsión:

<u>Miembro</u>	<u>Elasticidad</u>	<u>Arco</u>	<u>Torsión</u>
1T	5	20	10
2T	6	15	10
3T	3	10	5
4T	3	5	5
Arriostramiento vertical	3	10	5
Tablero	12	20	5

_____ por 3 m de largo _____ .

5. No deberán emplearse maderas con mengua ni maderas de alburno sensibles a los ataques de insectos.
6. Las hendeduras que admitan una galga palpadora de 0,15 mm de espesor no deberán tener más de 15 mm de longitud en los miembros de 50 mm de anchura ni más de 30 mm en los de 100 mm.
7. Las bolsas de goma y las excrescencias provocadas por lesiones no deberán tener una longitud de más de 300 mm ni una anchura de más de 12 mm en una cara de la madera. Cuando una bolsa se extienda de una cara a otra, la anchura deberá ser inferior a los 6 mm.

Grado 60%

1. Tamaño máximo de los nudos:

Altura de perfil (mm)	Tamaño del nudo (mm)	
	En la cara	En el canto
250	60	20
200	50	20
150	35	20
100	25	20

Las dimensiones totales de los grupos de nudos no deberán rebasar esos valcres.

- El hilo oblicuo no deberá exceder de 1 en 10.
- Las hendiduras de secado no deberán tener una longitud de más de 400 mm.
- La elasticidad, el arco y la torsión no deberán rebasar los valores dados para el grado 75%.
- Las menguas y los alburnos sensibles a los ataques de insectos no deberán ocupar más de la cuarta parte de la anchura de la cara de que se trate.
- Las hendiduras que admitan una galga palpadora de 0,15 mm de espesor no deberán tener más de 20 mm de longitud en los miembros de 50 mm de anchura ni más de 40 mm en los de 100 mm.
- Las bolsas de goma y las excrecencias provocadas por lesiones no deberán tener una longitud de más de 300 mm ni una anchura de más de 20 mm en la cara de la madera. Cuando una bolsa se extienda de una cara a otra, la anchura deberá ser inferior a los 6 mm.

Grado 48%

1. Tamaño máximo de los nudos:

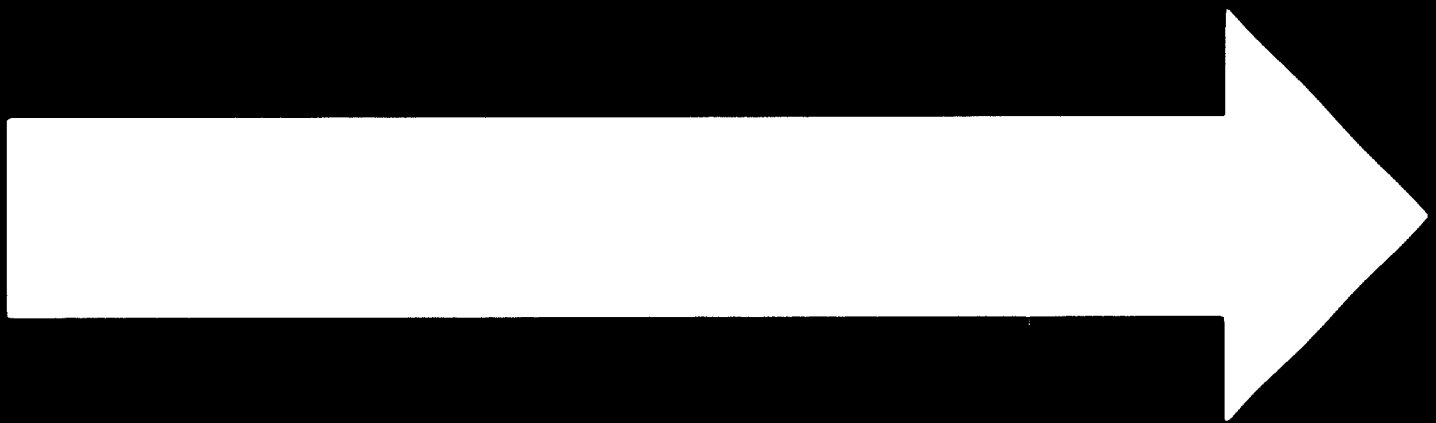
Altura de perfil (mm)	Tamaño del nudo (mm)	
	En la cara	En el canto
250	75	25
200	60	25
150	45	25
100	30	25

Las dimensiones totales de los grupos de nudos no deberán rebasar esos valores.

