

**MANUAL TÉCNICO PARA  
OBRAS PROVISIONALES  
DE APUNTALAMIENTO**

Marzo de 2011



**Ejecutor**



**PERÚ**

Ministerio de Cultura





# **Fortalecimiento de capacidades en la mejora del conocimiento del riesgo y formulación del plan de operaciones de emergencia**

Manual Técnico  
Para Obras Provisionales  
De Apuntalamiento

**Responsable**  
Arq. Sergio Pratali Maffei

**Equipo Técnico**  
Arq. Silvia de Los Ríos  
Arq. Enzo Manrique Bolovich

**Personal técnico de apoyo**  
Morena Zucchelli  
Tiziana Vicario  
Giulia Tieni

**Maquetas**  
Roberta Riva

Con la colaboración de:



Marzo, 2011  
Lima-Perú

## **GENERALIDAD**

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD, es la red mundial para el desarrollo establecida por las Naciones Unidas, cuyo objetivo central es apoyar el fortalecimiento de las capacidades institucionales nacionales. Para ello cuenta con una red global que articula esfuerzos y brinda asistencia técnica a fin de alcanzar un desarrollo humano sostenible.

Por acuerdo suscrito entre el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), y con el apoyo financiero de la Dirección General de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO), se ejecuta en el Área Metropolitana de Lima y Callao el Proyecto 00058530 “**Preparación ante Desastre Sísmico y/o Tsunami y Recuperación Temprana en Lima y Callao**”.

En el marco de este proyecto se lanzó la Convocatoria PNUD/SDP-049/2009 -Servicios de Consultoría para el Fortalecimiento de Capacidades de los Comités de Defensa Civil en Conocimiento del Riesgo y Formulación de Planes de Operaciones de Emergencia ante Sismos y/o Tsunamis en los Distritos del Callao, Cercado de Lima – Rímac y Villa María del Triunfo.

La institución **Cooperazione Internazionale (COOPI)** fue la seleccionada para realizar la intervención en el Distrito del Callao y del centro Histórico de Lima - Rímac.

En este contexto se realiza el estudio “**Manual Técnico para obras provisionales de Apuntalamiento**”.

## **ÍNDICE**

<b>Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>FICHAS TECNICAS</b>	
<b>1_ Apuntalamiento de retención en madera.....</b>	<b>8</b>
1.1_ Apuntalamiento de retención con base de apoyo.....	10
1.2_ Apuntalamiento de retención con muleta.....	29
<b>2_ Apuntalamiento de contraste en madera.....</b>	<b>46</b>
Apuntalamiento de contraste en paridad	
Apuntalamiento de contraste con descarga	
<b>3_ Apuntalamiento de soporte y armazón de aberturas.....</b>	<b>69</b>
<b>4_ Apuntalamiento de soporte de losas y balcones.....</b>	<b>75</b>
4.1_ Apuntalamiento con creación de una nueva línea de descarga.....	77
4.2_ Apuntalamiento con restablecimiento de transferencia de carga.....	84
<b>5_ Armazón de madera de arcos y bóvedas.....</b>	<b>91</b>
Con armazón cerrado	
Con armazón abierto	
<b>6_ Tirantes con cables de acero.....</b>	<b>106</b>
6.1_ Fajadur.....	111
6.2_ Transversales con tirantes.....	113
<b>7_ Zunchados de pilares y columnas con fajas.....</b>	<b>134</b>
<b>8_ Revestimiento paredes de mampostería.....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXOS</b>	
<b>Documentación fotográfica.....</b>	<b>145</b>
<b>Antología de casos de apuntalamiento realizados en Lima y en el Callao.....</b>	<b>149</b>

## INTRODUCCIÓN

Como parte de las actividades post-emergencia por el terremoto de L'Aquila (Italia, 2009), se estableció la Unidad de Coordinación de Trabajos Temporales cuya misión principal fue de garantizar uniformidad de aplicación de medidas de seguridad a ser tomadas por el Departamento de Bomberos y monitorear los avances de las misma, junto con los organismos del Sistema Nacional de Protección Civil a cargo de "la gestión de emergencia".

De gran interés técnico-científico ha sido la preparación de un manual de recopilación de las soluciones de diseño de obras provisionales más comunes para la seguridad de los componentes de edificaciones perjudicadas por el sismo.

Las fichas son un útil referente técnico, aunque no vinculante, para proponer soluciones rápidas pre-dimensionadas, seguras y estandarizadas a través de la simple consulta de listas y tablas.

Para la preparación del manual y de sus fichas se tomaron en cuenta manuales y publicaciones de alto nivel nacional e internacional como referencias técnicas científicas. Los cálculos y los datos conocidos, fueron resumidos y simplificados, manteniendo márgenes de seguridad, para favorecer una consulta rápida, y sin fórmulas, de las soluciones estándares que se puedan encontrar en el mercado.

El manual se ha adaptado a la realidad actual de Lima y permite orientar los trabajos temporales con un patrón en serie, con un enfoque que garantice la seguridad de los trabajadores en caso de réplicas sísmicas.

El manual brinda directrices operacionales respecto a las soluciones de diseño más comunes para la seguridad de los elementos dañados.

La sencillez y la modularidad de la realización, que se pueden aplicar en los distintos tipos de edificios de este escenario, son la base de una serie de soluciones altamente innovadoras.

Las fichas no representan en absoluto el total de casos para medidas provisionales, sino son una documentación de referencia que permite desarrollar la temática para evaluar y resolver los problemas que surgen en la aplicación de tales operaciones.

Las fichas son una herramienta que quiere facilitar las primeras horas de una post emergencia, permitiendo la realización de obras que aseguren la estabilidad temporal de las infraestructuras.

Las soluciones de diseño propuestas se han identificado tomando en cuenta:

- recursos y técnicas en uso;
- tipo de material disponible en un escenario de emergencia;
- problemas asociados a las operaciones en los edificios, tales como la seguridad del operador, la facilidad de aplicación y el calendario.

Las fichas han sido diseñadas como herramienta para la toma de decisiones, han sido divididas en diferentes secciones, donde se informa brevemente sobre los aspectos esenciales que guían el diseño, como:

- tipología de daños en la estructura y mecanismo de colapso en el lugar;
- descripción general y esquemas para el diseño de elementos principales y secundarios;
- identificación de temas críticos en la gestión, con las instrucciones ejecutivas y detalles de construcción;
- instrucciones para el uso de la ficha.

En resumen, las fichas se realizaron con el objetivo de proporcionar una herramienta fácil para ejecutar las obras de emergencia temporal para la protección de la estructura, a menudo

insalvables, y el diseño tradicional a través de los cálculos efectuados sobre una base de caso por caso.

La capacidad de acelerar el cómputo de los materiales necesarios para la ejecución, hace que la adquisición de material sea más eficiente y estandarizada y acelera así el proceso de puesta en seguridad.

**La definición de los detalles de construcción y la estandarización de soluciones eliminan algunas dificultades vinculadas a la viabilidad de las obras, como a la entrega de alternancias entre los equipos de trabajo y expertos técnico.**

FICHAS TECNICAS

**1\_ Apuntalamiento de retención en madera**

1.1\_ Apuntalamiento de retención con base de apoyo

1.2\_ Apuntalamiento de retención con muleta

**2\_ Apuntalamiento de contraste en madera**

Apuntalamiento de contraste en paridad

Apuntalamiento de contraste con descarga

**3\_ Apuntalamiento de soporte y armazón de aberturas**

**4\_ Apuntalamiento de soporte de losas y balcones**

4.1\_ Apuntalamiento con creación de una nueva línea de descarga

4.2\_ Apuntalamiento con restablecimiento de transferencia de carga

**5\_ Armazón de madera de arcos y bóvedas**

Con armazón cerrado

Con armazón abierto

**6\_ Tirantes con cables de acero**

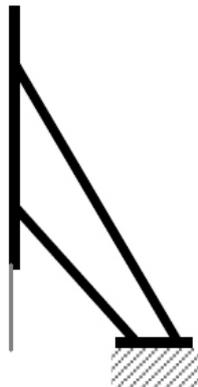
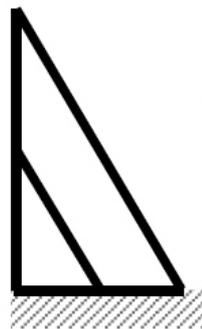
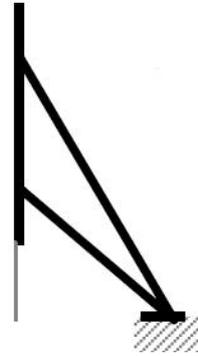
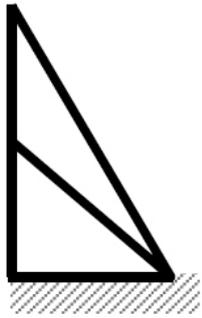
Fajaduras

Transversales con tirantes

**7\_ Zunchados de pilares y columnas con fajas**

**8\_ Revestimiento paredes de mampostería**

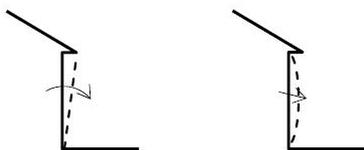
1\_ APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN EN MADERA



**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN EN MADERA**  
elegir el sistema de apuntalamiento

**ESCENARIOS**

**con suelo plano**



volteo afuera del plano de muro      pandeo

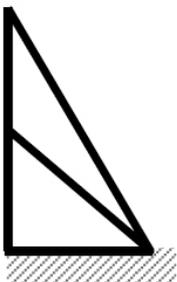
**con suelo inclinado**



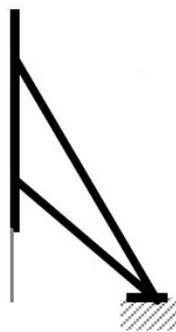
volteo afuera del plano de muro      pandeo de muro

**SOLUCIÓN CON APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO**

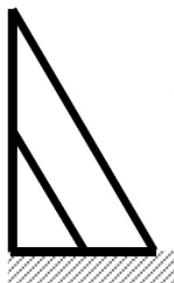
**SOLUCIÓN CON APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON MULETA**



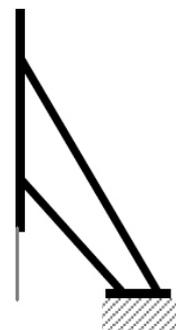
**puntales múltiples con elementos convergentes**



**puntales múltiples con punto de apoyo**



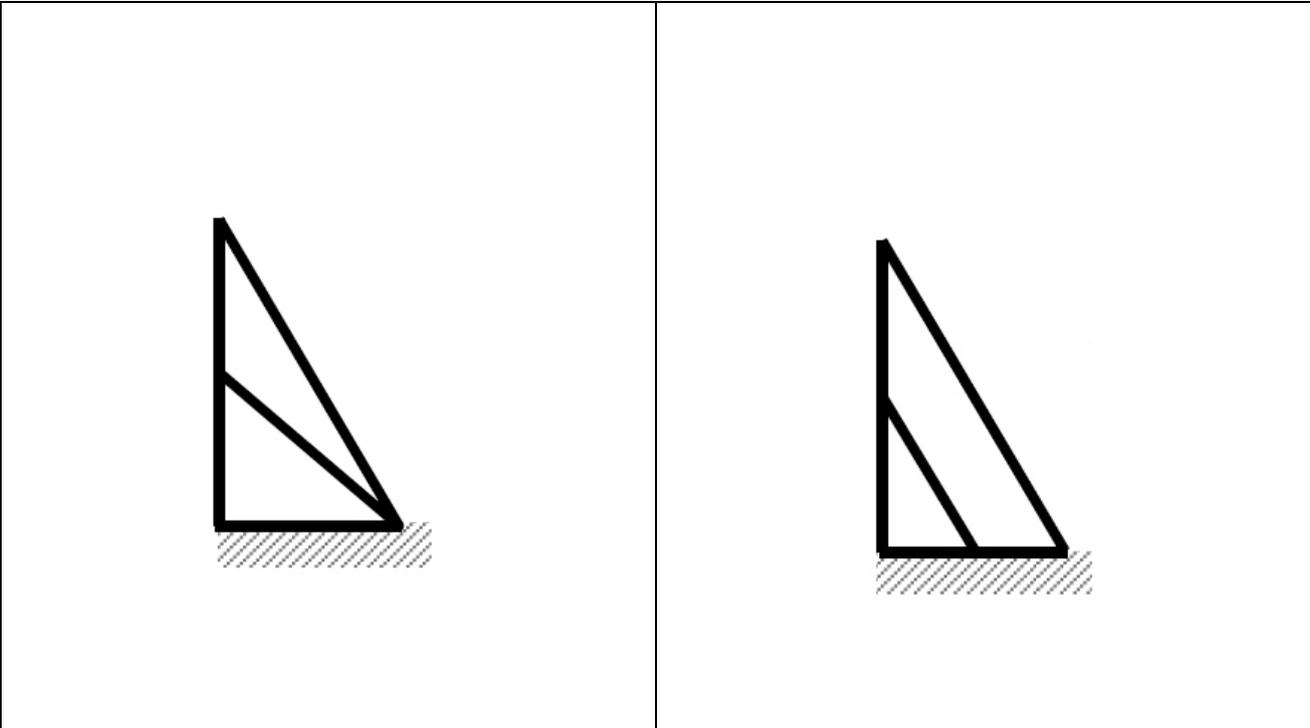
**puntales múltiples con elementos paralelos**



**puntales múltiples con zona de apoyo**

**Nota:** La retención del muro se puede lograr también con otras soluciones, como por ejemplo amarrar con tirantes. Esta última solución se prefiere cuando es necesario dejar libre el paso frente al muro a ser apuntalado.

**1.1\_ APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO**



## APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO

### instrucciones de la ficha

#### SISTEMA DE APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN DE MUROS CON VIGAS RETICULARES CON BASE DE APOYO

##### Ámbito de uso

Sistema de apuntalamiento para la retención del colapso de los muros de un edificio ubicado en zona con alto riesgo sísmico.

##### Indicaciones generales

El apuntalamiento tiene el fin de reducir los movimientos de las partes de un edificio en mampostería, con hasta un metro de espesor.

Se proponen dos esquemas (“puntales múltiples con elementos convergentes” y “puntales múltiples con elementos paralelos”) para los cuales se puede utilizar indistintamente la tabla 1.

“H” representa la altura entre el plano de referencia (donde está la base “B”) y el punto de apoyo del puntal superior contra la pared a apuntalar. Este punto de apoyo debe elegirse en correspondencia con un elemento de contraste detrás de la pared (si existe), como una planta intermedia, una bóveda, un arco, un muro perpendicular para evitar la rotura de la pared por los puntales.

Después de elegir “H”, se deduce el tipo de intervención (R1, R2 o R3), que se diferencia por el incremento del tamaño de los puntales (tabla 1).

Si “H” es mayor de 7.0 metros no se recomienda el uso de la madera ordinaria, porque los elementos que se aplicarán deben ser en madera laminada o acero y se deben calcular específicamente.

Identificado “ $s_m$ ”, que es el espesor de muro a proteger (hasta 0,6 m y mayor de 0,6 hasta 1 m), utilizando la tabla 2 para el tipo R1, la tabla 3 para el tipo R2 y la tabla 4 para el tipo R3, eligiendo la distancia “D” (entre ejes de los puntales), el tamaño de la base “B”, inmediatamente se puede determinar la sección de los puntales, de la base y de otros elementos.

Los puntales se proponen como elementos con la misma sección, para facilitar la recuperación del material y la realización efectiva de las conexiones entre los propios elementos.

Se ponen en evidencia los problemas más importantes para la ejecución de la intervención y los detalles constructivos de algunas de las soluciones más comunes de las conexiones entre los elementos.

Se muestran los detalles constructivos de dos soluciones del tipo de anclaje de la base.

El anclaje de la base debe en particular:

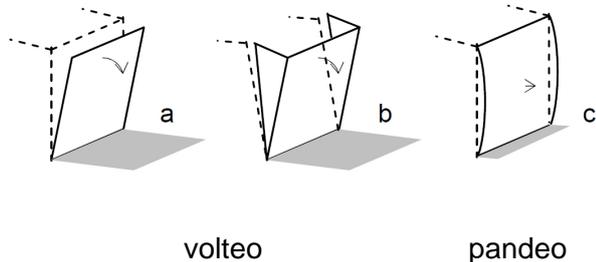
- evitar el movimiento hacia arriba, del nudo entre la base y el elemento vertical;
- evitar el movimiento horizontal hacia afuera, del nudo entre la base y el puntal superior.

##### Nota

Todos los valores dimensionales proporcionados en esta ficha deben interpretarse como el valor mínimo. En la fase de ejecución, en caso que no se tenga disponibilidad de material, pueden utilizarse las secciones más grandes.

**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO**  
indicaciones generales

**Tipos de movimientos a enfrentar**



**Descripción**

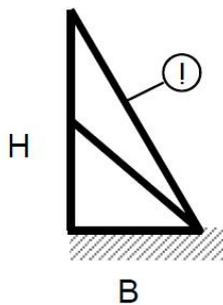
Potencial volteo afuera del plano por:  
 a) separación de la fachada o de otros muros externos por causa de la rotura de la conexión con los muros ortogonales  
 b) separación del muro de la fachada o de otros muros externos por causa de fisuras en los muros ortogonales  
 c) pandeo externo evidente en la fachada o en otros muros externos

**OBJETIVO DE LA OBRA PROVISIONAL:** evitar la continuidad del volteo o del pandeo

**Esquemas constructivos**

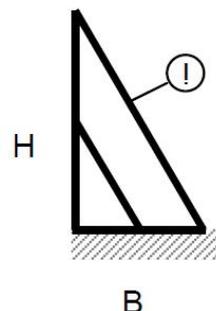
(Las tablas siguientes se pueden utilizar indistintamente para los dos esquemas)

**puntales múltiples con elementos convergentes**



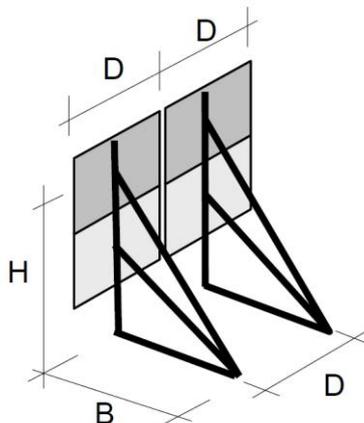
B = base  
 H = altura  
 ! = elemento critico

**puntales múltiples con elementos paralelos**



B = base  
 H = altura  
 ! = elemento critico

**Área apuntalada y áreas de influencia de un solo puntal**



B = longitud de la base del puntal  
 H = altura del punto de apoyo del puntal superior  
 D = distancia entre ejes de los puntales

**Tabla 1 – Soluciones en función de la altura H**

<b>Altura H (m)</b>	<b>Tipo de intervención</b>
$2.0m \leq H \leq 3.0m$	<b>R1</b> (ver tablas R1)
$3.0m < H \leq 5.0m$	<b>R2</b> (ver tablas R2)
$5.0m < H \leq 7.0m$	<b>R3</b> (ver tablas R3)
<b>H mayor de 7.0m</b>	los elementos que se aplicarán deben ser de madera laminada o acero y se deben calcular específicamente

**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO**  
indicaciones generales

**TIPO: R1 ( $2.0\text{m} \leq H \leq 3.0\text{m}$ )**

**ESTABILIZACIÓN**  
puntales superiores

1 = base  
2 = elemento vertical  
3 = puntal superior  
4 = elementos horizontales contra el muro  
5 = elemento de refuerzo

6 = transversal inferior  
7 = transversal superior  
8 = transversal intermedio  
9 = diagonal para estabilizar

**Tabla 2 - Dimensionamiento del puntal superior (cmxcm) tipo R1 con base de apoyo**

espesor muro a proteger $s_m$		hasta 0.6 m		mayor de 0.6 hasta 1.0 m	
base B		1.5 m	2.5 m	1.5 m	2.5 m
entre ejes de puntales D	hasta 1.5 m	13x13	13x13	15x15	13x13
	1.5 - 2.0 m	15x15	13x13	18x18	15x15