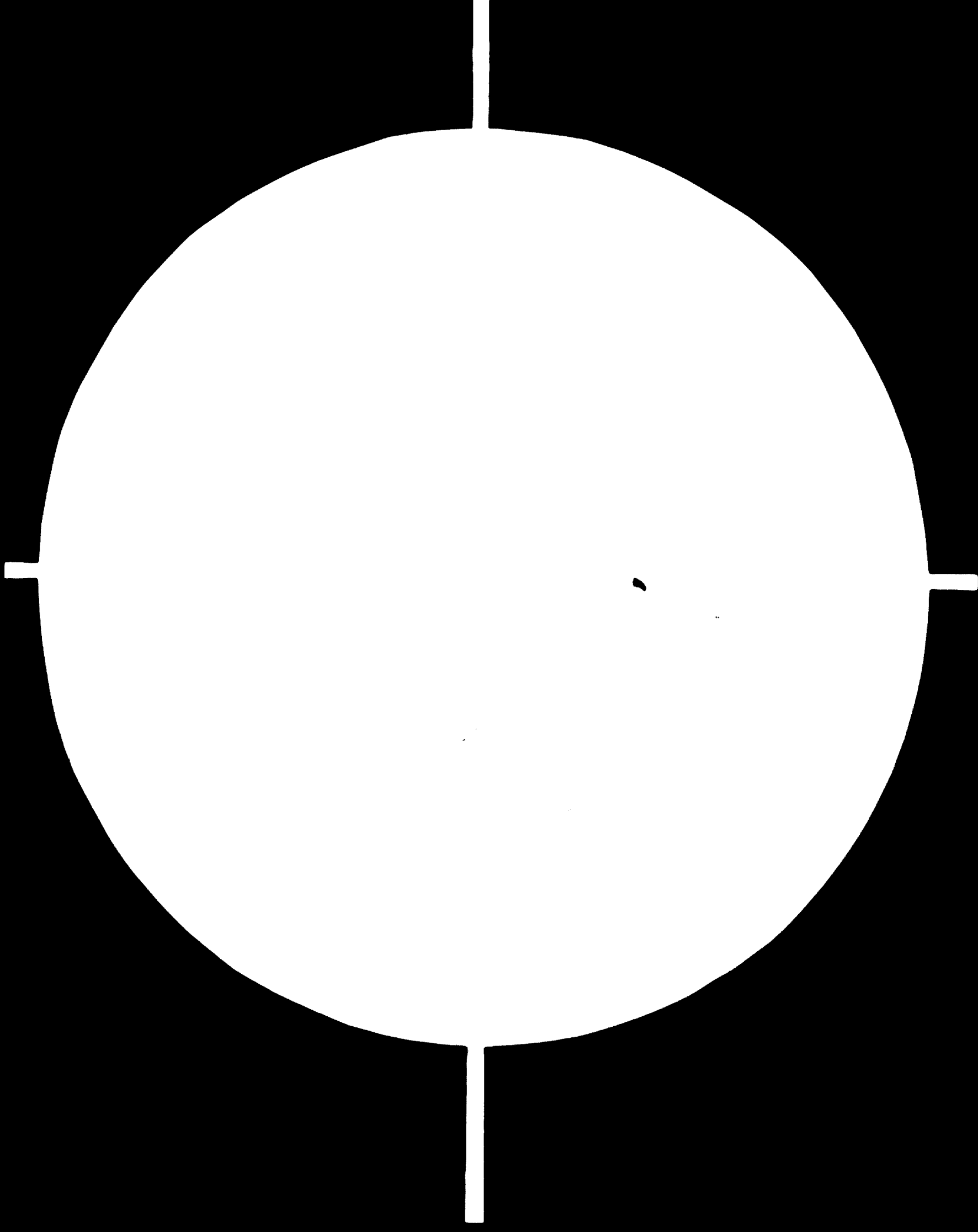
- El hilo oblicuo no deberá exceder de 1 en 8.
- Las hendiduras de secado no deberán tener una longitud de más de 600 mm.
- La elasticidad, el arco y la torsión no deberán rebasar los valores dados para el grado 75%.
- Las menguas y los alburnos sensibles a los ataques de insectos no deberán ocupar más de la cuarta parte de la anchura de la cara de que se trate.
- Las hendiduras que admitan una galga palpadora de 0,15 mm de espesor no deberán tener una longitud de más de 25 mm en los miembros de 50 mm de anchura ni de más de 50 mm en los de 100 mm.

7. Las bolsas de goma y las excrecencias provocadas por lesiones no deberán tener una longitud de más de 300 mm ni una anchura de más de 25 mm en la cara de la madera. Cuando una bolsa se extienda de una cara a otra, la anchura deberá ser inferior a los 9 mm.

B-368



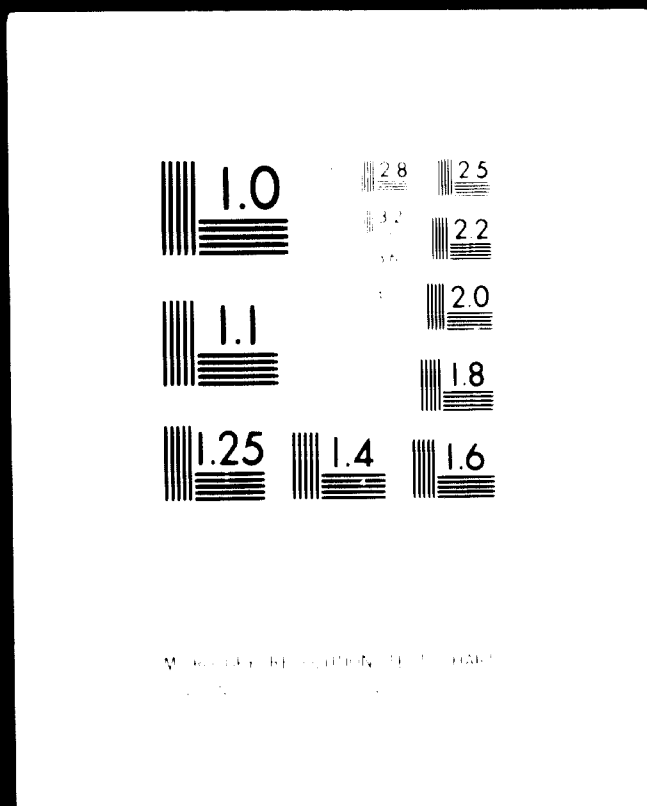
80.12.05



2 OF 2

09059

S



24x C

Anexo III

GRADOS DE CALIDAD DE MADERAS DE ESPECIES COMUNES

A. Maderas indias

Especie	Grupo de calidad	Graduación basada en el aspecto ^{a/}		
		48%	60%	75%
<i>Pterocarpus marsupium</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Soyimida febrifuga</i>	S2	F14	F17	F22
<i>Xylia xylocarpa</i> (<u>sin.</u> <i>X. dolabriformis</i>)	S1	F17	F22	F27
<i>Pterocarpus dalbergioides</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Tectona grandis</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Albizia lebbek</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Lagerstroemia lanceolata</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Kingiodendron pinnatum</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Xylocarpus granatum</i> (<u>sin.</u> <i>Carapa granatum</i>)	S5	F7	F8	F11
<i>Albizia odoratissima</i>	S2	F14	F17	F22
<i>Madhuca longifolia</i> <u>var.</u> <i>latifolia</i>	S5	F7	F8	F11
<i>Dalbergia sisco</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Dalbergia latifolia</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Cedrus deodara</i>	S5	F7	F8	F11
<i>Ougeinia cojomeimensis</i>	S5	F7	F8	F11
<i>Dysoxylum malabaricum</i>	S4	F8	F11	F14

B. Maderas de América central y meridional

Especie	Grupo de calidad	.Graduación basada en el aspecto ^{a/}		
		48%	60%	75%
<i>Dicorynia guianensis</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Clathrotropis spp.</i>	S2	F14	F17	F22
<i>Bagassa guianensis</i>	S2	F14	F17	F22
<i>Manilkara bidentata</i>	S1	F17	F22	F27
<i>Ocotea rubra</i>	S5	F7	F8	F11
<i>Ocotea rodiaei</i>	S1	F17	F22	F27
<i>Qualea rosea</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Goupia glabra</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Eschweilera longipes</i> y <i>E. subglandosa</i>	S1	F17	F22	F27
<i>Symphonia globulifera</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Mora excelsa</i>	S2	F14	F17	F22
<i>Terminalia amazonia</i>	S2	F14	F17	F22
<i>Pinus caribaea</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Peltogyne spp.</i>	S2	F14	F17	F22
<i>Calophyllum spp.</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Hieronyma spp.</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Diplotropis purpurea</i>	S1	F17	F22	F27
<i>Humiria spp.</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Tectona grandis</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Eperua spp.</i>	S1	F17	F22	F27

C. Maderas del Africa occidental

Especie	Grupo de calidad	Graduación basada en el aspecto ^{a/}		
		48%	60%	75%
Pericopsis elata (<u>sin.</u> Afrormosia elata)	S3	F11	F14	F17
Afzelia africana	S3	F11	F14	F17
A. bella				
A. bipindensis				
A. pachyloba				
A. quanzonzis	S4	F11	F14	F17
Aningeria <u>spp.</u>	S6	F5	F7	F8
Baillonella <u>spp.</u>	S4	F11	F14	F17
Autranella congolensis	S2	F14	F17	F22
Burkea africana	S2	F14	F17	F22
Chlorophora excelsa	S5	F7	F8	F11
Coula edulis	S2	F14	F17	F22
Cryptosepalum staudtii	S2	F14	F17	F22
Piptadenia gabunensis (<u>sin.</u> Cylicodiscus gabunensis)	S2	F14	F17	F22
Distemonanthus denbthamianus benthamianus	S4	F11	F14	F17
Eucalyptus paniculata	S1	F17	F22	F27
Eucalyptus propinqua	S2	F14	F17	F22
Guarea cedrata	S5	F7	F8	F11
Guibourtia <u>spp.</u>				
G. arnoldiana	S3	F11	F14	F7
G. coleosporma	S5	F7	F8	F11
G. demeusei	S3	F11	F14	F17
G. ehie	S1	F17	F22	F27
G. pellegriniana	S1	F17	F22	F27
G. tessmanii	S2	F14	F17	F22
Khaya <u>spp.</u>				
K. anthoteca	S6	F5	F7	F8
K. ivorensis				
K. nyasica				
K. grandifolia	S4	F8	F11	F14
K. senegalensis				
Lophira <u>spp.</u>	S2	F14	F17	F22
Mammea africana	S4	F8	F11	F14
Manilkara lacera	S1	F17	F22	F27
Mansonia altissima	S4	F8	F11	F14
Microberlinea brazzavillenenis	S4	F8	F11	F14

Especie	Grupo de calidad	Graduación basada en el aspecto		
		48%	60%	75%
<u>Mimusops spp.</u>				
M. callophilloides				
M. oboyata	S3	F11	F14	F17
M. djare				
(<u>sin.</u> Baillonella toxisperma)				
M. oongolensis syn.				
(<u>sin.</u> Autronella oongolensis)	S2	F14	F17	F22
M. heckeli				
(<u>sin.</u> Tieghemella heckeli)	S5	F7	F8	F11
M. africana				
(<u>sin.</u> Tieghemella africana)	S4	F8	F11	F14
Morus mesozygia	S1	F17	F22	F27
Nauclea spp.	S4	F8	F11	F14
Nesogordonia papaverifera	S3	F11	F14	F17
Oxystigma oxyphyllum	S4	F8	F11	F14
Dacryodes edulis	S4	F8	F11	F14
<u>Pinus spp.</u>				
Baja densidad (menos de 600 kg/m ³)	S7	F4	F5	F7
Alta densidad (más de 600 kg/m ³)	S5	F7	F8	F11
Prosopis africana	S3	F11	F14	F17
Pterocarpus angolensis	S5	F7	F8	F11
Pterocarpus eriaceus	S3	F11	F14	F17
Pterocarpus soyauxii	S4	F8	F11	F14
Sacoglottis gabonensis	S2	F14	F17	F22
Strombosia spp.	S2	F14	F17	F22
Heritiera utilis	S5	F7	F8	F11
(<u>sin.</u> Terrietia utilis)				
Terminalia ivorensis	S5	F7	F8	F11