**Dimensionamiento de otros elementos**

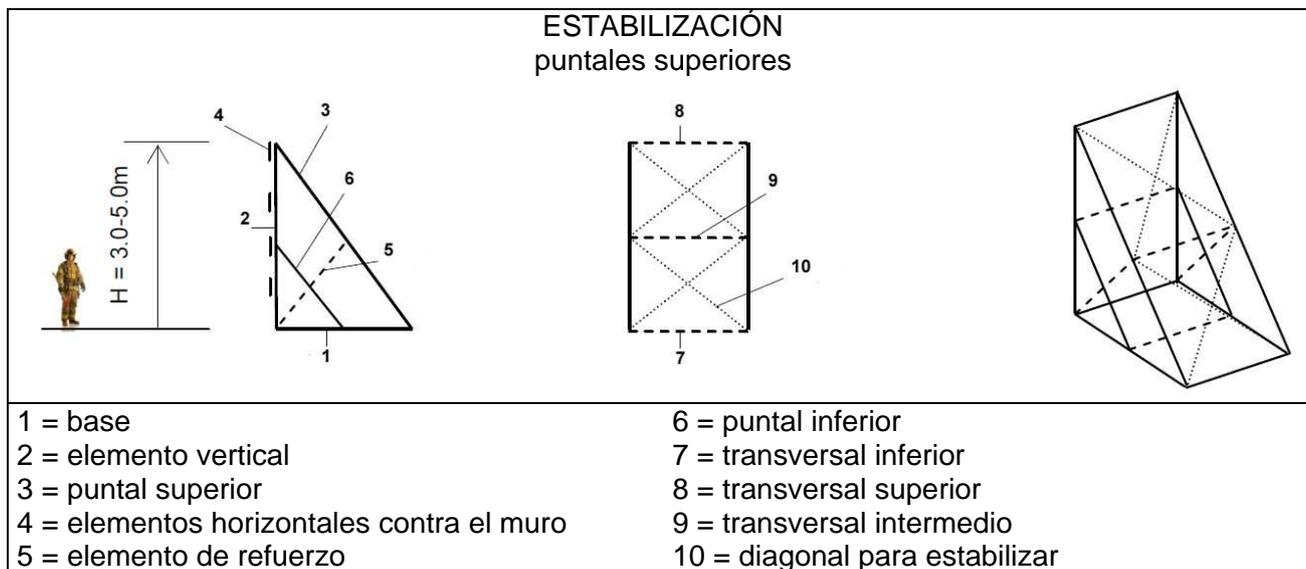
<b>base</b>	como el puntal superior
<b>elemento vertical</b>	como el puntal superior
<b>elemento de refuerzo</b>	2 tablas 2.5 x 12 cm clavadas de lado sobre el puntal con 3 clavos/tornillos de 100 mm en cada uno de los extremos
<b>diagonales para estabilizar</b>	tablas 2.5 x 12 cm clavadas con clavos/tornillos de 100 mm en cada uno de los extremos
<b>transversales</b>	elementos de madera 8 x 8 cm clavados con 2 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>elementos horizontales contra el muro</b>	Tablones 5 x 20 cm entre ejes máx. 1 m contra muros sin vanos o ubicados entre los vanos

Indicaciones para elegir la inclinación del puntal superior

$A = \text{área de inclinaciones permitida para el puntal superior}$

**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO**  
indicaciones generales

**TIPO: R2 ( $3.0\text{m} \leq H \leq 5.0\text{m}$ )**



**Tabla 3 - Dimensionamiento del puntal superior (cmxcm) tipo R2 con base de apoyo**

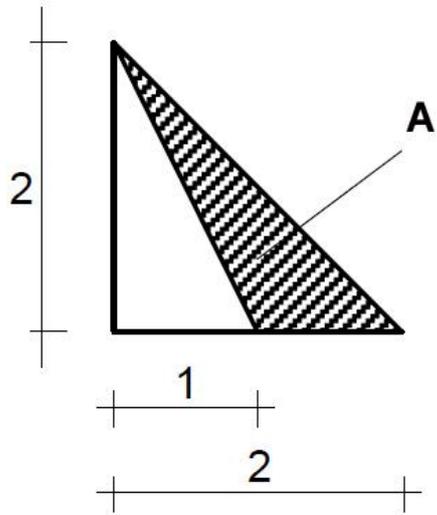
espesor muro a proteger $s_m$		hasta 0.6 m		mayor de 0.6 hasta 1.0 m	
base B		2.5 m	3.5 m	2.5 m	3.5 m
entre ejes de puntales D	hasta 1.0 m	13x13	13x13	15x15	15x15
	1.0 - 1.5 m	15x15	15x15	18x18	18x18
	1.5 - 2.0 m	18x18	15x15	20x20	18x18
	2.0 - 2.5 m	18x18	18x18	n.c.	18x18

**n.c.:** no contemplado; necesita de un proyecto específico

**Dimensionamiento de otros elementos**

<b>puntal inferior</b>	como el puntal superior
<b>base</b>	como el puntal superior
<b>elemento vertical</b>	como el puntal superior
<b>elemento de refuerzo</b>	2 tablonces 5 x 20 cm clavados de lado sobre el puntal con 3 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>diagonales para estabilizar</b>	tablonces 5 x 20 cm clavados con 3 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos <i>de otra manera</i> elementos de madera 8 x 8 cm clavados con 2 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>transversales</b>	elementos de madera 8 x 8 cm clavados con 2 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>elementos horizontales contra el muro</b>	tablonces 5 x 20 cm entre ejes máx. 1 m contra muros sin vanos o ubicados entre los vanos

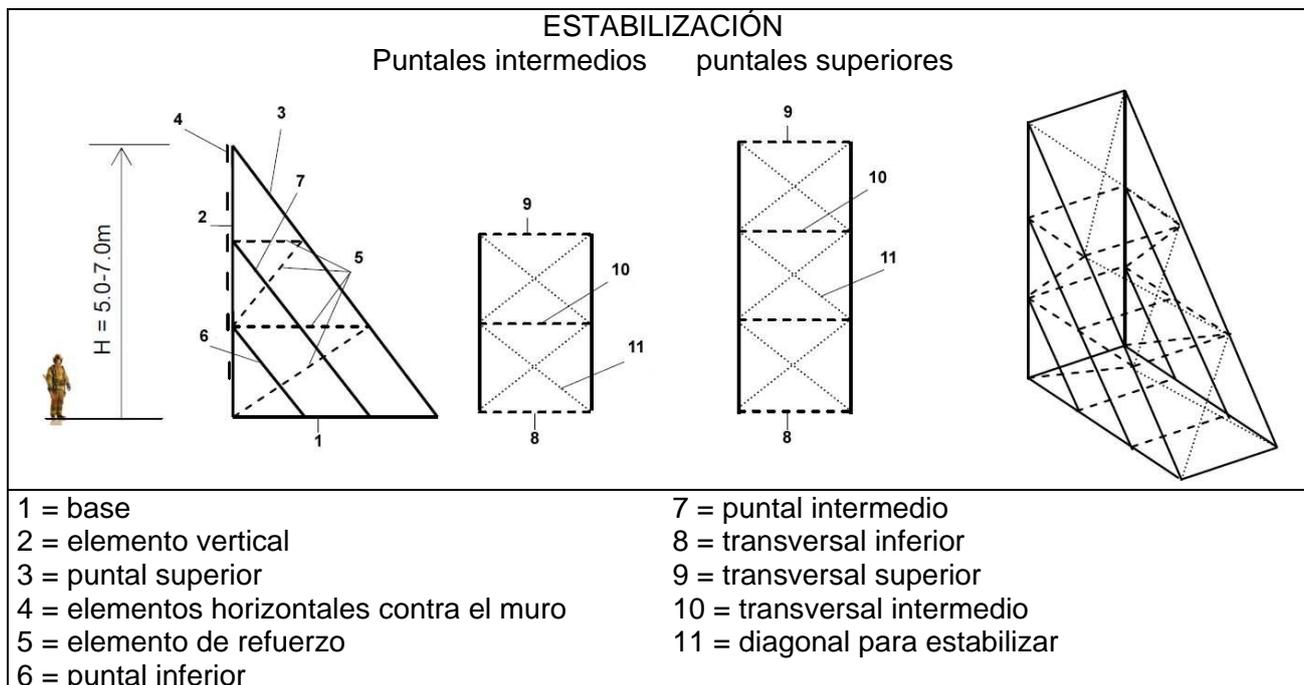
Indicaciones para elegir la inclinación del puntal superior



A = área de inclinaciones permitida para el puntal superior

## APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO indicaciones generales

TIPO: R3 ( $5.0\text{m} \leq H \leq 7.0\text{m}$ )



**Tabla 4 - Dimensionamiento del puntal superior (cmxcm) tipo R3 con base de apoyo**

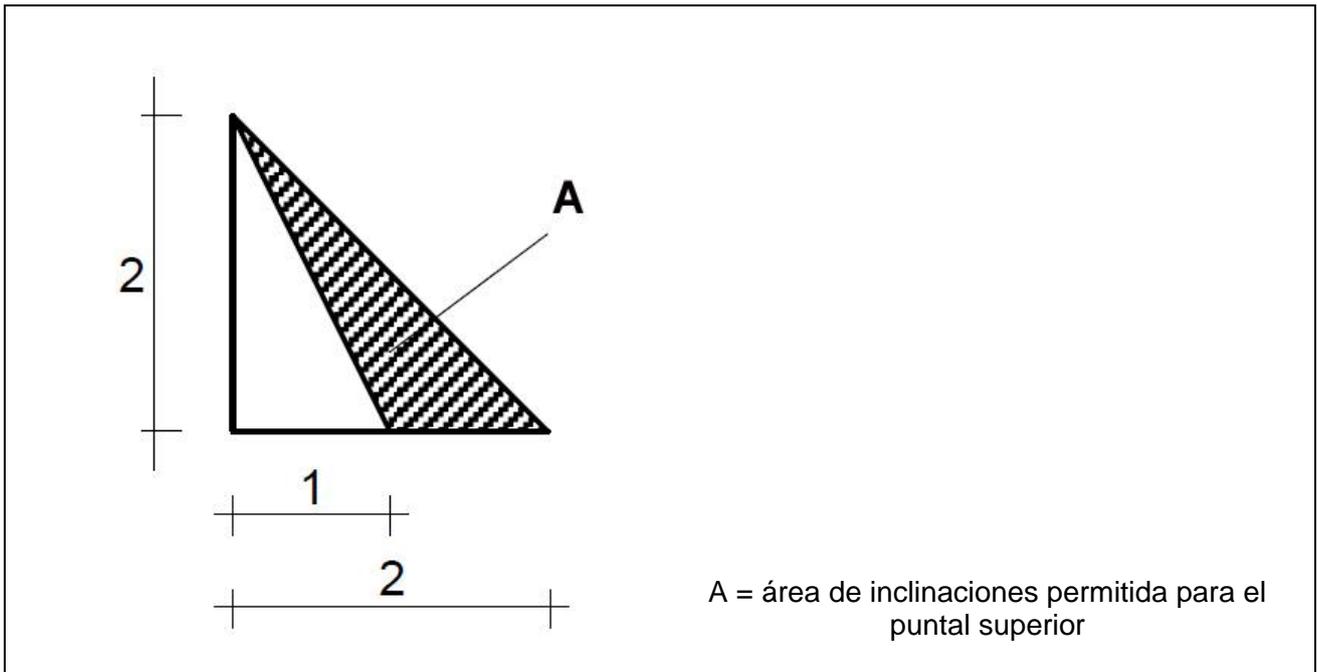
espesor muro a proteger $s_m$		hasta 0.6 m		mayor de 0.6 hasta 1.0 m	
base B		3.5 m	4.5 m	3.5 m	4.5 m
entre ejes de puntes D	hasta 1.5 m	20x20	20x20	20x20	20x20
	1.5 - 2.5 m	20x20	20x20	n.c.	20x20

**n.c.:** no contemplado; necesita de un proyecto específico

### Dimensionamiento de otros elementos

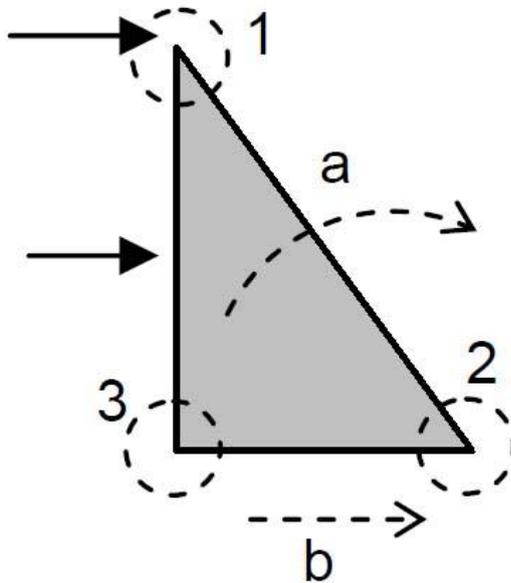
<b>Puntal inferior</b>	como el puntal superior
<b>Base</b>	como el puntal superior
<b>Elemento vertical</b>	como el puntal superior
<b>Elemento de refuerzo</b>	2 tablonces 5 x 20 cm clavados de lado sobre el puntal con 3 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>Diagonales para estabilizar</b>	tablonces 5 x 20 cm clavados con 3 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos <i>de otra manera</i> elementos de madera 8 x 8 cm clavados con 2 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>Transversales</b>	elementos de madera 8 x 8 cm clavados con 2 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>Elementos horizontales contra el muro</b>	tablonces 5 x 20 cm entre ejes máx. 1 m contra muros sin vanos o ubicados entre los vanos

Indicaciones para elegir la inclinación del puntal superior



**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO**  
**soluciones de problemas**

**Problemas**

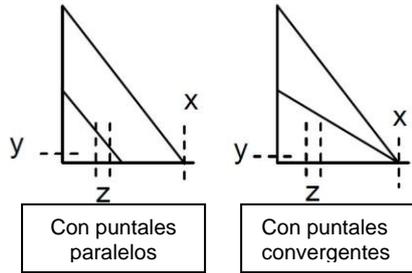
	<p><b>Problemas generales</b> a - posible rotación completa b - posible deslizamiento de la base</p> <p><b>Problemas puntuales</b> 1 - posible movimiento hacia arriba del nudo entre el puntal superior y el elemento vertical 2 - posible movimiento horizontal hacia afuera del nudo entre la base y el puntal superior 3 - posible movimiento hacia arriba del elemento vertical</p>
------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Indicaciones para resolver los problemas generales

## APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO

### soluciones de problemas

(a) (b)



Con puntales paralelos

Con puntales convergentes

x – predisposición de un elemento horizontal anclado al suelo que se opone al movimiento horizontal hacia afuera

y – empotramiento de la base en el muro o conexión del elemento vertical al muro

*otra alternativa respecto a y:*

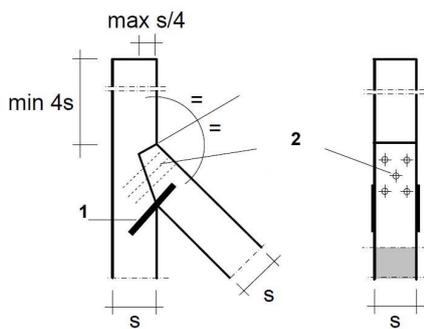
z - conexión de la base al suelo con varillas a ambos lados (solución "A") con una longitud mayor o igual de la base

**Nota:** la solución "z" se debe utilizar en vez de la solución "y" solo si no se puede empotrar o perforar el muro.

En este caso es necesario que el puntal adhiera obligatoriamente al muro para impedir el posible movimiento hacia arriba del puntal

### Indicaciones para resolver los problemas puntuales

#### 1: Nudo superior entre el elemento vertical y el puntal superior

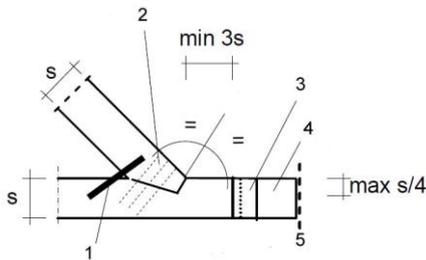


1: grapa metálica a cada lado  
2: tornillos de conexión (Tab. 5)

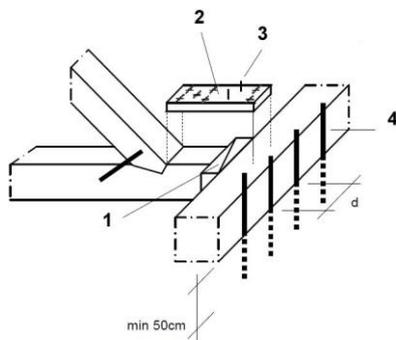
## APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO soluciones de problemas

### 2: Nudo inferior entre la base y el puntal

#### Solución 2A

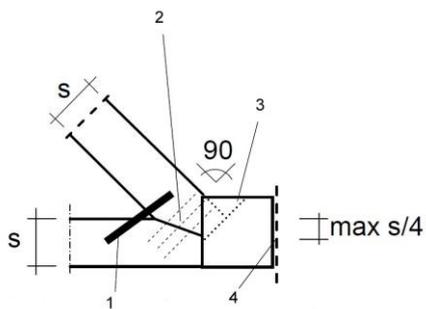


- 1: grapa metálica a cada lado
- 2: tornillos de conexión (Tab. 5)
- 3: doble cuñas
- 4: viga de anclaje al suelo (min  $s \times s$ )
- 5: barras de acero min  $\phi$  26 ancladas al suelo

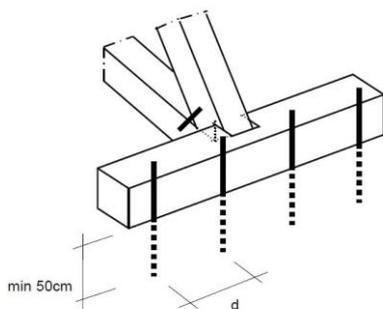


- 1: doble cuñas para bloquear
- 2: tabla para fijar
- 3: clavos para bloquear las cuñas
- 4: viga de anclaje al suelo
- d: entre ejes barras de acero (ver Tab. 6), profundidad min 50 cm

#### Solución 2B



- 1: doble grapa metálica a cada lado
- 2: tornillos de conexión (Tab. 5)
- 3: puntal superior empotrado en viga de anclaje al suelo (min  $1.5s \times 1.5s$ )
- 4: barras de acero min  $\phi$  26 anclaje al suelo



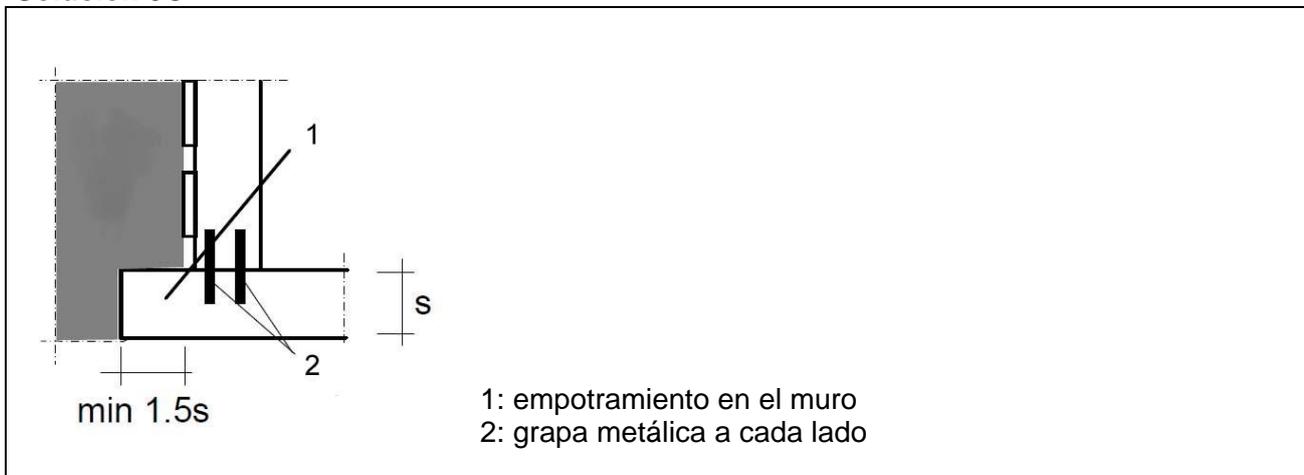
- d: entre ejes barras de acero (Tab. 6), profundidad min 50 cm

**Nota:** las soluciones 2A y 2B son alternativas; cuando se puede es mejor utilizar la solución 2A  
**Advertencia:** la profundidad del empotramiento por los enlaces entre los elementos no debe ser mayor del valor de  $s/4$

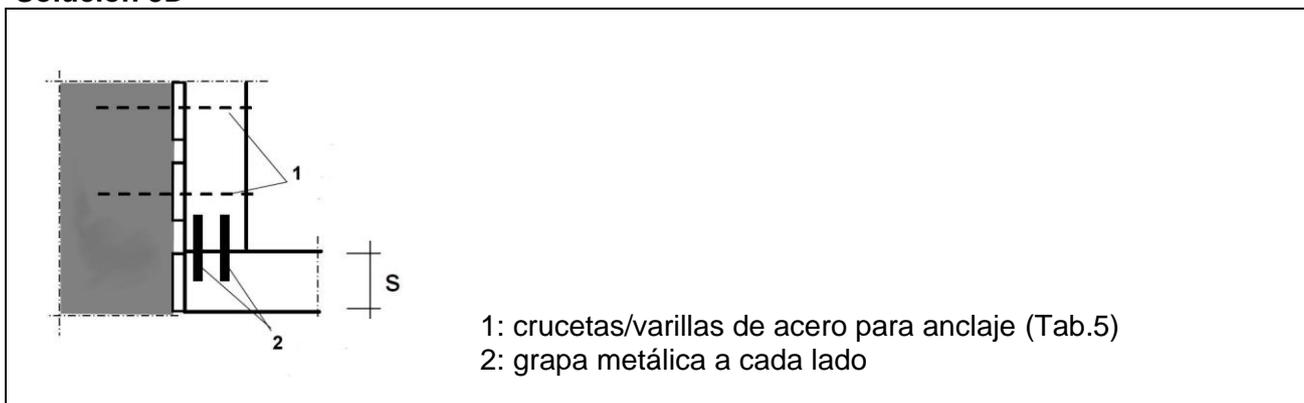
**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO**  
soluciones de problemas