D. Maderas de la región del Pacífico

Especie	Grupo de calidad	Graduación basada en el aspecto ^{a/}		
		25%	50%	75%
<i>Calophyllum kajewski</i>	S1	F8	F11	F14
<i>Pometia pinnata</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Intsia bijuga</i>	S2	F14	F17	F22
<i>Intsia palembica</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Pterocarpus indicus</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Eucalyptus deglupta</i>	S7	F4	F5	F7
<i>Homalium foetidum</i>	S2	F14	F17	F22
<i>Hopea papuana</i>	S2	F14	F17	F22
<i>Hopea forbesii</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Hopea triana</i>	S1	F17	F22	F27
<i>Hopea glabrifolia</i>	S1	F17	F22	F27
<i>Tectona grandis</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Manilkara kanosiensis</i>	S1	F17	F22	F27
<i>Heritiera littoralis</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Palaquium gornei</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Terminalia spp.</i>				
<i>T. brassi, T. kaernbachii</i>	S7	F4	F5	F7
<i>T. faveolata</i>				
<i>T. catappa, T. microcarpa</i>	S5	F7	F8	F11
<i>T. canaliculata, T. complanata</i>				
<i>T. calamansanii</i>				
<i>T. solomonensis, T. gspargerea</i>				
<i>T. capelandi</i>	S6	F5	F7	F8
<i>Syzygium spp.</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Araucaria guntsteinii</i>	S6	F5	F7	F8
<i>Cleistocalyx spp.</i>				
(<u>gen. Acicalyptus spp.</u>) (exceptuadas las que siguen)	S2	F14	F17	F22
<i>Cleistocalyx myrtoides</i>	S4	F8	F11	F14
(<u>FIG. A. myrtoides</u>)				
<i>Alstonia scholaris</i>	S7	F4	F5	F7
<i>Amoora cucullata</i>	S6	F5	F7	F8
<i>Anisoptera polyandra</i>	S5	F8	F11	F14
<i>Anthocephalus chinensis</i>	S7	F4	F5	F7
<i>Campnosperma brevipetiolata</i>	S7	F4	F5	F7
<i>Dracontomelum puperulum</i>	S5	F8	F11	F14
<i>Elmerrillia papuana</i>	S6	F5	F7	F8

Especie	Grupo de calidad	Graduación basada en el aspecto ^{a/}		
		48%	60%	75%
<i>Endospermum medullosum</i>	S7	F4	F5	F7
<i>Eucalyptus deglupta</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Vitex coccifera</i>	S7	F4	F5	F7
<i>Agathis dammara</i> (<u>sin.</u> <i>A. alba</i>)	S7	F4	F5	F7
<i>Pagraea gracillipes</i>	S1	F17	F22	F27
<i>Myristica</i> spp.	S6	F5	F7	F8
<i>Podocarpus nerifolius</i>	S4	F8	F11	F14
<i>Garcinia myrtifolia</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Gonystylus punctatus</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Heritiera ornithocephala</i>	S3	F11	F14	F17
<i>Sevianthes myriadema</i>	S5	F7	F8	F11
<i>Dacrydium intricatum</i>	S6	F5	F7	F8
<i>Agathis vitiensis</i>	S5	F7	F8	F11

E. Maderas del Asia sudoriental

Especie	Grupo de calidad	Graduación basada en el aspecto			
		40%	60%	75%	
<i>Hopea plagata</i>	S1	F17	F22	F27	
<i>Hopea philippinensis</i>	S2	F14	F17	F22	
<i>Vatica mangachapoi</i>	S2	F14	F17	F22	
<i>Intsia bijuga</i>	S2	F14	F17	F22	
<i>Otenolophon philippinensis</i>	S2	F14	F17	F22	
<i>Fagraea fragans</i>	S3	F11	F14	F17	
<i>Eusideroxylon zwageri</i>	S1	F17	F22	F27	
<i>Madhuca utilis</i>	S1	F17	F22	F27	
<i>Palaquium ridleyi</i>	S3	F11	F14	F17	
<i>Palaquium stellatum</i>	S3	F11	F14	F17	
<i>Balanocarpus gheimii</i>	S1	F17	F22	F27	
<i>Vatica spp.</i>	S3	F11	F14	F17	
<i>Dipterocarpus spp.</i>	S3	F11	F14	F17	
<i>Dryobalanops spp.</i>	S3	F11	F14	F17	
<i>Koompassia malaccensis</i>	S2	F14	F17	F27	
<i>Hopea acuminata</i>	S2	F14	F17	F27	
<i>Shorea spp.</i>					
<i>S. glauca</i>	} balau	S1	F17	F22	F27
<i>S. maxwelliana</i>					
<i>S. seminis</i>					
<i>S. laevis</i>					
<i>S. albida (variedad pesada)</i>					
<i>S. collina</i>	} balau rojo	S3	F11	F14	F17
<i>S. guiso</i>					
<i>S. kunstleri</i>					
<i>S. ochrophloia</i>	} Meranti rojo oscuro	S5	F7	F8	F11
<i>S. pauciflora</i>					
<i>S. curtisii</i>					
<i>S. pahphylla</i>					
<i>S. platyclados</i>	} Meranti rojo claro	S6	F5	F7	F8
<i>S. albida</i>					
<i>S. argentifolia</i>					
<i>S. leptoclados</i>					
<i>S. rugosa</i>					
<i>S. acuminata</i>					
<i>S. leprosula</i>					
<i>S. macroptera</i>					
<i>S. ovalis</i>					
<i>S. parvifolia</i>					
<i>S. smithiana</i>					

Especie	Grupo de calidad	Graduación basada en el aspecto ^{a/}			
		48%	60%	75%	
S. assanico	Meranti blanco	S4	F8	F11	F14
S. bracteolata					
S. hypochra					
S. resinosa					
S. sericeiflora					
S. faguetiana	Meranti amarillo	S5	F7	F8	F11
S. gibbosa					
S. hopeifolia					
S. multiflora					
S. resina-nigra					
S. acuminatissima					
<u>Shorea y parashorea spp.</u>					
P. malaanonan	Caoba roja clara filipina	S5	F7	F8	F11
S. almon					
S. squamata					
P. plicata					
Penacme confortata					
<u>Shorea spp.</u>					
S. nogrosensis	Caoba roja filipina	S5	F7	F8	F11
S. polysperma					
Heritiera spp.		S4	F8	F11	F14
Anisoptera spp.		S6	F5	F7	F8
Gonystylus spp.		S4	F8	F11	F14
<u>Sindora spp.</u>					
Capaifera spp.		S4	F8	F11	F14
(sin. Pseudosindora spp.)					

F. Maderas del Africa oriental

Especie	Grupo de calidad	Graduación basada en el aspecto ^{a/}		
		40%	60%	75%
Capressos lusitamica	S6	F5	F7	F8
Pinus spp.	S7	F4	F5	F7
Podocarpus spp.	S5	F7	F8	F11
Juniperus procera	S5	F7	F8	F11
Brachylaena hutchinsii	S4	F8	F11	F14
Celtis soyauxii	S4	F8	F11	F14
Entandrophragma utile	S5	F7	F8	F11
Entandrophragma cylindricum	S7	F4	F5	F7
Eucalyptus paniculata	S3	F11	F14	F17
Eucalyptus saligna	S5	F7	F8	F11
Khaya anthotheca	S6	F5	F7	F8
Olea hochstetteri	S3	F11	F14	F17
Prunus africanus	S4	F8	F11	F14
Vitex keniensis	S7	F4	F5	F7

a/ Véase el anexo II.