**3: Nudo inferior entre la base y el elemento vertical**

**Solución 3C**



**Solución 3D**



**Nota:** las soluciones 3C y 3D son alternativas

**Advertencia:** el empotramiento y el anclaje no son necesarios cuando por lo menos la mitad de la base es anclada al suelo con doble barras de acero

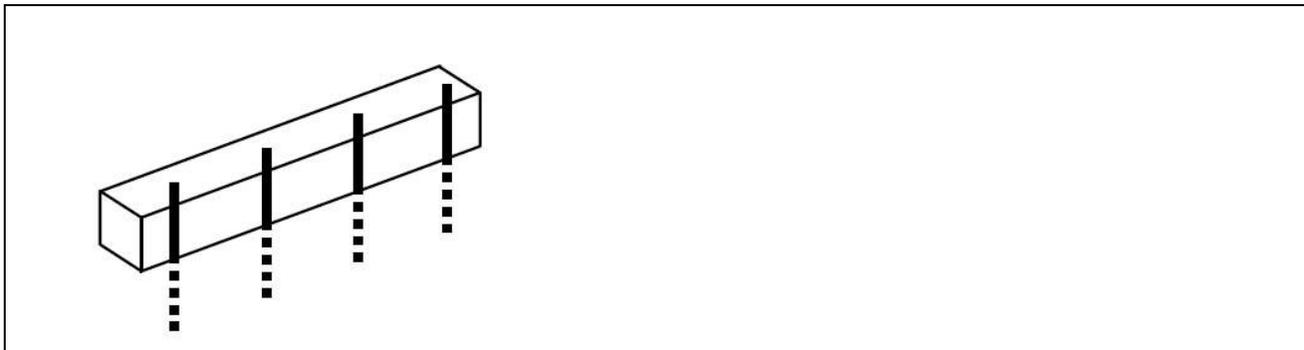
**Tabla 5 - tornillos de conexión y crucetas/varilla de acero para anclaje**

elementos	tornillos	crucetas/varillas
13x13	5 $\phi$ 10x150	2 $\phi$ 16
15x15	5 $\phi$ 12x180	3 $\phi$ 16
18x18	5 $\phi$ 12x200	4 $\phi$ 16
20x20		

**Advertencia:** las grapas metálicas min  $\phi$  8 pueden ser sustituidas por tablas de madera a cada lado (tablas de 2.5 cm clavadas o atornilladas)

**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO**  
anclaje de la base al suelo

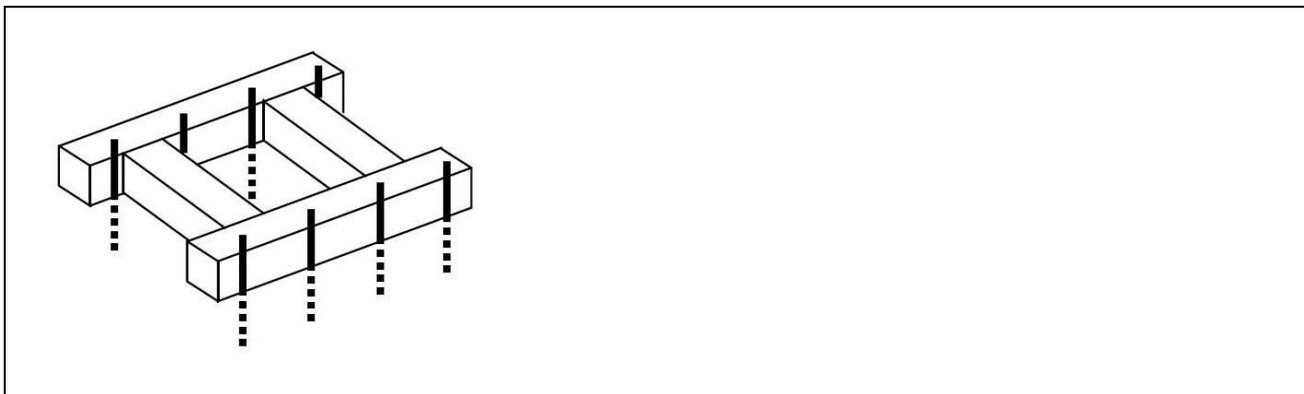
**Configuración (S): con varillas a un lado**



**Configuración (A): con varillas a ambos lados**



**Configuración (D): con doble viga de anclaje al suelo**



**Advertencia:** una vez terminado se necesita poner un elemento de protección en las cabezas de las varillas

**Tabla 6 – Entre ejes de varillas de acero para anclaje y configuración**

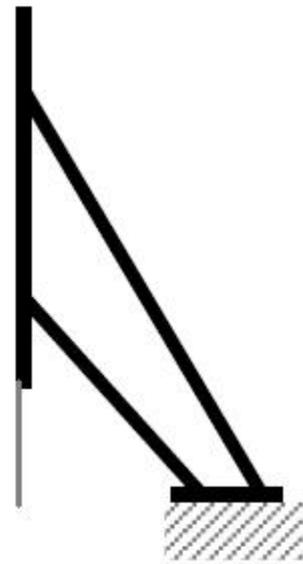
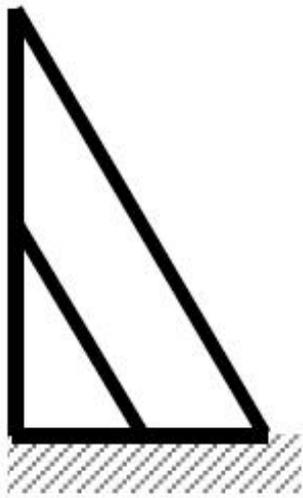
espesor muro a proteger $s_m$	R1		R2		R3	
	hasta 0.6 m	entre 0.6-1.0 m	hasta 0.6 m	entre 0.6-1.0 m	hasta 0.6 m	entre 0.6-1.0 m
	1 $\phi$ 26 cada 50 cm (S)	1 $\phi$ 26 cada 40 cm (S)	1 $\phi$ 26 cada 30 cm (S)	1 $\phi$ 26 cada 25 cm (S) o cada 40 cm en dos filas (A) o (D)	1 $\phi$ 26 cada 12.5 cm (S) o cada 25 cm en dos filas (A) o (D)	1 $\phi$ 26 cada 10 cm (S) o cada 20 cm en dos filas (A) o (D)

**Nota:** con igualdad de entre ejes, cuando se pueda utilizar la configuración (S) entonces se puede recurrir también a las configuraciones (A) y (D); cuando se pueda utilizar la configuración (A) se puede también utilizar la (D)

APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO  
Maquetas



## 1.2\_ APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON MULETA



## APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON MULETA

### instrucciones de la ficha

## SISTEMA DE APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN DE MUROS CON VIGAS RETICULARES CON MULETA

### Ámbito de uso

Sistema de apuntalamiento para la retención del colapso de los muros de un edificio ubicado en zona con alto riesgo sísmico.

### Indicaciones generales

El apuntalamiento está destinado a reducir los movimientos de las partes de un edificio en mampostería, con hasta un metro de espesor.

Se proponen dos esquemas (“puntales múltiples con punto de apoyo” y “puntales múltiples con zona de apoyo”) para los cuales se pueden utilizar indistintamente las tablas siguientes.

"H" representa la altura entre el plano de referencia (donde está el punto o la zona de apoyo) y el punto de apoyo del puntal superior contra la pared a apuntalar. Este punto de apoyo debe elegirse en correspondencia con un elemento de contraste detrás de la pared (si existe), como una planta intermedia, una bóveda, un arco, un muro perpendicular, para evitar la rotura de la pared por los puntales.

Después de elegir "H", se deduce el tipo de intervención (R1, R2 o R3), que se diferencia por el incremento del tamaño de los puntales (tabla 7).

Si "H" es mayor de 7.0 metros no se recomienda el uso de la madera ordinaria, porque los elementos que se aplicarán deben ser en madera laminada o acero y se deben calcular específicamente.

Identificado " $s_m$ ", que es el espesor de muro a proteger (hasta a 0,6 m y mayor de 0,6 hasta a 1 m), utilizando la tabla 8 para el tipo R1, la tabla 9 para el tipo R2 y la tabla 10 para el tipo R3, eligiendo la distancia "D" (entre ejes de los puntales), el tamaño de el punto o de la zona de apoyo "B", inmediatamente se puede determinar la sección de los puntales y de otros elementos.

Los puntales se proponen como elementos con la misma sección, para facilitar la recuperación del material y la realización efectiva de las conexiones entre los propios elementos.

Se ponen en evidencia los problemas más importantes para la ejecución de la intervención y los detalles constructivos de algunas de las soluciones más comunes de las conexiones entre los elementos.

Se muestran los detalles constructivos de dos soluciones del tipo de anclaje de la base.

El anclaje de la base debe en particular:

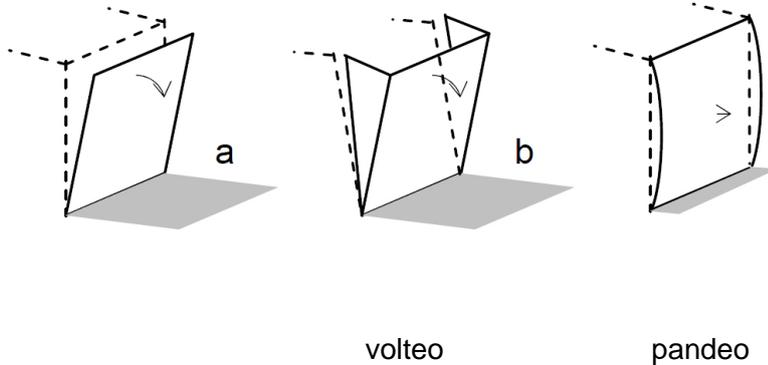
- evitar el hundimiento en el suelo del punto o de la zona de apoyo de los puntales;
- evitar el movimiento horizontal hacia afuera, del los puntales.

### Nota

Todos los valores dimensionales proporcionados en esta ficha deben interpretarse como el valor mínimo. En la fase de ejecución, en caso que no se tenga disponibilidad de material, pueden utilizarse las secciones más grandes.

**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON MULETA**  
**indicaciones generales**

**Tipos de movimientos a enfrentar**



**Descripción**

Potencial volteo afuera del plano de pared en mampostería por:

a) separación de la fachada o de otros muros externos por causa de la rotura de la conexión con los muros ortogonales

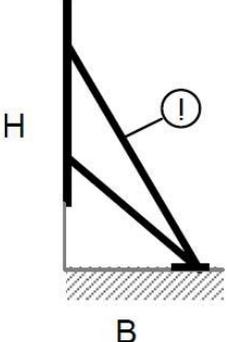
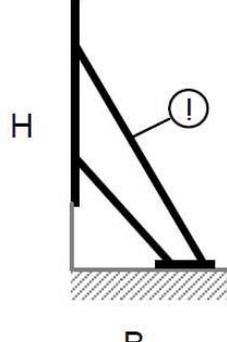
b) separación del muro de la fachada o de otros muros externos por causa de fisuras en los muros ortogonales

c) pandeo externo evidente en la fachada o en otros muros externos

**OBJETIVO DE LA OBRA PROVISIONAL: evitar la continuidad del volteo o del pandeo**

## Esquemas constructivos

(Las tablas siguientes se pueden utilizar indistintamente por lo dos esquemas)

puntales múltiples con punto de apoyo	puntales múltiples con zona de apoyo
 <p>B = base H = altura ! = elemento critico</p>	 <p>B = base H = altura ! = elemento critico</p>

## Área apuntalada y áreas de influencia de un solo puntal

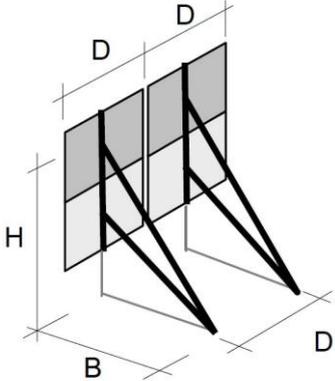
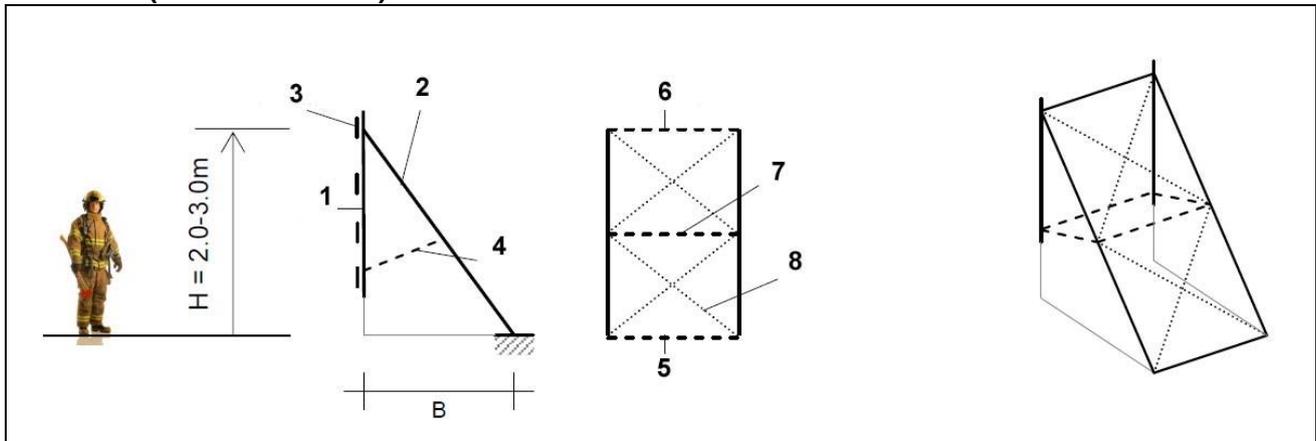
	<p>B = longitud de la base del puntal H = altura del punto de apoyo del puntal superior D = distancia entre ejes de los puntales</p>
------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 7 - Soluciones en función de la altura H

Altura H (m)	Tipo de intervención
$2.0m \leq H \leq 3.0m$	<b>R1</b> (ver tablas R1)
$3.0m < H \leq 5.0m$	<b>R2</b> (ver tablas R2)
$5.0m < H \leq 7.0m$	<b>R3</b> (ver tablas R3)
<b>H mayor de 7.0m</b>	los elementos que se aplicarán deben ser de madera laminada o acero y se deben calcular específicamente

**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON MULETA**  
indicaciones generales

**TIPO: R1 ( $2.0\text{m} \leq H \leq 3.0\text{m}$ )**



- |                                           |                               |
|-------------------------------------------|-------------------------------|
| 1 = elemento vertical                     | 5 = transversal inferior      |
| 2 = puntal superior                       | 6 = transversal superior      |
| 3 = elementos horizontales contra el muro | 7 = transversal intermedio    |
| 4 = elemento de refuerzo                  | 8 = diagonal para estabilizar |

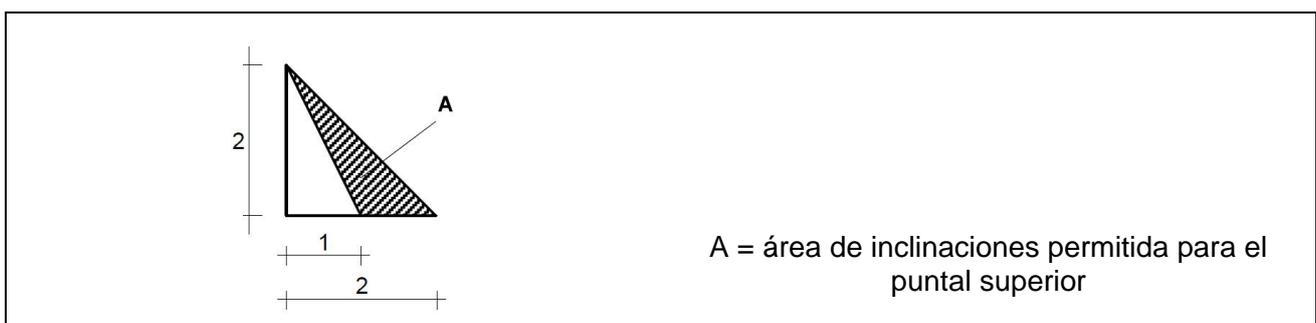
**Tabla 8 - Dimensionamiento del puntal superior (cmxcm) tipo R1 con muleta**

espesor muro a proteger $s_m$		hasta 0.6 m		mayor de 0.6 hasta 1.0 m	
base B		1.5m	2.5m	1.5m	2.5m
entre ejes de puntales D	hasta 1.5 m	13x13	13x13	15x15	13x13
	1.5 - 2.0 m	15x15	13x13	18x18	15x15

**Dimensionamiento de otros elementos**

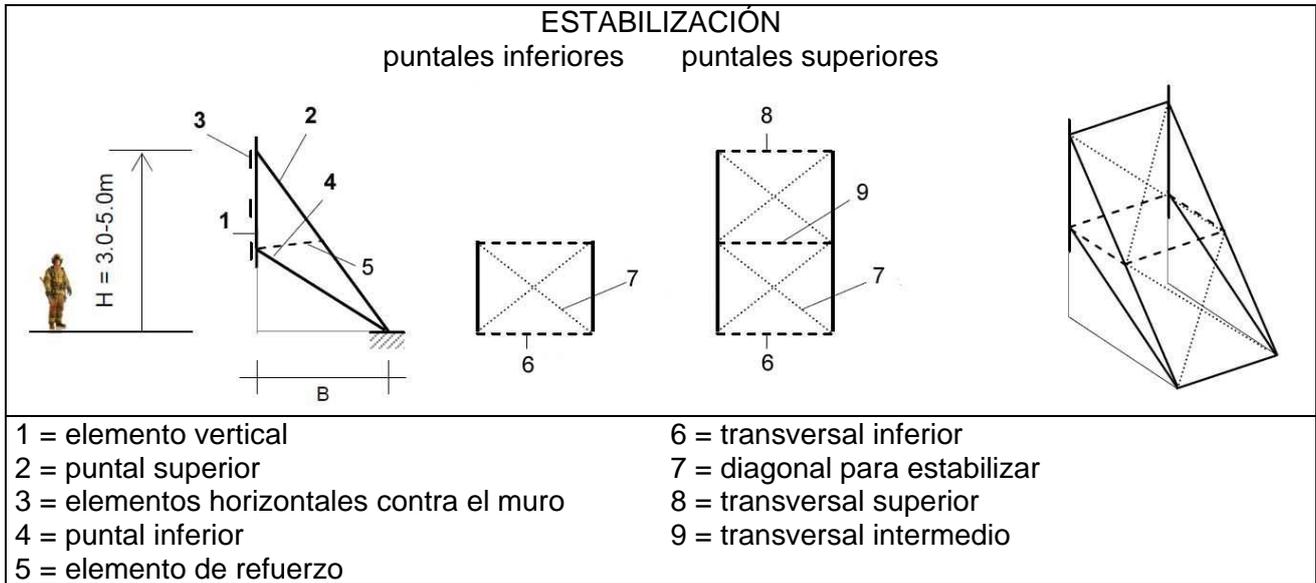
<b>elemento vertical</b>	como el puntal superior
<b>elemento de refuerzo</b>	2 tablas 2.5 x 12 cm clavadas de lado sobre el puntal con 3 clavos/tornillos de 100 mm en cada uno de los extremos
<b>diagonal para estabilizar</b>	tablas 2.5 x 12 cm clavadas con 2 clavos/tornillos de 100 mm en cada uno de los extremos
<b>transversales</b>	elementos de madera 8 x 8 cm clavados con 2 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>elementos horizontales contra el muro</b>	tablones 5 x 20 cm entre ejes máx. 1 m contra muros sin vanos o ubicado entre los vanos

**Indicaciones para elegir la inclinación del puntal superior**



**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON MULETA**  
indicaciones generales

**TIPO: R2 ( $3.0\text{m} \leq H \leq 5.0\text{m}$ )**



**Tabla 9 - Dimensionamiento del puntal superior (cmxcm) tipo R2 con muleta**

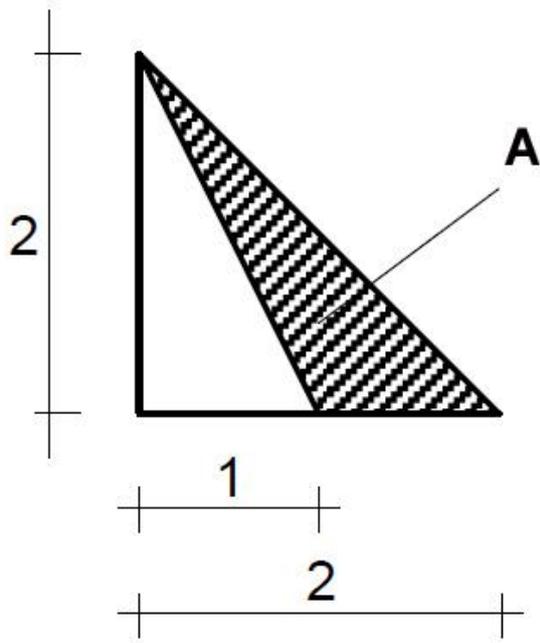
espesor muro a proteger $s_m$		hasta 0.6 m		mayor de 0.6 hasta 1.0 m	
base B		2.5m	3.5m	2.5m	3.5m
entre ejes de puntales D	hasta 1.0 m	13x13	13x13	15x15	15x15
	1.0 - 1.5 m	15x15	15x15	18x18	18x18
	1.5 - 2.0 m	18x18	15x15	20x20	18x18
	2.0 - 2.5 m	18x18	18x18	n.c.	18x18