Anexo IV

FOTOGRAFÍAS QUE ILUSTRAN LOS TRABAJOS REALIZADOS POR EL PERSONAL DEL
PROYECTO A PIE DE OBRA EN ALGUNOS PUENTES DE KENYA



1. Almacenamiento de madera
aserrada

2. Tratamiento por inmersión
en una solución
preservativa

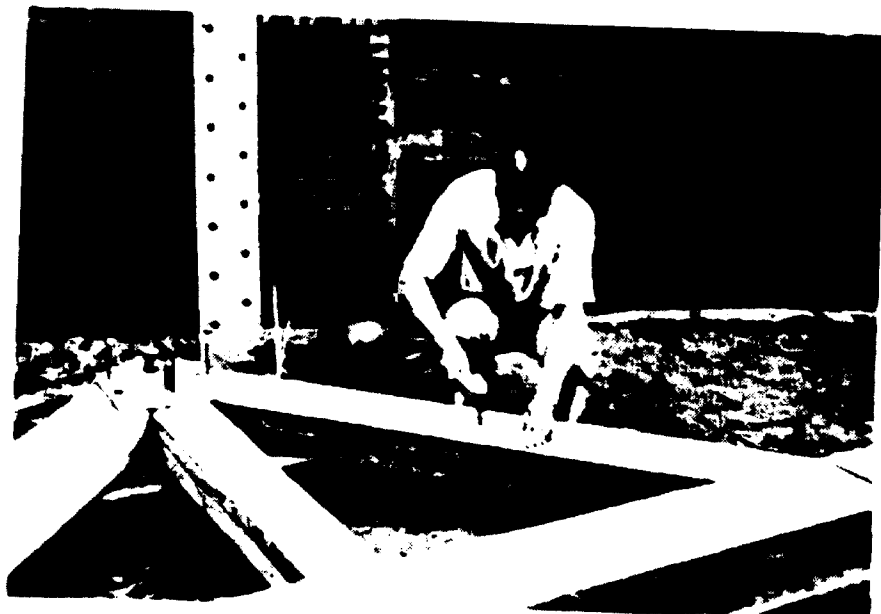


3. Montaje de componentes aserrados
sobre el soporte de montaje



4. Montaje del vértice de un elemento prefabricado (detalle)

5. Empernado de la chapa triangular de unión en el vértice del elemento



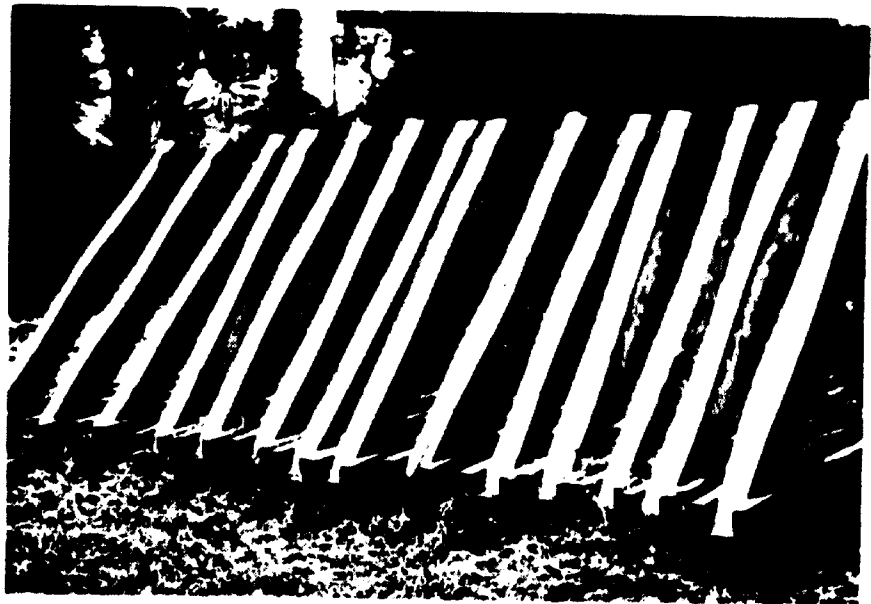
6. Claveteo de la madera lamelada del elemento prefabricado

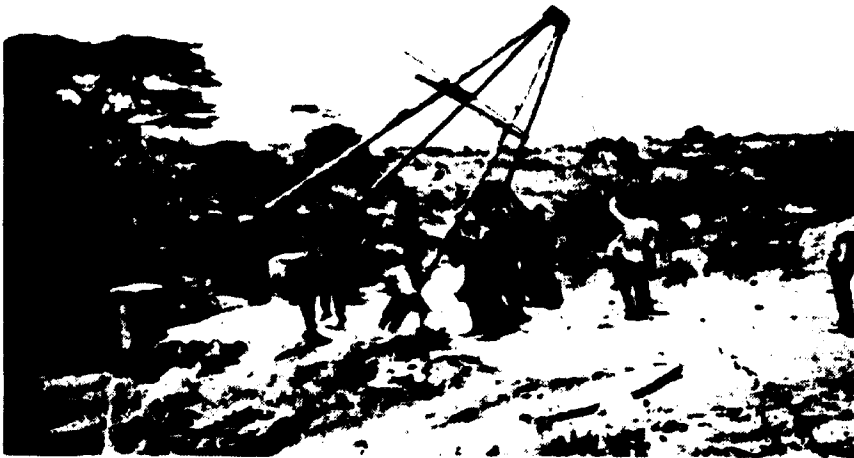
7. Soldeo del componente metálico para unir dos elementos adyacentes



8. Soldeo de las patillas de sujeción para el arriostamiento transversal

9. Elementos terminados en espera de ser transportados al lugar de la obra





10. Erección de la torre
que sostiene el cable
de lanzamiento



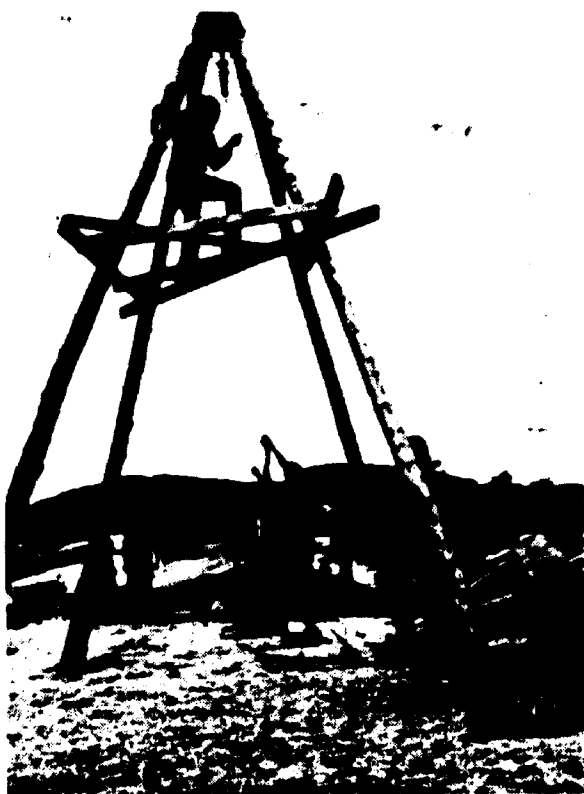
11. Excavación de una zanja
para anclar el cable de
lanzamiento



12. Anclaje del cable de
lanzamiento (en su posi-
ción en la zanja)



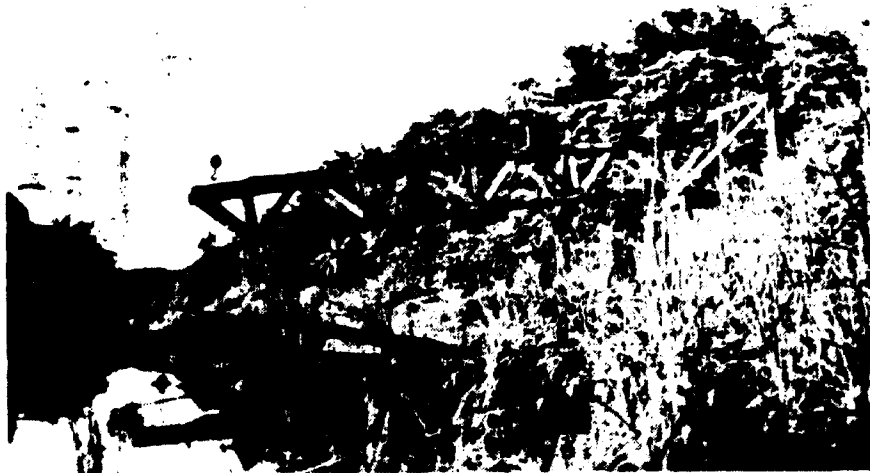
13. Recubrimiento de la zanja



14. Introducción del cable utilizado para el cuadernal de lanzamiento

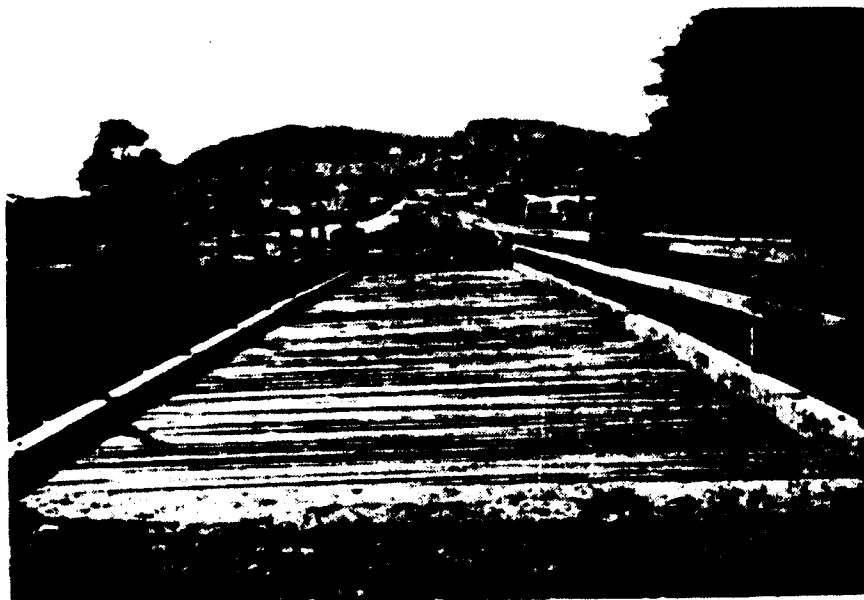


15. Unión de dos elementos (vista del arriostamiento transversal permanente y de los montantes provisionales de alineación)



16. Lanzamiento de un par de cerchas^{a/}

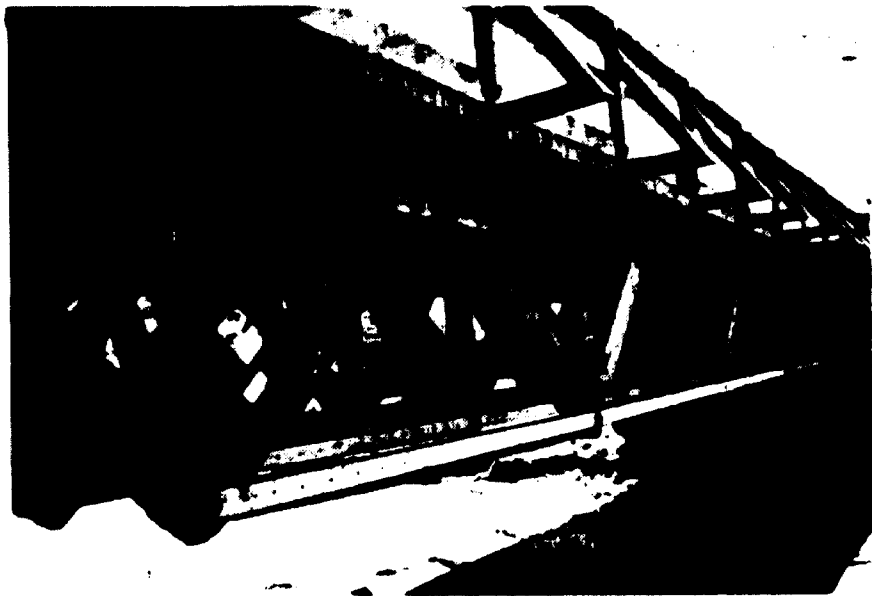
17. Interior del puente (vista de la construcción del tablero y del parapeto sin terminar)



18. Vista del puente con el parapeto sin terminar y terminado

a/ Esta fotografía se tomó en el emplazamiento de otro proyecto. En este caso, la torre de lanzamiento utilizada era de un tipo diferente.