**n.c.:** no contemplado: necesita de un proyecto específico

**Dimensionamiento de otros elementos**

<b>puntal inferior</b>	como el puntal superior
<b>elemento vertical</b>	como el puntal superior
<b>elemento de refuerzo</b>	2 tablonces 5 x 20 cm clavados de lado sobre el puntal con 3 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>diagonal para estabilizar</b>	tablonces 5 x 20 cm clavados con 3 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos <i>de otra manera</i> elementos de madera 8 x 8 cm clavados con 2 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>transversales</b>	elementos de madera 8 x 8 cm clavados con 2 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>elementos horizontales contra el muro</b>	tablonces 5 x 20 cm entre ejes máx. 1 m contra muros sin vanos o ubicados entre los vanos

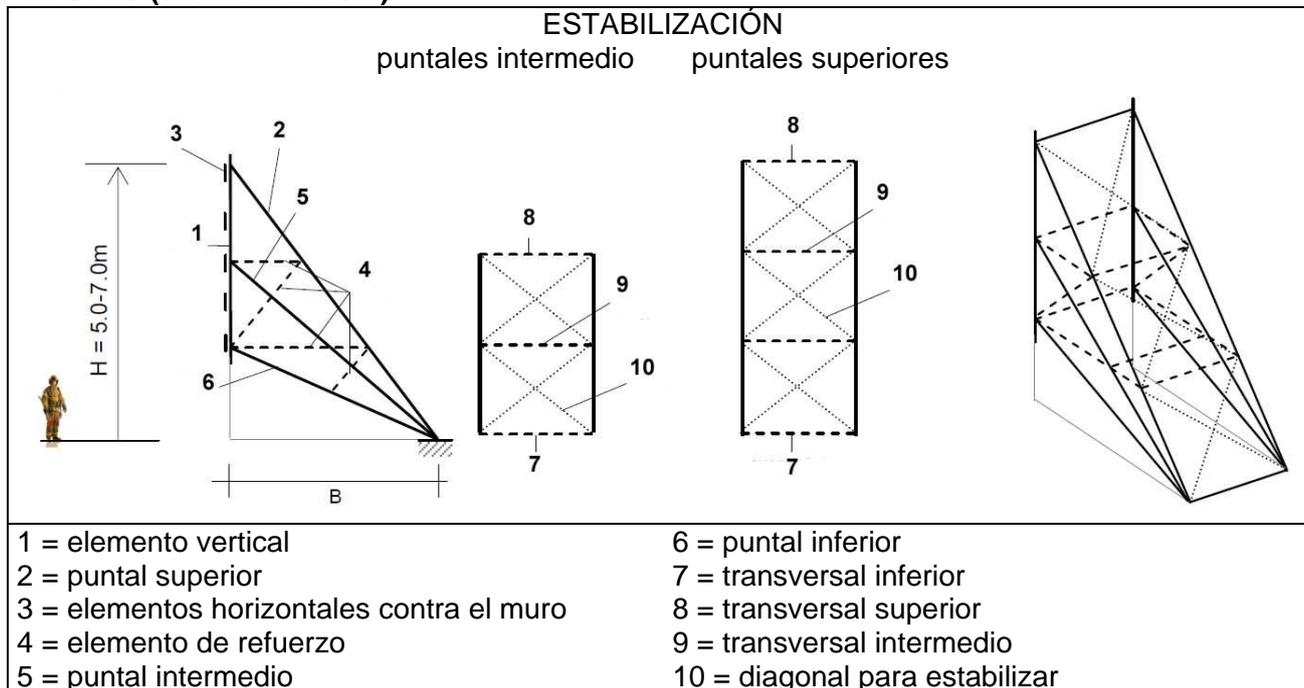
**Indicaciones para elegir la inclinación del puntal superior**



A = área de inclinaciones permitida para el puntal superior

## APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON MULETA indicaciones generales

**TIPO: R3 ( $5.0\text{m} \leq H \leq 7.0\text{m}$ )**



**Tabla 10 - Dimensionamiento del puntal superior (cmxcm) tipo R3 con muleta**

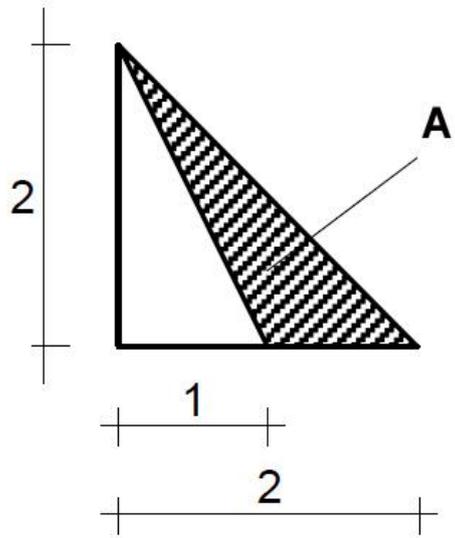
espesor muro a proteger $s_m$		hasta 0.6 m		mayor de 0.6 hasta 1.0 m	
base B		3.5m	4.5m	3.5m	4.5m
entre ejes de puntales D	hasta 1.5 m	20x20	20x20	20x20	20x20
	1.5 - 2.5 m	20x20	20x20	n.c.	20x20

**n.c.:** no contemplado: necesita de un proyecto específico

### Dimensionamiento de otros elementos

<b>puntal inferior</b>	como el puntal superior
<b>puntal intermedio</b>	como el puntal superior
<b>elemento vertical</b>	como el puntal superior
<b>elemento de refuerzo</b>	2 tablonces 5 x 20 cm clavados de lado sobre el puntal con 3 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>diagonal para estabilizar</b>	tablonces 5 x 20 cm clavados con 3 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos <i>de otra manera</i> elementos de madera 8 x 8 cm clavados con 2 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>transversales</b>	elementos de madera 8 x 8 cm clavados con 2 clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos
<b>elementos horizontales contra el muro</b>	tablonces 5 x 20 cm entre ejes máx. 1 m contra muros sin vanos o ubicados entre los vanos

### Indicaciones para elegir la inclinación del puntal superior



A = área de inclinaciones permitida para el puntal superior

**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON MULETA**  
soluciones de problemas

**Problemas**

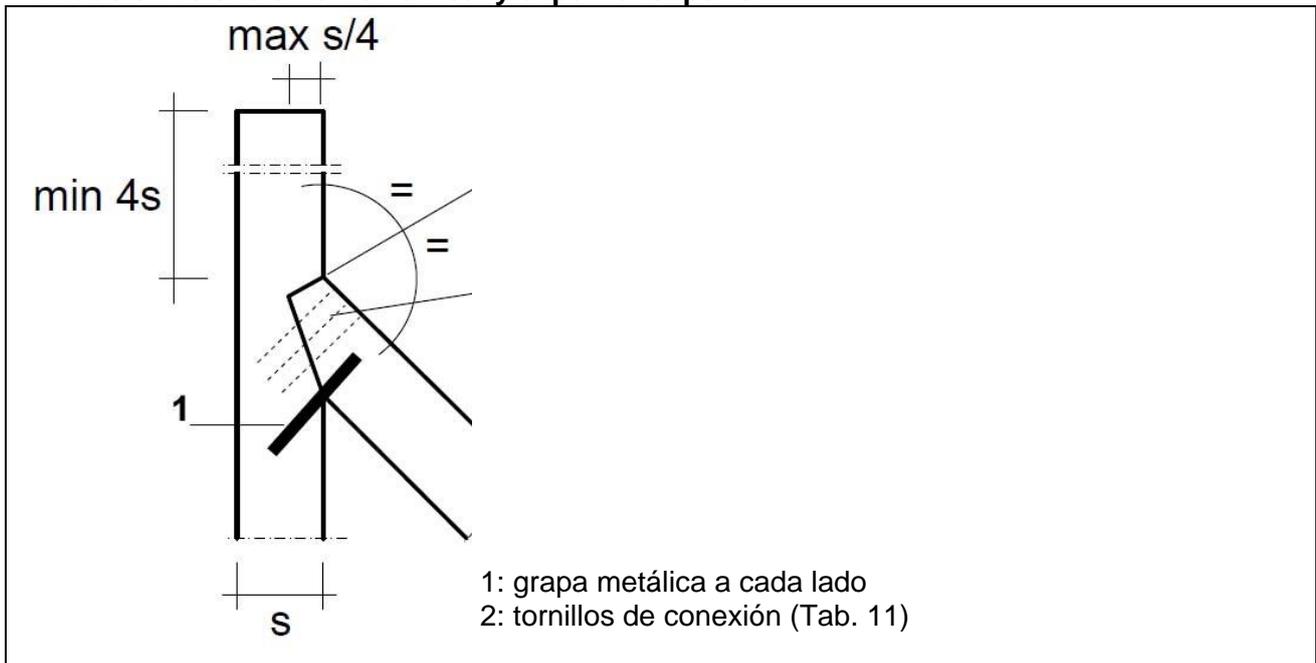
	<p><b>Problemas generales</b> a - posible rotación completa b - posible deslizamiento y/o hundimiento de la base</p> <p><b>Problemas puntuales</b> 1 - posible movimiento hacia arriba del nudo entre el puntal superior y el elemento vertical 2 - posible movimiento horizontal hacia afuera o hundimiento de la base del puntal 3 - posible movimiento hacia arriba del nudo entre el puntal y el elemento vertical</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Indicaciones para resolver los problemas generales**

<p>(a) (b)</p>	<p>x – predisposición de un elemento horizontal anclado al suelo que se opone al movimiento horizontal hacia afuera y – conexión del elemento vertical al muro</p> <p><b>Nota:</b> si no se puede perforar el muro por la conexión del elemento vertical al muro es necesario que el puntal adhiera obligatoriamente al muro para impedir el posible movimiento hacia arriba del puntal, o conectar el elemento vertical con un anclaje al suelo</p>
----------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Indicaciones para resolver los problemas puntuales

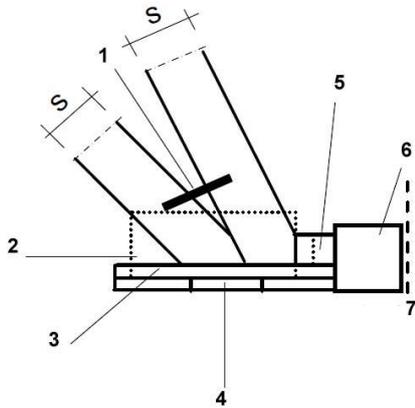
### 1: Nudo entre el elemento vertical y el puntal superior



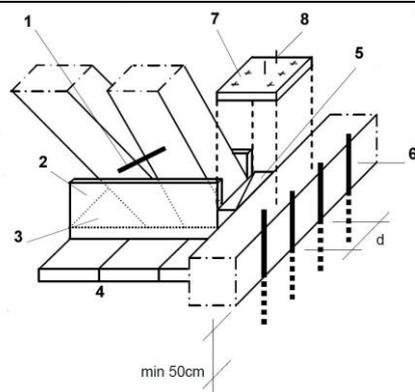
**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON MULETA**  
soluciones de problemas

**2: Nudo de apoyo**

**Solución 2A con contraste a la base**

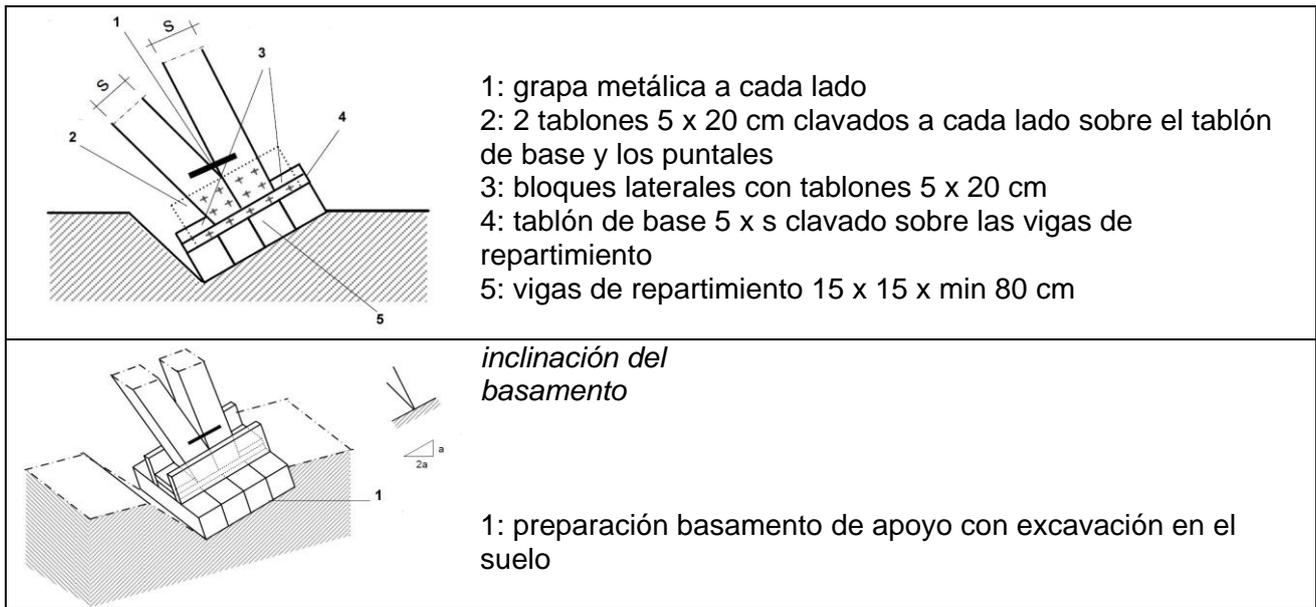


- 1: grapa metálica a cada lado
- 2: 2 tablonces 5 x 20 cm clavados a cada lado sobre el tablón de base y los puntales
- 3: tablón de base 5 x s clavado sobre los tablonces de repartimiento
- 4: tablonces de repartimiento 5 x 20 x 3s
- 5: doble cuñas
- 6: viga de anclaje al suelo (min s x s)
- 7: barras de acero ancladas al suelo, profundidad min 50 cm



- 1: grapa metálica a cada lado
- 2: 2 tablonces 5 x 20 cm clavados a cada lado sobre el tablón de base y los puntales
- 3: tablón de base 5 x s clavado sobre los tablonces de repartimiento
- 4: tablonces de repartimiento 5 x 20 x 3s
- 5: doble cuñas
- 6: viga de anclaje al suelo (min s x s)
- 7: tabla de anclaje
- 8: clavos por bloquear las cuñas
- d: entre ejes barras de acero (ver Tab. 12), profundidad min 50 cm

## Solución 2B con basamento a la base

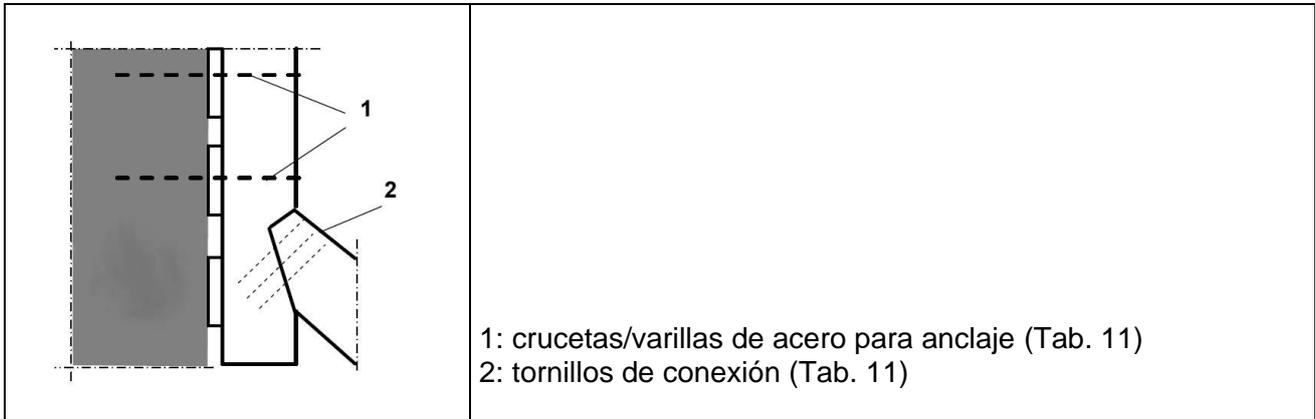


**Nota:** las soluciones 2A y 2B son alternativas

**Advertencia:** la profundidad del empotramiento por los enlaces entre los elementos no debe ser mayor del valor de  $s/4$

**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON MULETA**  
soluciones de problemas

**3: Nudo entre el elemento vertical y el puntal inferior**



**Advertencia:** introducir las crucetas/varillas de acero para anclaje en correspondencia de los elementos horizontales contra el muro

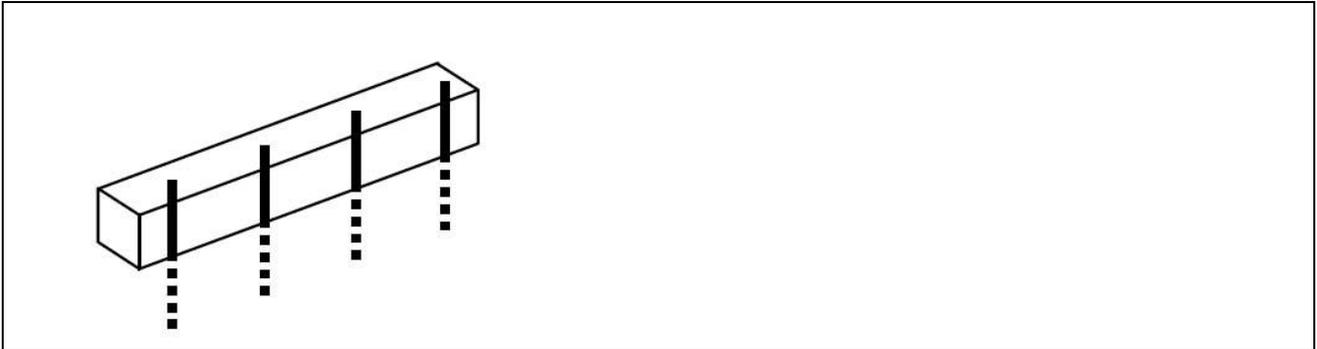
**Tabla 11 - tornillos de conexión y crucetas/varillas de acero para anclaje**

elemento	tornillos	crucetas/varillas
13x13	5 $\phi$ 10 x150	2 $\phi$ 16
15x15	5 $\phi$ 12 x180	3 $\phi$ 16
18x18	5 $\phi$ 12 x200	4 $\phi$ 16
20x20		

**Advertencia:** las grapas metálicas min  $\phi$  8 pueden ser sustituidas por tablas de madera a cada lado (tablas de 2.5 cm clavadas o atornilladas)

**APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON MULETA**  
**anclaje de la base al suelo**

**Configuración (S): con varillas a un lado**



**Configuración (A): con varillas a ambos lados**



**Configuración (D): con doble viga de anclaje al suelo**



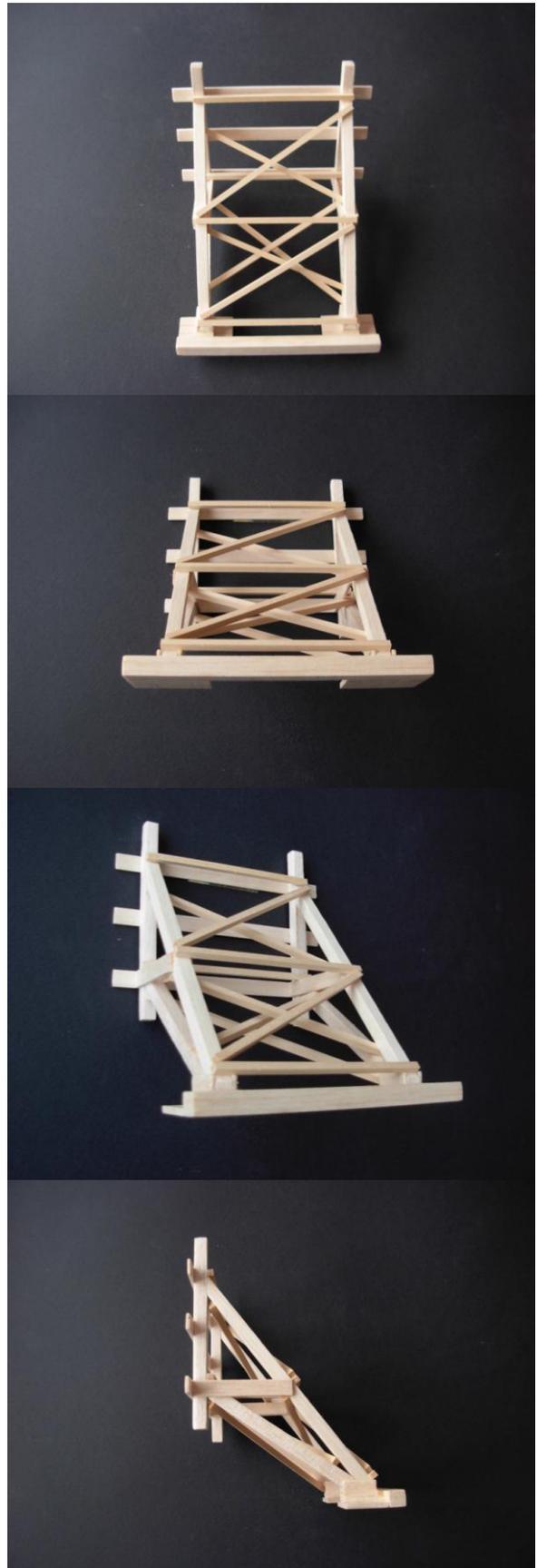
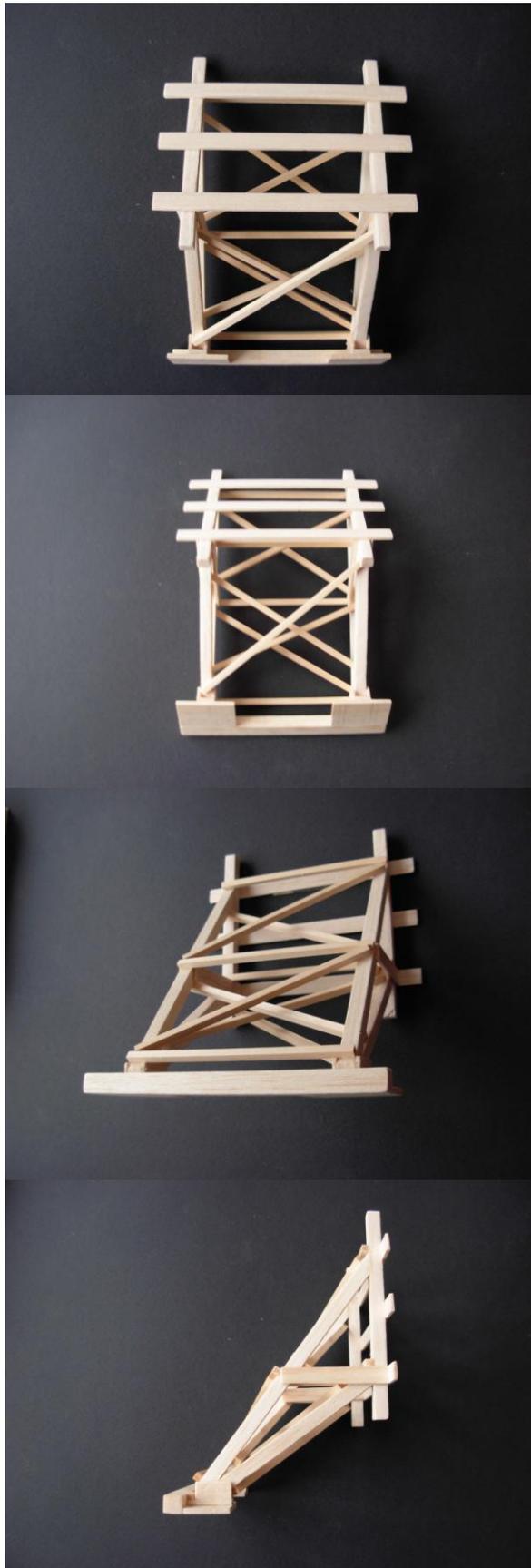
**Advertencia:** una vez terminado se necesita poner un elemento de protección en las cabezas de las varillas.

**Tabla 12 – Entre ejes de varillas de acero para anclaje y configuración**

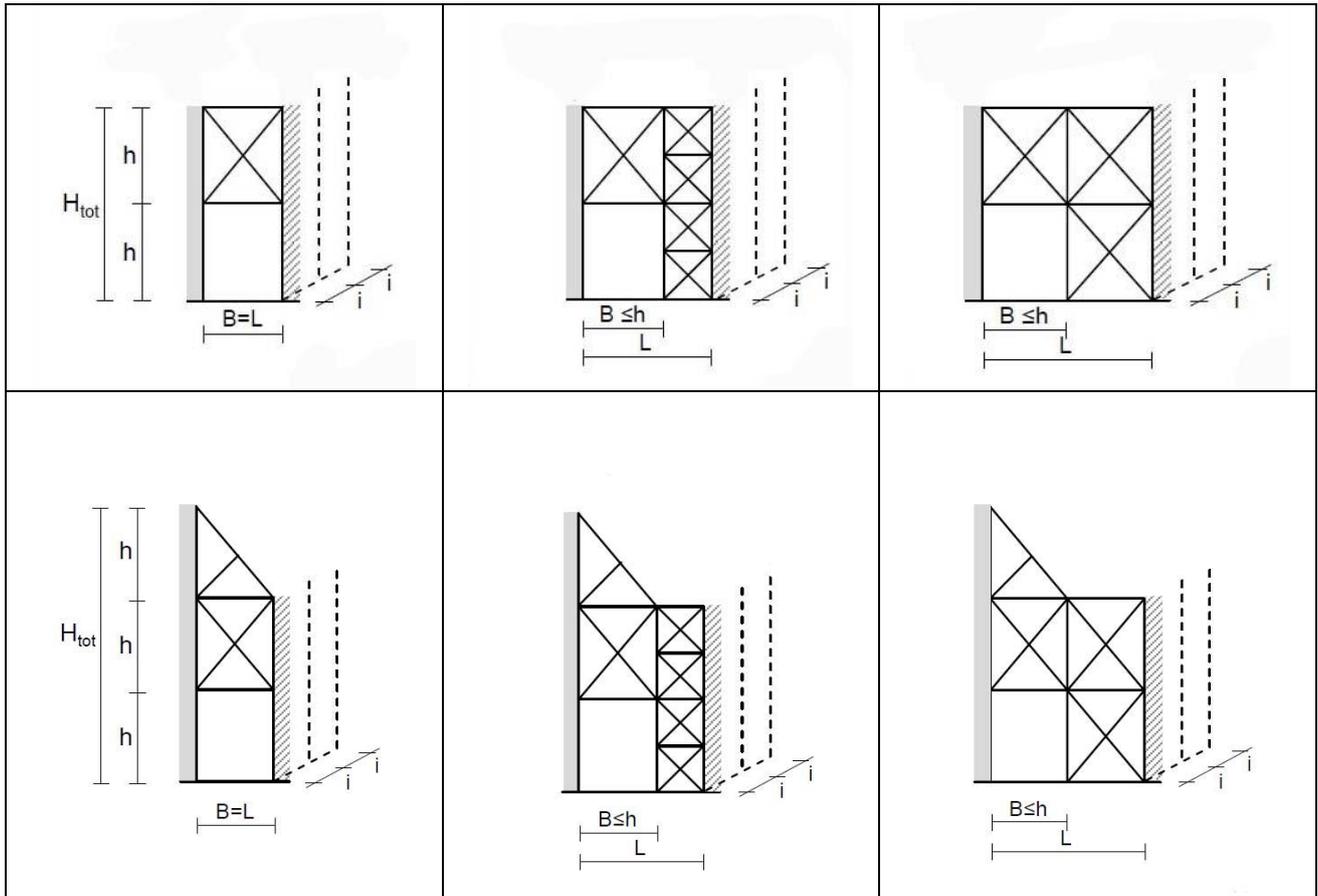
espesor muro a proteger $s_m$	R1		R2		R3	
	hasta 0.6 m	entre 0.6-1.0 m	hasta 0.6 m	entre 0.6-1.0 m	hasta 0.6 m	entre 0.6-1.0 m
	1 $\phi$ 26 cada 50 cm (S)	1 $\phi$ 26 cada 40 cm (S)	1 $\phi$ 26 cada 30 cm (S)	1 $\phi$ 26 cada 25 cm (S) o cada 40 cm en dos filas (A) o (D)	1 $\phi$ 26 cada 12.5 cm (S) o cada 25 cm en dos filas (A) o (D)	1 $\phi$ 26 cada 10 cm (S) o cada 20 cm en dos filas (A) o (D)

**Nota:** con igualdad de entre ejes, cuando se pueda utilizar la configuración (S) entonces se puede recurrir también a las configuraciones (A) y (D); cuando se pueda utilizar la configuración (A) se puede también utilizar la (D)

APUNTALAMIENTO DE RETENCIÓN CON BASE DE APOYO  
maquetas



## 2\_ APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA



## **APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA** **instrucciones de la ficha**

### **Ámbito de uso**

La obra provisional se puede utilizar en edificios de mampostería hasta los 9 metros de altura, con un espesor de pared hasta 1 m y con una altura máxima de la pared a contrastar de 8 m.

La distancia entre los edificios no puede sobrepasar el doble de la distancia entre dos pisos (h).

El sistema de retención, al cual hace referencia esta ficha, es de madera.

### **Indicaciones generales**

La realización de la obra provisional necesita la aprobación de las Autoridades competentes.

Una de las condiciones para el uso de este tipo de obra provisional es que el edificio utilizado para el contraste se encuentre en buenas condiciones.

Verificar la correcta resolución de problemas críticos, como se indica.

### **Instrucciones de uso de la ficha**

Una vez que se haya comprobado el ámbito de utilización de la ficha y que se haya individuado el tipo de intervención a realizar (contraste en paridad o contraste con descarga), se necesita individualizar el tipo de configuración de la estructura de contraste, empezando por las dimensiones geométricas que caracterizan el sistema.

A continuación se presentan tablas para el dimensionamiento de los distintos elementos de apuntalamiento de contraste en paridad (A).

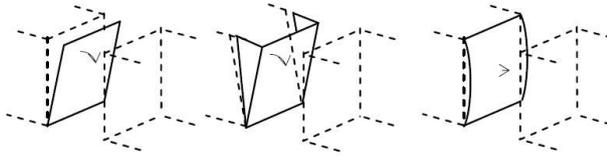
A continuación se presentan tablas para el dimensionamiento de los distintos elementos de apuntalamiento de contraste con descarga (B).

El dimensionamiento se ejecuta empezando por el tipo de intervención que se va a realizar (A o B), de la altura total del edificio a contrastar ( $H_{tot}$ ), del espesor de las paredes a sostener (sm).

Se evidencian los principales problemas y se establecen criterios para solucionar estos problemas en relación a la realización de la obra.

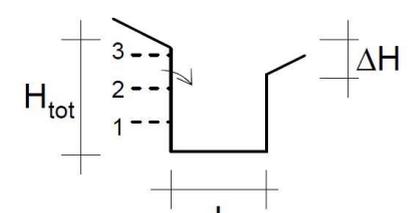
A seguir algunos detalles de las obras de contraste.

**APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA**  
indicaciones generales

Tipos de movimientos a enfrentar	Descripción
 <p align="center">volteo                      pandeo</p>	<p>La intervención consiste en la realización de una estructura de contraste entre edificios con una distancia limitada entre ellos.</p> <p>Esta intervención se puede realizar solamente previa autorización de las Autoridades competentes ya que puede originar fenómenos de esfuerzos concentrados en caso de acciones sísmicas.</p>

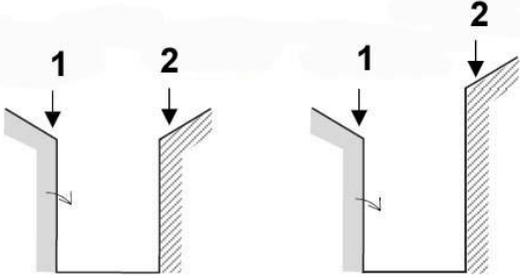
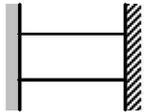
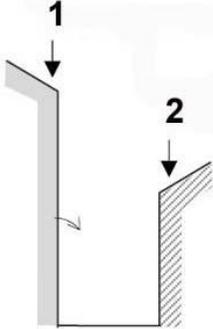
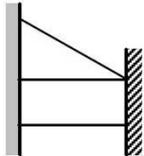
**OBJETIVO DE LA OBRA PROVISIONAL:** contrastar el volteo o el pandeo de la pared perimetral

**CRITERIOS Y PARAMETROS DE ELECCIÓN**

	<p>Los apuntalamientos de contraste en madera que están en esta ficha se pueden utilizar en los siguientes escenarios: L hasta 8.0 m, <math>H_{tot}</math> hasta 9 m, <math>\Delta H</math> hasta 4 m (en la parte abajo se encuentran las soluciones validas hasta 3 pisos)</p> <p>Si L supera los 8.0 m o si <math>\Delta H</math> supera los 4m, para paredes a contrastar con más de 3 pisos o con <math>H_{tot}</math> mayor de 9 m es necesario recurrir a otras soluciones.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

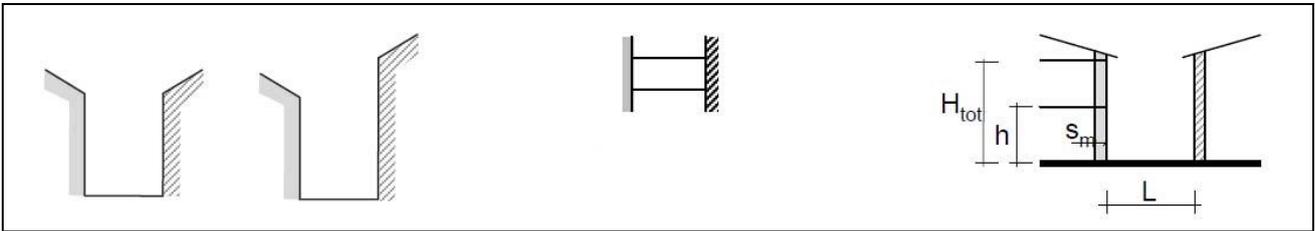
## ESQUEMAS CONSTRUCTIVOS

(las tablas siguientes se pueden utilizar indistintamente en los dos esquemas)

	ESCENARIO	SOLUCIÓN
<p>La pared a sostener tiene una altura igual o inferior respecto a el edificio de contraste</p>	 <p>1: pared a sostener, 2: edificio de contraste</p>	<p>A: CONTRASTE EN PARIDAD</p> 
<p>La pared a sostener es más alta que el edificio de contraste</p>	 <p>1: pared a sostener, 2: edificio de contraste</p>	<p>B: CONTRASTE CON DESCARGA</p> 

**APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA**  
esquemas constructivos

**Contraste en paridad**

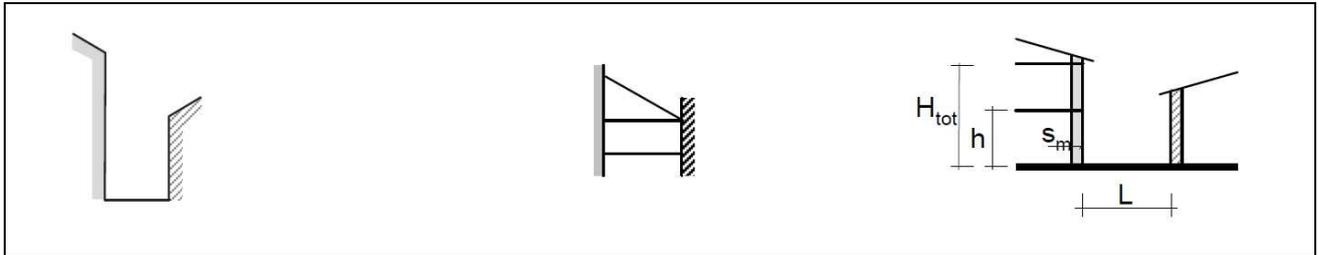


**Esquemas constructivos**

	A: $L \leq h$	B: $h < L \leq 1.5h$	C: $1.5h < L \leq 2h$
1: Contraste en el primer piso	<p align="right"><b>1A</b></p>	<p align="right"><b>1B</b></p>	<p align="right"><b>1C</b></p>
2: Contraste en el segundo piso	<p align="right"><b>2A</b></p>	<p align="right"><b>2B</b></p>	<p align="right"><b>2C</b></p>
3: Contraste en el tercer piso	<p align="right"><b>3A</b></p>	<p align="right"><b>3B</b></p>	<p align="right"><b>3C</b></p>

**APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA**  
**esquemas constructivos**

**Contraste con descarga**



## Esquemas constructivos

	A: $L \leq h$	B: $h < L \leq 1.5h$	C: $1.5h < L \leq 2h$
2: punto superior del contraste en descarga al segundo piso	<p style="text-align: center;"><b>2A</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>2B</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>2C</b></p>
3: Punto superior del contraste en descarga al tercer piso	<p style="text-align: center;"><b>3A</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>3B</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>3C</b></p>

**APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA**  
**dimensionamiento contraste en paridad**

**Parámetros geométricos y nomenclatura de referencia para el dimensionamiento**

	<p>1: pared a sostener 2: edificio de contraste</p>
	<p>1: elementos horizontales contra el muro 2: transversal 3: elemento vertical 4: diagonales para estabilizar 5: tablado de protección 6: elemento de conexión 7: diagonal secundaria 8: diagonal principal 9: viga de anclaje al suelo 10: transversal al suelo</p>

**Tabla 1 - Dimensionamiento de los elementos principales del apuntalamiento de contraste en paridad**

Altura Total $H_{tot}$ (m)	Dimensionamiento de rectos, transversales, vigas de anclaje al suelo, diagonales principales			
	Espesor máx. de la pared a sostener: $s_m \leq 0.6$ m		Espesor máx. de la pared a sostener: $0.6$ m $< s_m \leq 1.0$ m	
	Sección (cmxcm)	Entre ejes $i$ (m)	Sección (cmxcm)	Entre ejes $i$ (m)
$6$ m $< H_{tot} \leq 9$ m	20 x 20	máx. 2.0	20 x 20	máx. 1.5
$3$ m $< H_{tot} \leq 6$ m	18 x 18	máx. 2.0	20 x 20	máx. 2.0
$H_{tot} \leq 3$ m	15 x 15	máx. 2.0	18 x 18	máx. 2.0

## Dimensionamiento de otros subelementos

<b>transversales al suelo</b>	como para los elementos principales
<b>viga de anclaje al suelo</b>	vigas 15 x 15 cm o superiores
<b>diagonales para estabilizar</b>	elementos de madera 10 x 10 cm
<b>diagonales secundarias</b>	tablones 5 x 20 cm con 3 clavos/tornillos de 150 por cabeza en ambos lados de las diagonales principales
<b>elementos horizontales contra el muro</b>	tablones 5 x 20 cm con entre ejes máx. 1 m contra muros sin vanos o ubicado entre los vanos
<b>tablado de protección</b>	tablones 5 x 20 cm

***Nota: los datos de dimensiones y especificaciones que figuran en la tabla 1 son aplicables a todos los tipos de configuraciones de apuntalamiento de contraste en paridad reportados***

**APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA**  
**dimensionamiento contraste con descarga**

**Parámetros geométricos y nomenclatura de referencia para el dimensionamiento**

	<p>1: pared a sostener                  2: edificio de contraste</p>
	<p>1: elementos horizontales contra el muro                  2: transversal                  3: diagonal principal                  4: diagonales para estabilizar                  5: elemento de bloqueo                  6: diagonal secundaria                  7: diagonal principal                  8: elemento vertical                  9: viga de anclaje al suelo                  10: transversal al suelo                  11: elemento de conexión</p>

**Tabla 2 - Dimensionamiento de los elementos principales del apuntalamiento de contraste con descargas**

Altura total $H_{tot}$ (m)	Dimensionamiento de rectos, transversales, vigas de anclaje al suelo, diagonales principales, elementos de bloqueo			
	Espesor máx. de la pared a sostener: $s_m \leq 0.6$ m		Espesor máx. de la pared a sostener: $0.6$ m $< s_m \leq 1.0$ m	
	Sección (cmxcm)	Entre ejes $i$ (m)	Sección (cmxcm)	Entre ejes $i$ (m)
$6$ m $< H_{tot} \leq 9$ m	18 x 18	máx. 2.0	20 x 20	máx. 2.0
$3$ m $< H_{tot} \leq 6$ m	15 x 15	máx. 2.0	18 x 18	máx. 2.0

## Dimensionamiento de otros subelementos

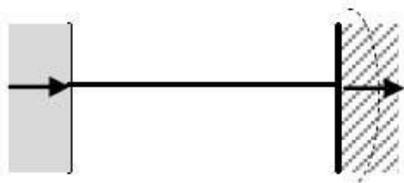
<b>transversales al suelo</b>	como para los elementos principales
<b>viga de anclaje al suelo</b>	vigas 15 x 15 cm o superiores
<b>diagonales para estabilizar</b>	elementos de madera 10 x 10 cm
<b>diagonales secundarias</b>	tablones 5 x 20 cm con 3 clavos/tornillos de 150 por cabeza en ambos lados de las diagonales principales
<b>elementos horizontales contra el muro</b>	tablones 5 x 20 cm entre ejes máx 1 m contra muros sin vanos o ubicado entre los vanos
<b>tablado de protección</b>	tablones 5 x 20 cm

***Nota: los datos de dimensiones y especificaciones que figuran en la tabla 2 son aplicables a todos los tipos de configuraciones de apuntalamientos de contraste con descarga reportados.***

**APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA**  
soluciones problemas

**Problema**

La descarga de los puntales de contraste podría actuar en paredes que no pueden soportar el empuje



Planta

**Indicaciones para resolver el problema**

Asentar los puntales de contraste en correspondencia de paredes ortogonal del edificio de contraste



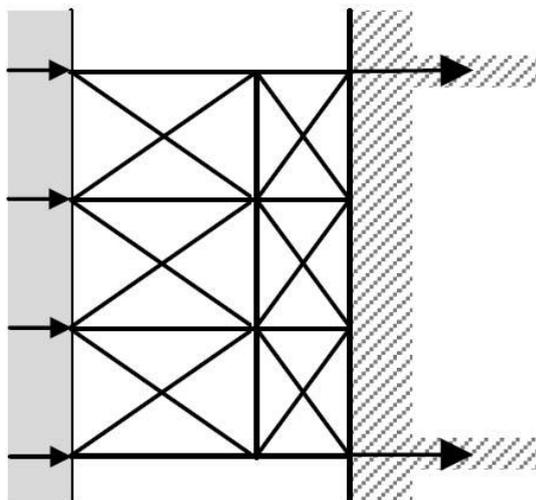
Planta

**Problema**

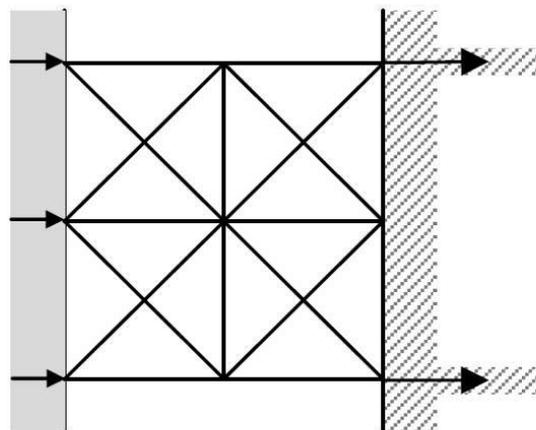
La descarga del apuntalamiento de la pared del edificio de contraste puede producir concentraciones de esfuerzos.