19. Detalle del parapeto terminado



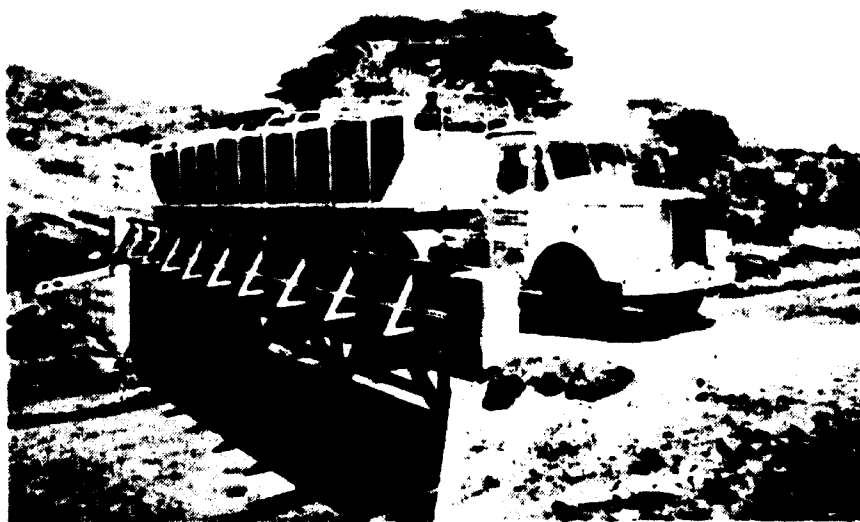
20. Detalle de las cerchas que sostienen el tablero

21. Puente terminado (vista lateral)





22. Puente terminado (vista de la construcción de los estribos)

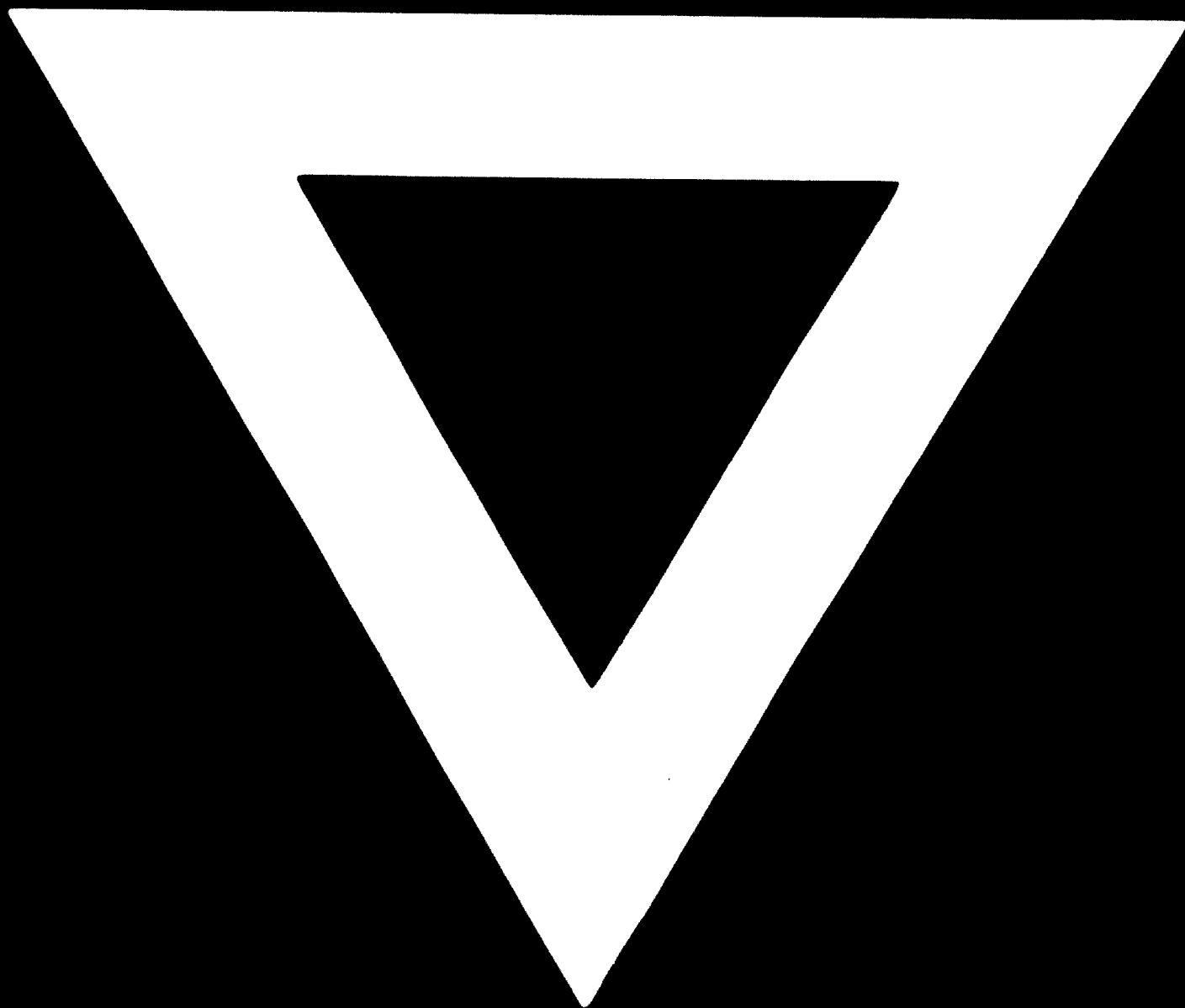


23. Puente terminado en uso



We regret that some of the pages in the microfiche copy of this report may not be up to the proper legibility standards, even though the best possible copy was used for preparing the master fiche.

B-368



80.12.05