**Indicaciones para resolver el problema**

En el caso en que no se puedan sentar las bases de los puntales de contraste en correspondencia de las paredes ortogonales de la construcción de contraste, construir diagonales para estabilizar en el plano horizontal para crear un sistema reticular que sea lo suficiente rígido para transferir la carga sobre las paredes ortogonales. Con ese fin se pueden realizar diagonales para estabilizar con elementos de sección mínima 10x10 cm.



Planta



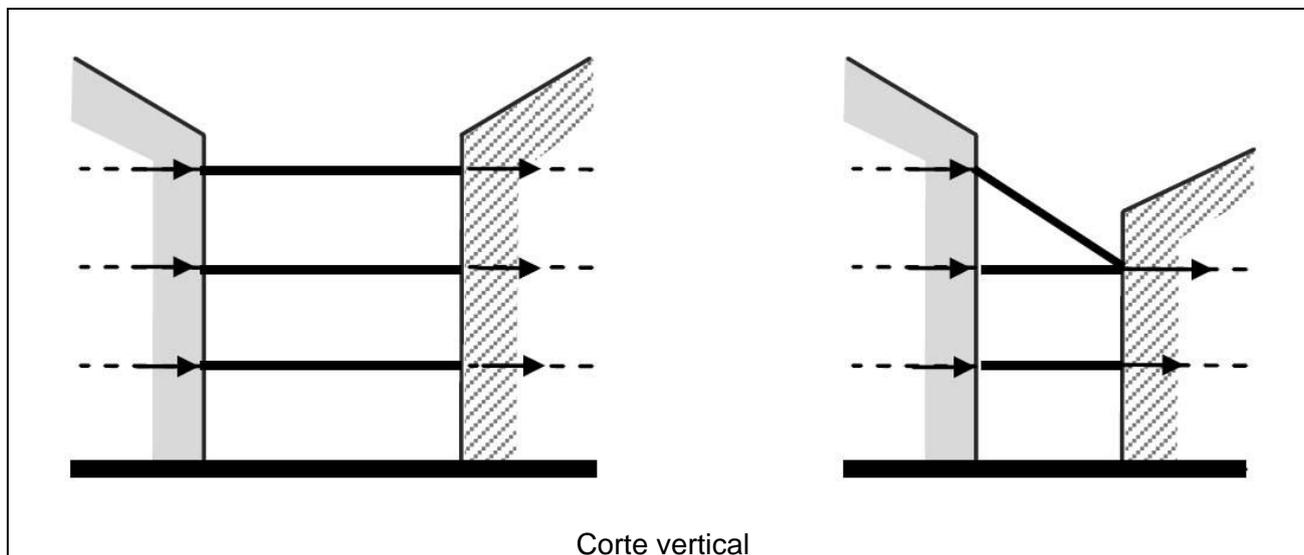
Planta

## APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA soluciones problemas

### Elementos horizontales de dos edificios al mismo nivel

#### Criterio de realización

Impostar los transversales y las diagonales principales de los puntales de contraste en correspondencia de los elementos horizontales de los dos edificios.



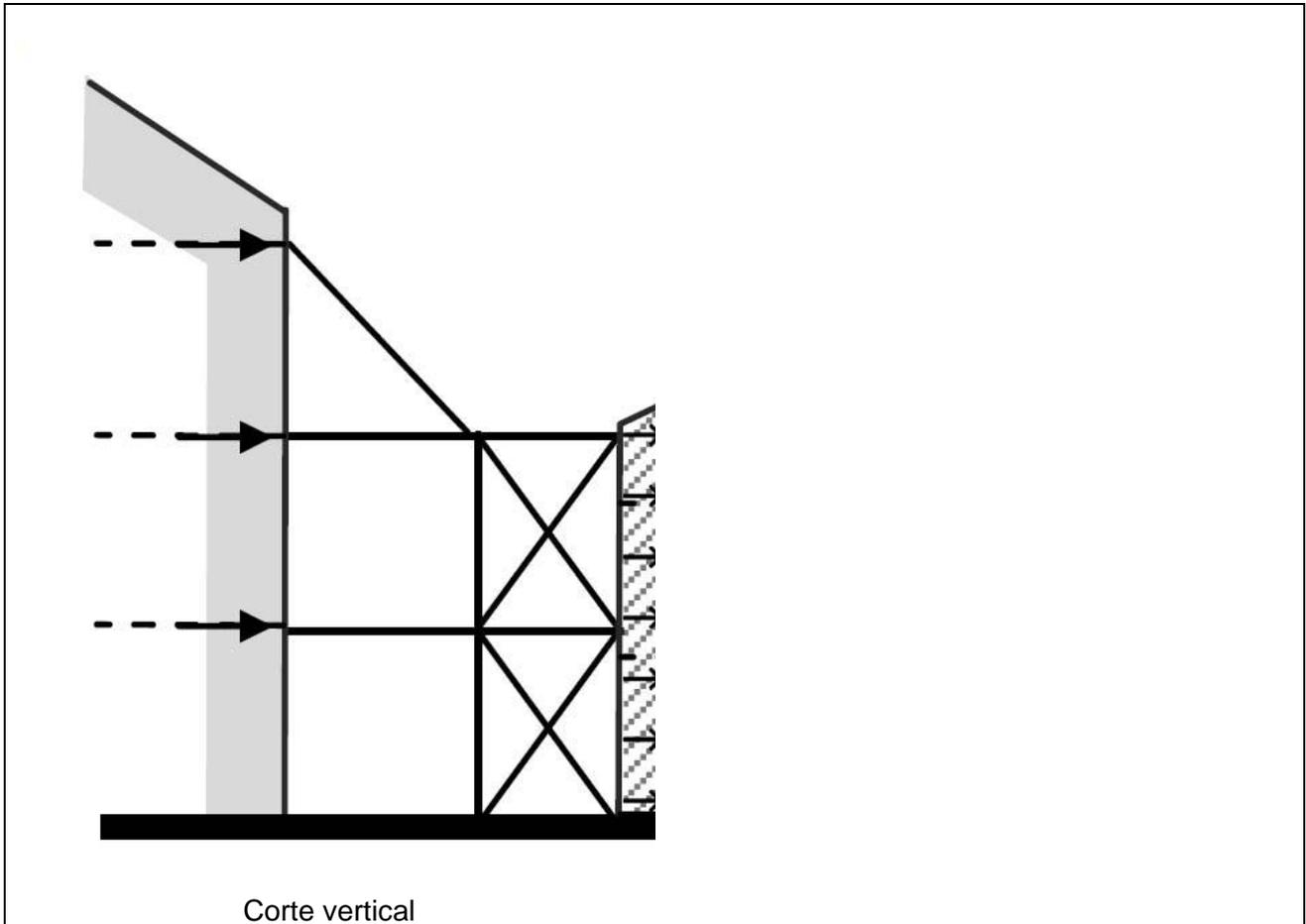
### Elementos horizontales de dos edificios en distintos niveles

#### Problema

La descarga del apuntalamiento de la pared del edificio de contraste puede producir concentraciones de esfuerzos en otras áreas de las estructuras horizontales de la construcción de contraste

### Indicaciones para resolver el problema

Colocar los transversales y las partes superiores de las diagonales principales de los puntales de contraste en correspondencia de las estructuras horizontales de la construcción a contrastar y realizar un elemento de distribución vertical del esfuerzo



## APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA soluciones problemas

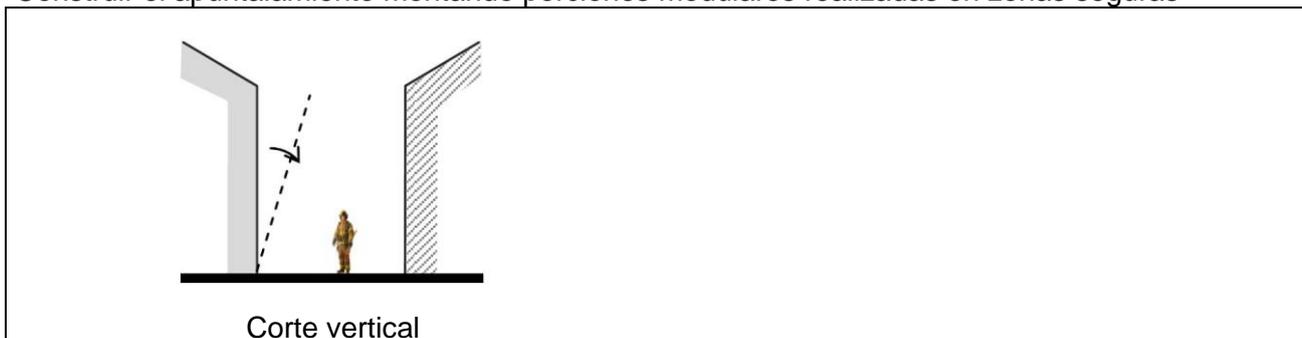
### Seguridad de los operadores

#### Problema

El tipo de situación es particularmente crítica para la seguridad de los operadores ya que el mecanismo de activación de la caída de la pared no permite una ágil evacuación del área

#### Indicaciones para resolver el problema

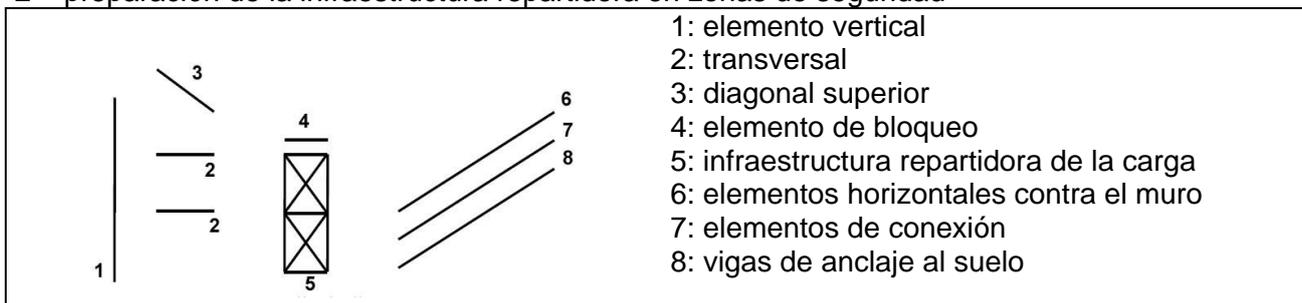
Construir el apuntalamiento montando porciones modulares realizadas en zonas seguras



#### Predisposición elementos y montaje

#### Criterios de predisposición de los elementos

- 1 – relieve de los parámetros de proyecto
- 2 – preparación de la infraestructura repartidora en zonas de seguridad



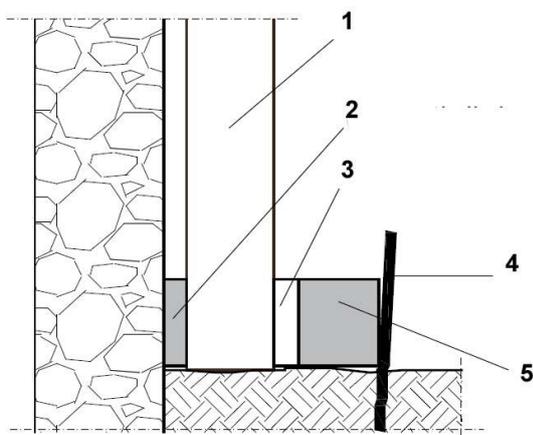
**Criterios de montaje** 1 – poner en posición los elementos verticales y los elementos horizontales contra el muro del lado de la pared para sostener y las infraestructuras y los elementos horizontales contra el muro de distribución del lado de la construcción de contraste

- 2 – poner en posición los transversales
- 3 – poner en posición las diagonales superiores y los elementos de bloqueo
- 4 – posicionar el tablado de protección
- 5 – completar la obra con los otros elementos



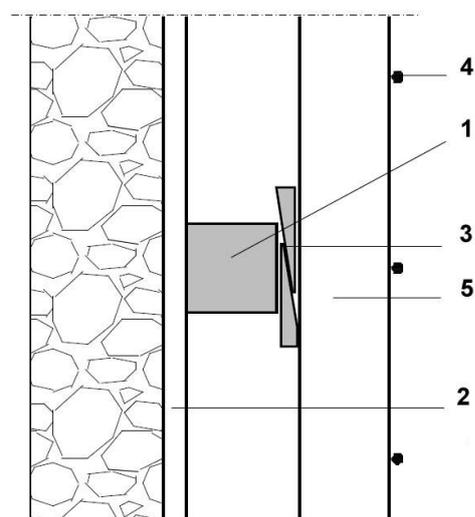
**APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA**  
**detalles constructivos**

**Detalle A: anclaje de la base de apoyo por el lado de la pared lateral**



Corte vertical

- 1: elemento vertical
- 2: elementos horizontales contra el muro (tablones 5x20 cm)
- 3: cuñas
- 4: barras de acero  $\phi$  26 cada 50 cm
- 5: viga de anclaje al suelo

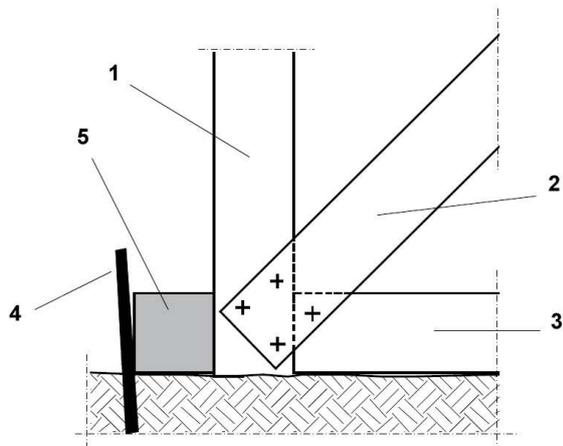


Planta

- 1: elemento vertical
- 2: elementos horizontales contra el muro (tablones 5x20 cm)
- 3: cuñas
- 4: barras de acero  $\phi$  26 cada 50 cm
- 5: viga de anclaje al suelo

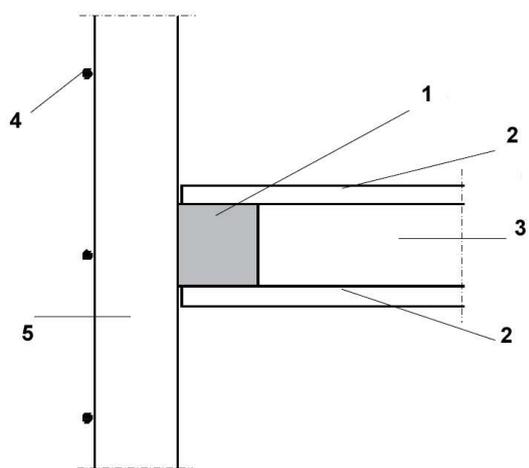
**APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA**  
**detalles constructivos**

**Detalle B: anclaje de la base de apoyo del elemento vertical mediano**



Corte vertical

- 1: elemento vertical
- 2: diagonales secundarias (2 tablones 5x20 cm)
- 3: transversal al suelo
- 4: barras de acero  $\phi$  26 cada 50 cm
- 5: viga de anclaje al suelo

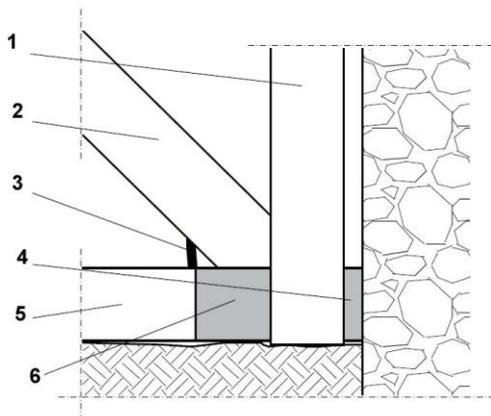


Planta

- 1: elemento vertical
- 2: diagonales secundarias (2 tablones 5x20 cm)
- 3: transversal al suelo
- 4: barras de acero  $\phi$  26 cada 50 cm
- 5: viga de anclaje al suelo

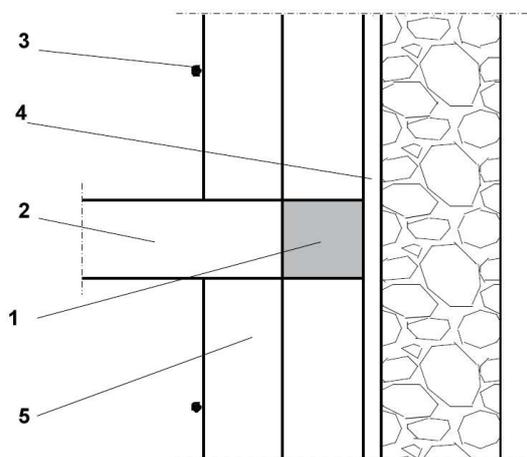
## APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA detalles constructivos

### Detalle C: anclaje de la base de apoyo por el lado de la construcción de contraste



Corte vertical

- 1: elemento vertical
- 2: diagonal principal
- 3: barras de acero  $\phi$  26 cada 50 cm
- 4: elementos horizontales contra el muro (tablones 5x20 cm)
- 5: transversal al suelo
- 6: viga de anclaje al suelo

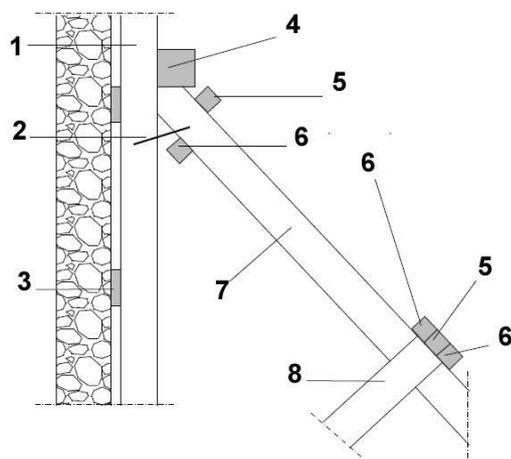


Planta

- 1: elemento vertical
- 2: diagonal principal
- 3: barras de acero  $\phi$  26 cada 50 cm
- 4: elementos horizontales contra el muro (tablones 5x20 cm)
- 5: viga de anclaje al suelo

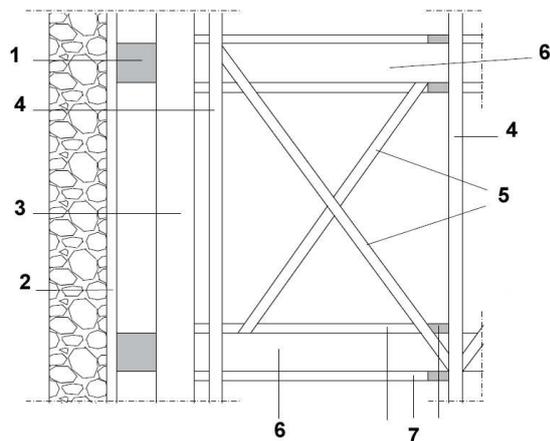
**APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA**  
**detalles constructivos**

**Detalle D: nudo superior diagonal principal de descarga**



Corte Vertical

- 1: elemento vertical
- 2: grapa metálica
- 3: elementos horizontales contra el muro (tablones 5x20 cm)
- 4: elemento de conexión
- 5: elemento de conexión de madera 10x10 cm
- 6: diagonales para estabilizar de madera 10x10 cm, uno arriba y uno abajo de las diagonales principales
- 7: diagonal principal
- 8: diagonal secundaria

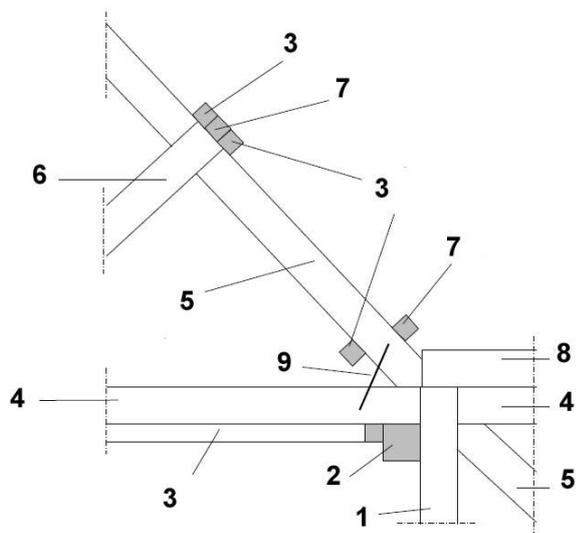


Planta

- 1: elemento vertical
- 2: elementos horizontales contra el muro (tablones 5x20 cm)
- 3: elemento de conexión
- 4: elemento de conexión de madera 10x10 cm
- 5: diagonales para estabilizar de madera 10x10, uno arriba y uno abajo de las diagonales principales
- 6: diagonal principal
- 7: diagonal secundaria

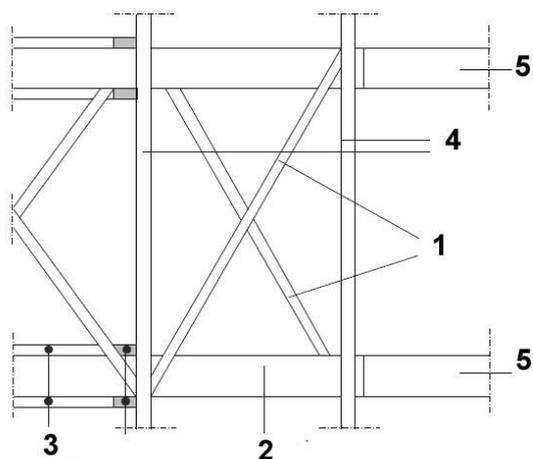
**APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA**  
**detalles constructivos**

**Detalle E: nudo inferior diagonal principal de descarga**



Corte vertical

- 1: elemento vertical
- 2: elemento de conexión
- 3: diagonales para estabilizar de madera 10x10 cm
- 4: transversal
- 5: diagonal principal
- 6: diagonal secundaria
- 7: elemento de conexión de madera 10x10 cm
- 8: elemento de contraste (!)
- 9: grapa metálica

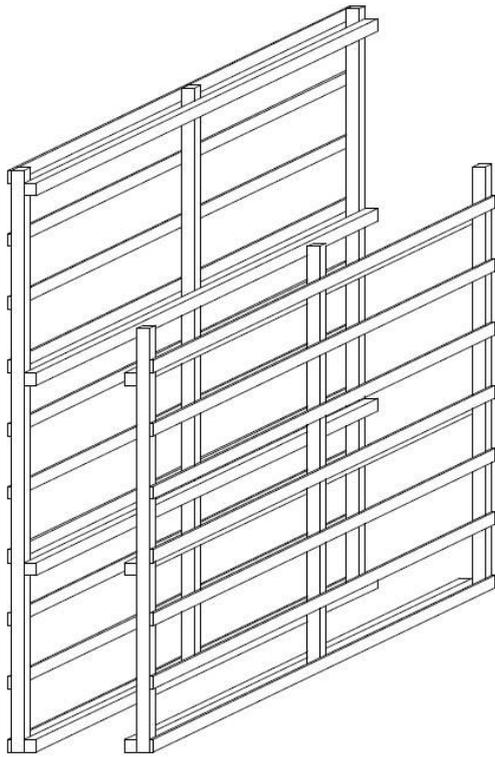


Planta

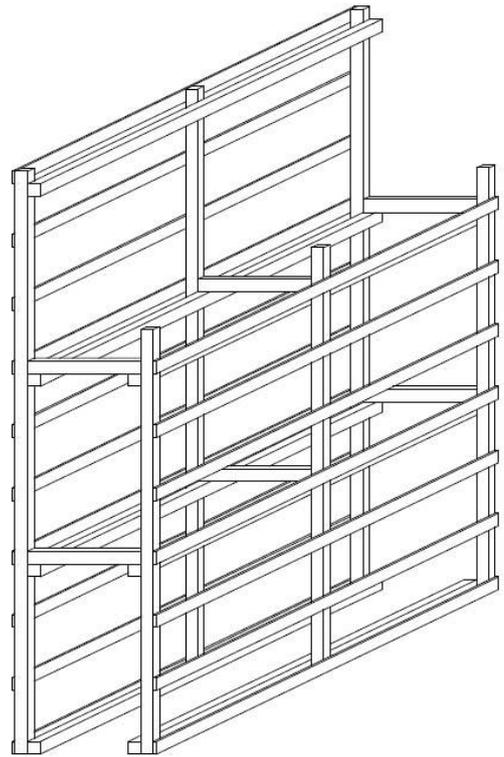
- 1: diagonales para estabilizar de madera 10x10 cm
- 2: diagonal principal
- 3: diagonal secundaria
- 4: elemento de conexión de madera 10x10 cm
- 5: elemento de contraste (!)

**(!) ATENCIÓN:** el elemento de contraste tiene que ser conectado al transversal de abajo para prevenir una eventual elevación debido a los empujes de la diagonal principal superior. Se le pone un perno de mínimo  $\phi$  10/50 cm con arandela en las dos cabezas

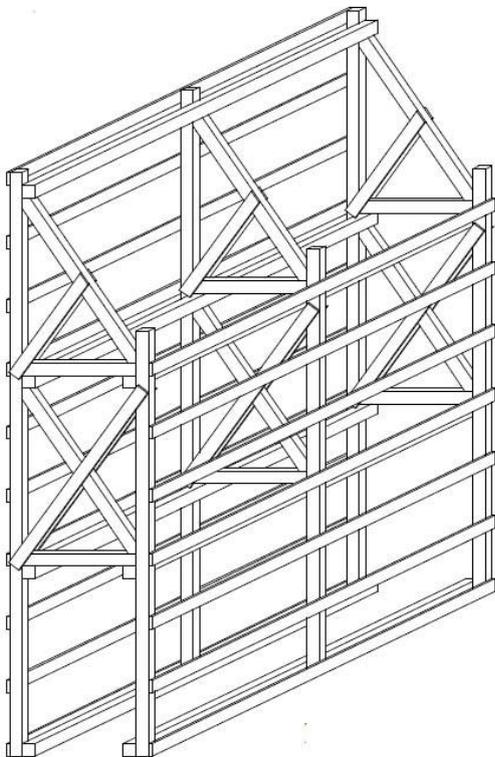
**APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE EN MADERA**  
fases de realización



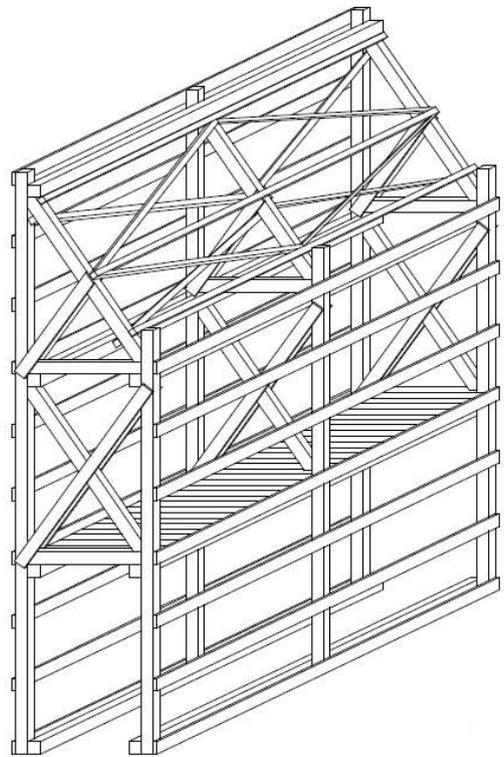
**Fase 1** – Realización de las estructura de repartición



**Fase 2** – Enlace transversal de la estructura

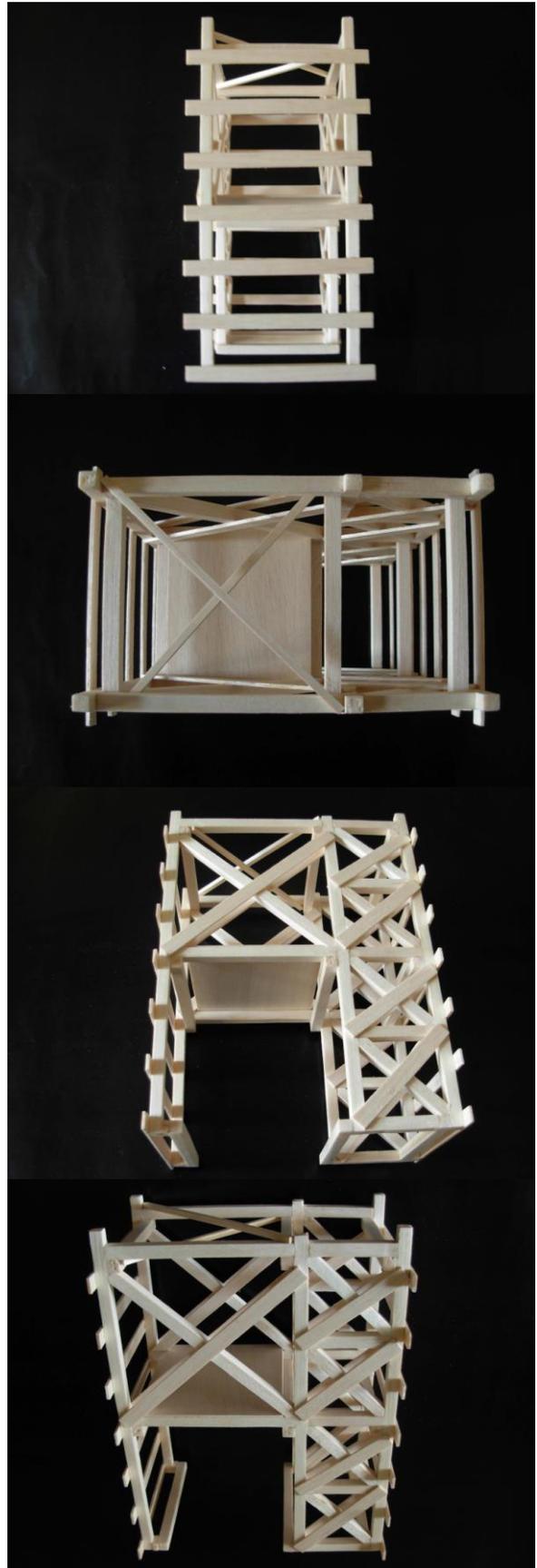
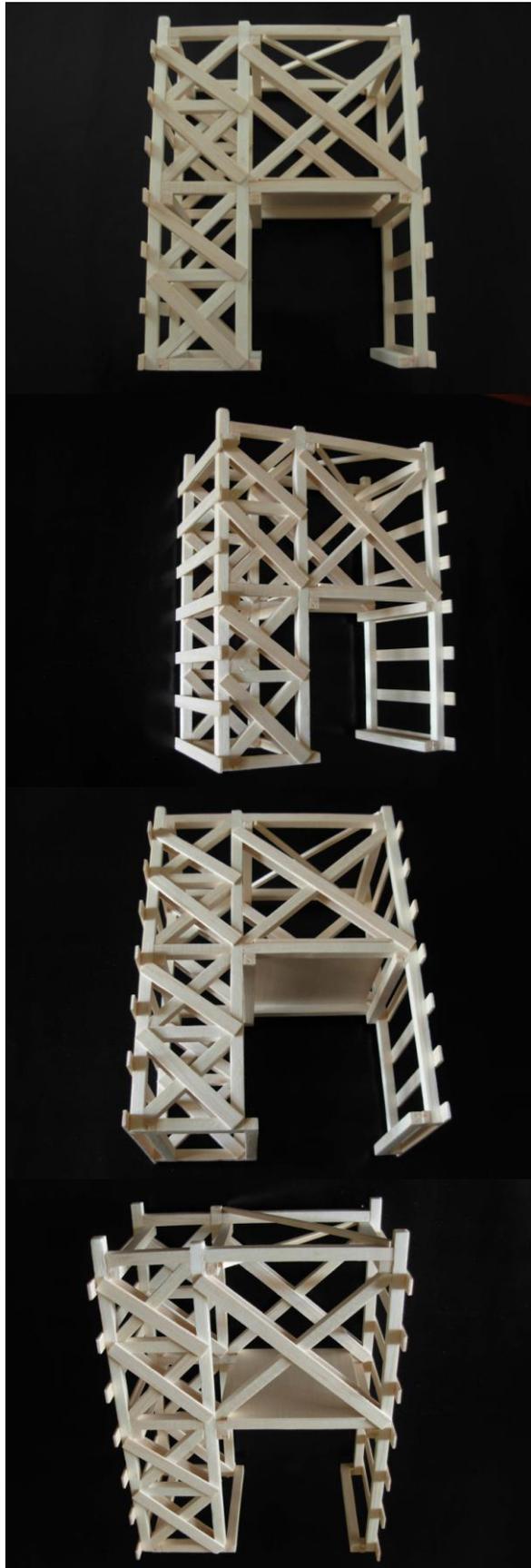


**Fase 3** – Realización de los elementos de contraste

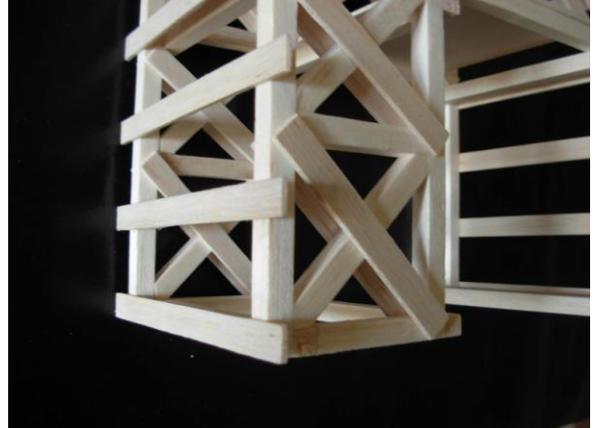
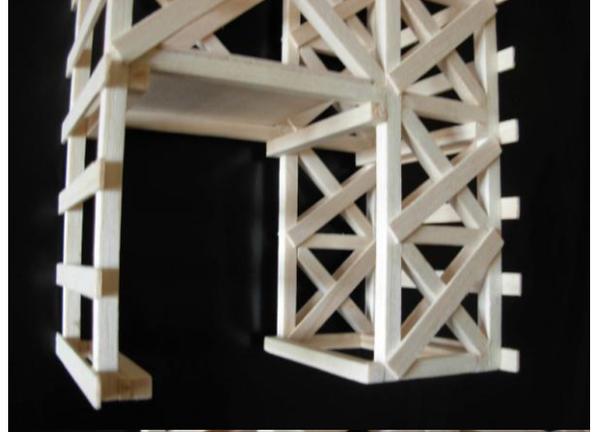
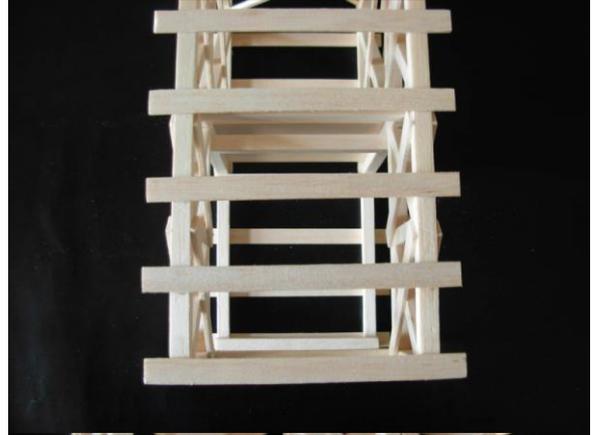
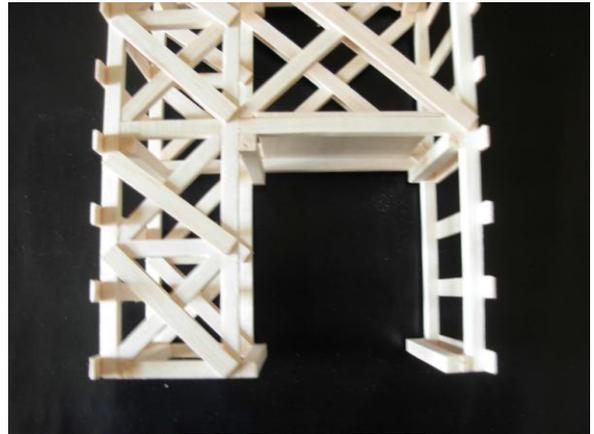
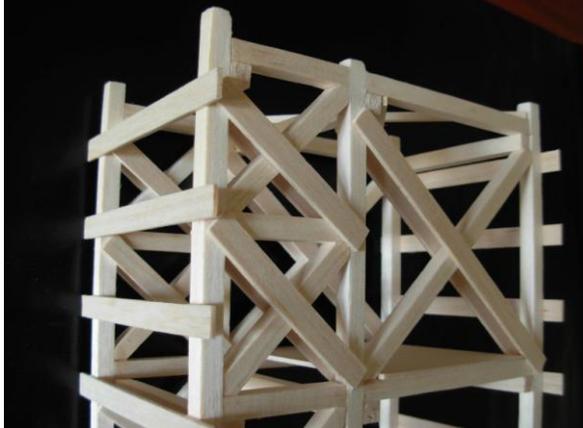
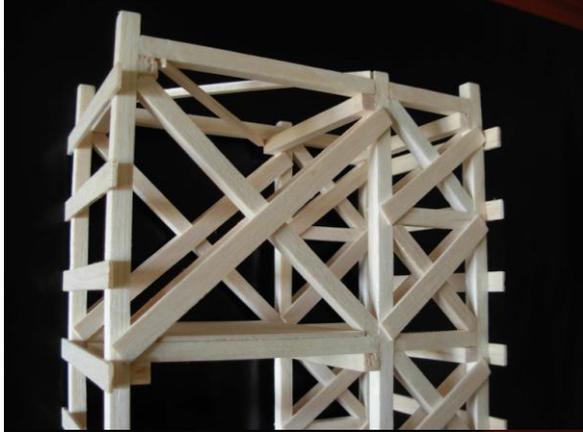
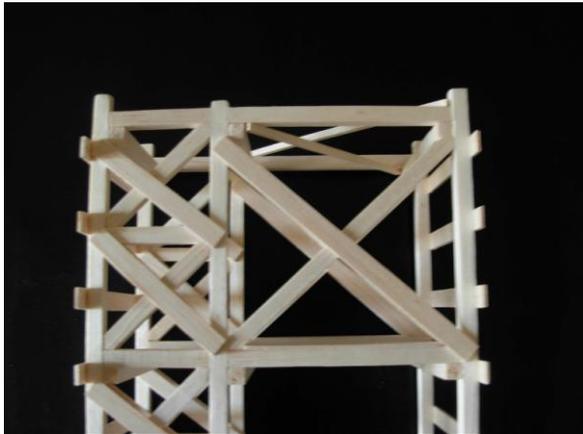


**Fase 4** – Construcción de las diagonales para estabilizar y del tablado de protección

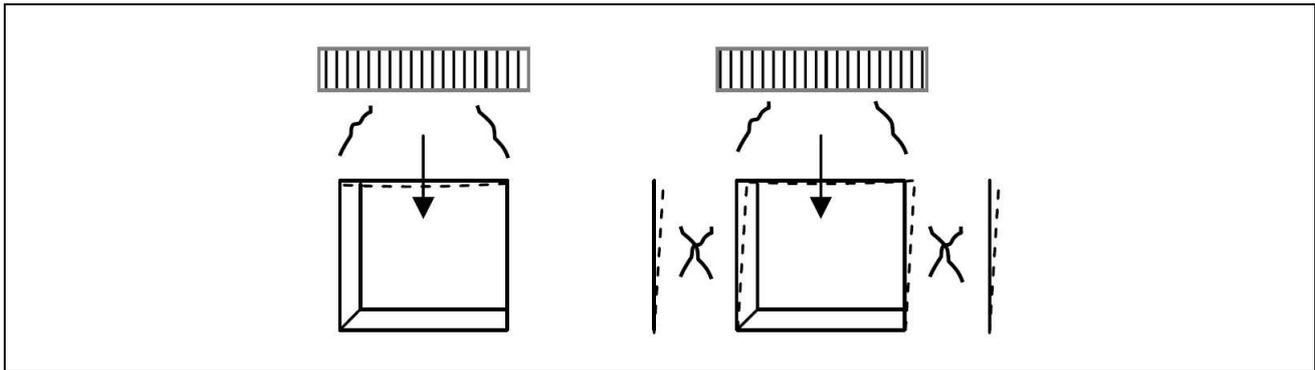
APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE DE MADERA  
maquetas



APUNTALAMIENTO DE CONTRASTE DE MADERA  
maquetas



### 3\_ APUNTALAMIENTO DE SOPORTE Y ARMAZÓN DE ABERTURAS



#### APUNTALAMIENTO DE SOPORTE Y ARMAZÓN DE ABERTURAS instrucciones de la ficha

##### Ámbito de utilizo

Sistemas de apuntalamiento para el soporte de porción de muros en los edificios ubicados en zona con alto riesgo sísmico.

##### Indicaciones generales

Las obras están diseñadas para recoger las cargas verticales de porción de muros en condiciones de equilibrio precario y así transferirlas en la parte inferior, o sea en una parte adecuada a la recepción de la carga.

Hay que prestar particular atención al determinar en la parte inferior de la abertura, cuando sea posible, un estado de tensión/esfuerzo similar al estado preexistente antes de la inestabilidad. Si es necesario, el sistema de apuntalamiento también tiene que restablecer una resistencia a la deformación lateral. En este caso el sistema tiene que endurecerse para garantizar una adecuada estabilidad dimensional en el conjunto.

Para facilitar la recuperación del material y facilitar el montaje en construcción, se propone utilizar sólo elementos con la misma sección cuadrada.

##### Instrucciones para la utilización de la ficha

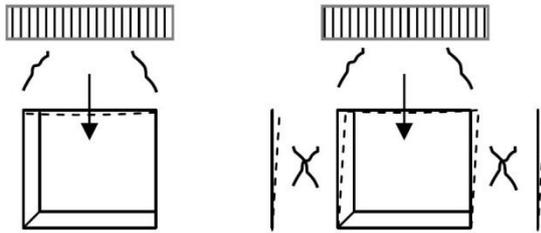
Si se conocen las dimensiones geométricas de la abertura (la altura "H" y el ancho "L"), el espesor  $s_m$  de la pared en examen y el largo de la porción de la losa cargante sobre la apertura, gracias a la Tabla 1 se deriva la sección a utilizar para los elementos del sistema de apuntalamiento. Para aquellos casos con un espesor  $s_m$  de la pared hasta 0,4 m, se puede elegir entre utilizar el sistema simple o doble.

##### Advertencia

Todos los valores dimensionales proporcionados en esta ficha deben interpretarse como el valor mínimo. En la fase de ejecución, en caso que no se tenga disponibilidad de material, pueden utilizarse las secciones más grandes.

**APUNTALAMIENTO DE SOPORTE Y ARMAZÓN DE ABERTURAS**  
indicaciones generales

**Tipos de movimientos a enfrentar**



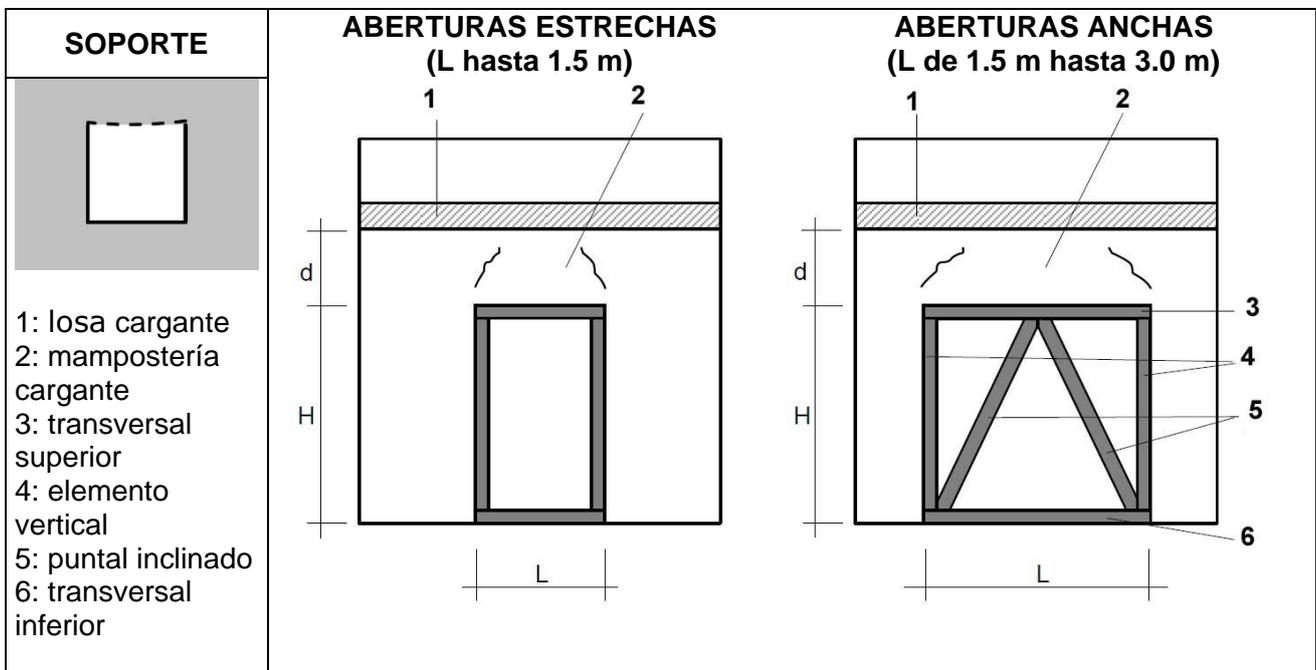
Caída de la masa cargante y posible deformación lateral

**Descripción**

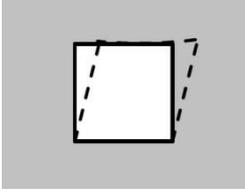
Posible caída de la parte de la pared arriba de la abertura con la posible pérdida de soporte de la losa que le está encima.

Deformación excesiva de las porciones de muros laterales a la abertura.

**OBJETIVO DE LA OBRA PROVISIONAL:** soportar las cargas verticales y transferirlas a la parte inferior

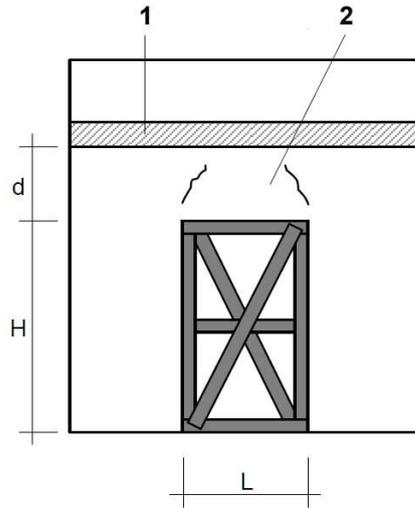


### SOPORTE Y ESTABILIZACIÓN

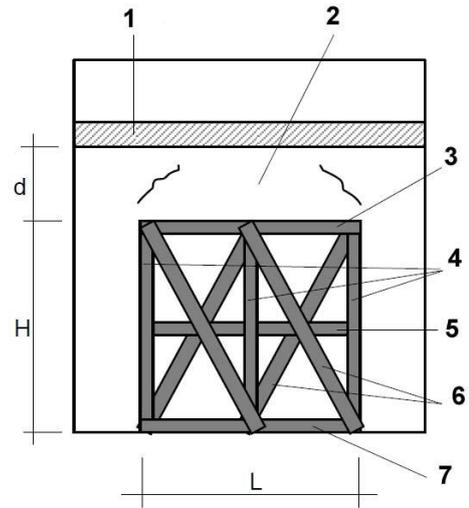


- 1: losa cargante
- 2: mampostería cargante
- 3: transversal superior
- 4: elemento vertical
- 5: transversal intermedio
- 6: diagonal para estabilizar
- 7: transversal inferior

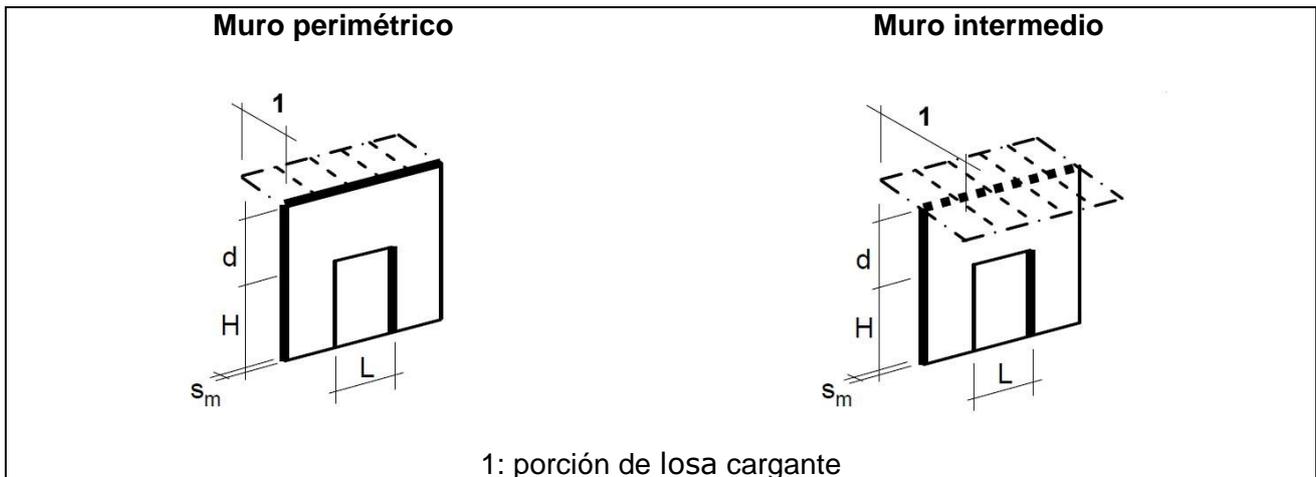
### ABERTURAS ESTRECHAS (L hasta 1.5 m)



### ABERTURAS ANCHAS (L de 1.5 m hasta 3.0 m)



**APUNTALAMIENTO DE SOPORTE Y ARMAZÓN DE ABERTURAS**  
indicaciones generales



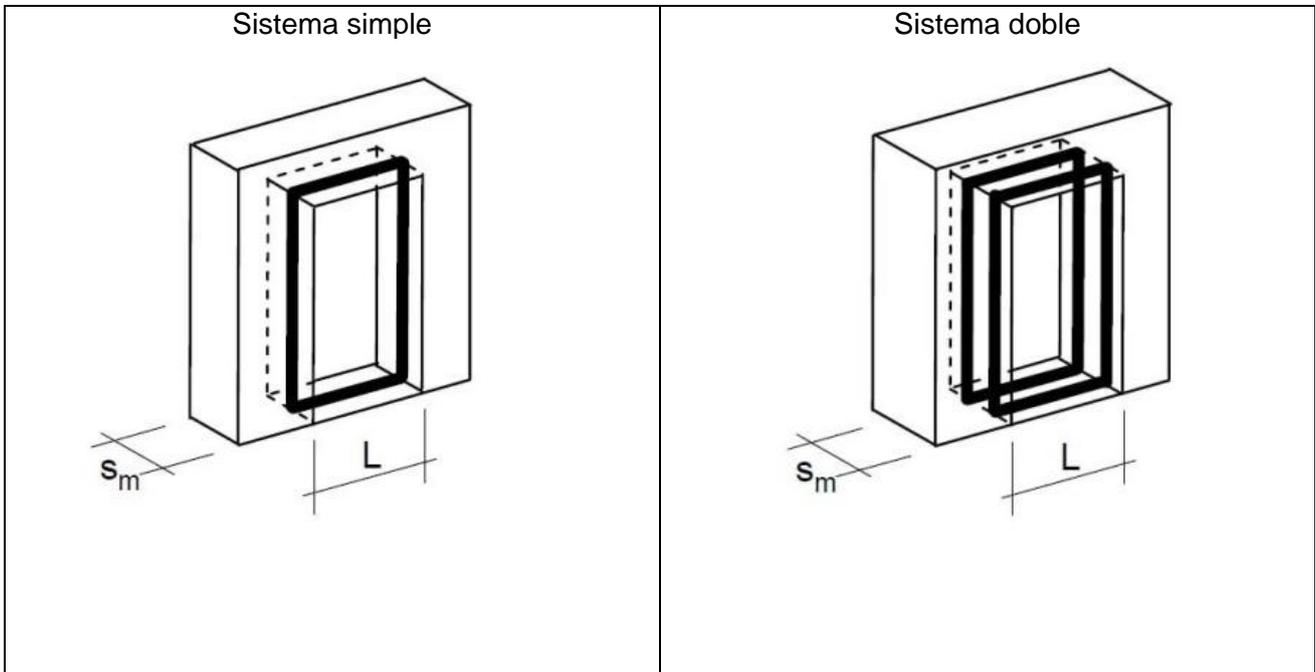
**Tabla 1 - Clases de carga para el dimensionamiento de los elementos (verticales, puntales inclinados y transversales)**

	porción de losa cargante	$s_m$				
		hasta 0.4 m	0.4 - 0.6m	0.6 - 0.8 m	0.8 - 1.0 m	
		sistema simple	sistema doble	sistema doble	sistema doble	sistema doble
$L \leq 1.0 \text{ m}$	porción 0 m	10x10	8x8	8x8	8x8	10x10
	porción 1 m	13x13	10x10	10x10	10x10	13x13
	porción 3 m	18x18	13x13	13x13	13x13	13x13
	porción 5 m	n.c.	15x15	15x15	15x15	18x18
$1.0 \text{ m} < L \leq 1.5 \text{ m}$	porción 0 m	13x13	10x10	13x13	13x13	13x13
	porción 1 m	18x18	13x13	15x15	15x15	15x15
	porción 3 m	n.c.	18x18	18x18	18x18	18x18
	porción 5 m	n.c.	18x18	20x20	20x20	20x20
$1.5 \text{ m} < L \leq 2.0 \text{ m}$	porción 0 m	13x13	10x10	10x10	13x13	13x13
	porción 1 m	15x15	13x13	13x13	13x13	15x15
	porción 3 m	20x20	15x15	15x15	18x18	18x18
	porción 5 m	n.c.	18x18	18x18	20x20	20x20
$2.0 \text{ m} < L \leq 3.0 \text{ m}$	porción 0 m	18x18	13x13	15x15	18x18	18x18
	porción 1 m	20x20	15x15	18x18	18x18	20x20
	porción 3 m	n.c.	20x20	20x20	n.c.	n.c.

**n.c.:** no contemplado; necesita de un proyecto específico

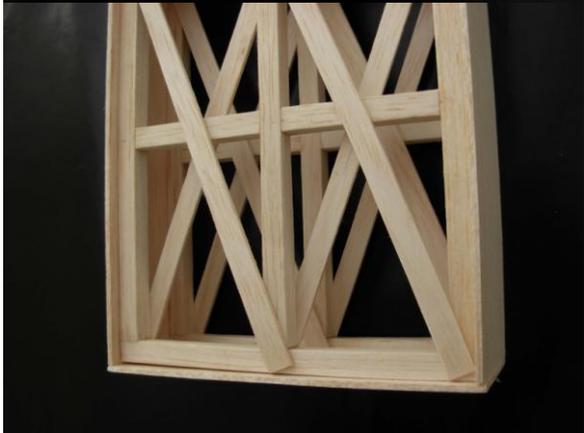
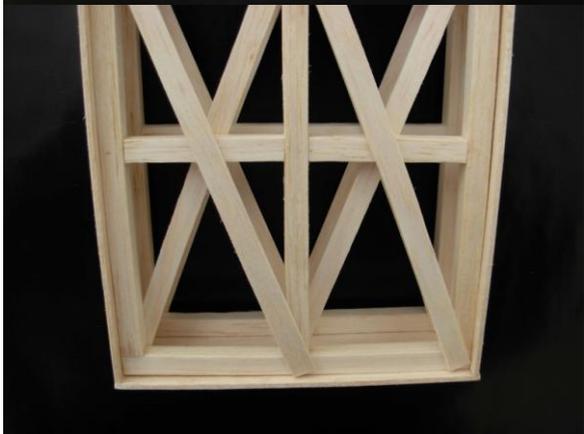
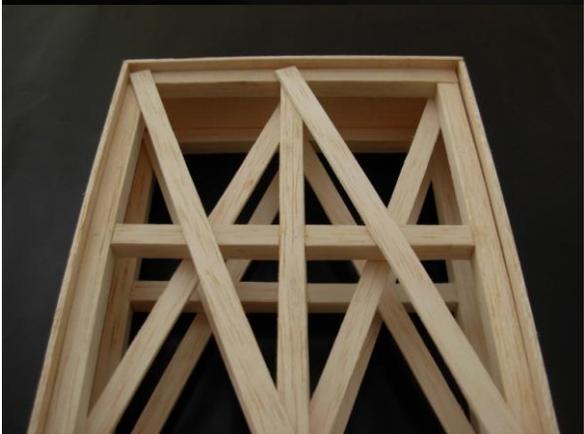
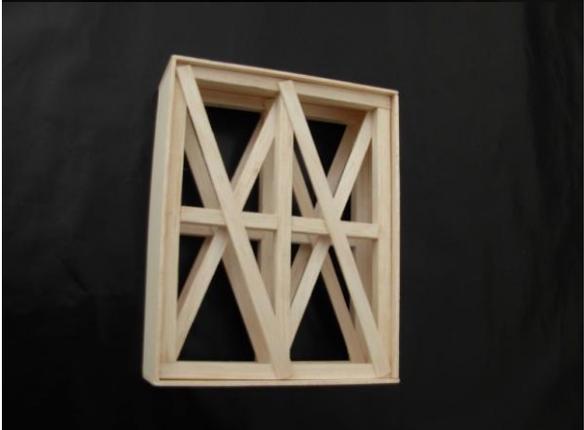
## Dimensionamiento de otros elementos

<b>diagonales para estabilizar</b>	tablas de 2.5x12 cm clavadas con 3 clavos/tornillos de 100 mm en cada uno de los extremos por elementos hasta 15x15 cm o tablones de 5x20 cm clavados con 3 clavos/tornillos de 120 mm en cada uno de los extremos por elementos más de 15x15 cm
------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

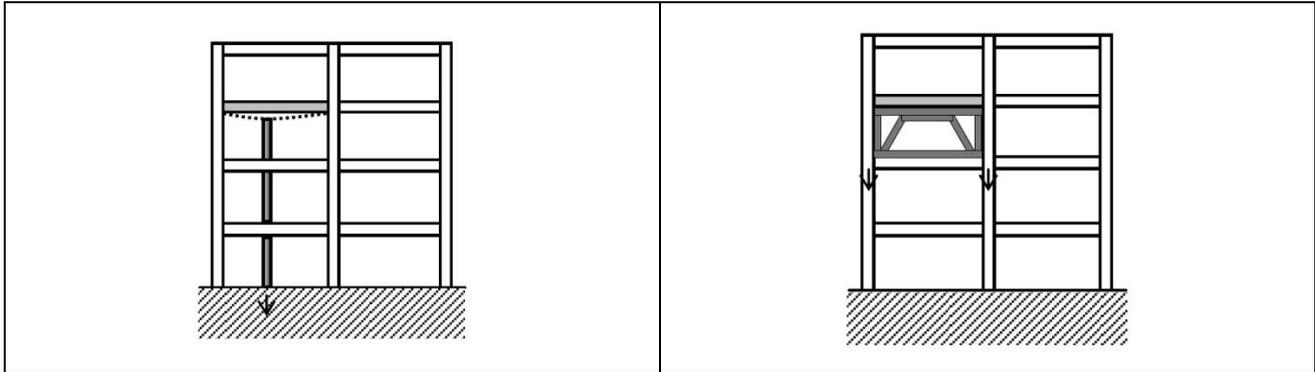


**Advertencia:** cuando  $d > L$  se considera nula la porción de losa que carga en la estructura.  
Si la losa está urdida de manera paralela a la pared con la abertura para apuntalar, se considera una banda de losa cargante igual a 1 m.

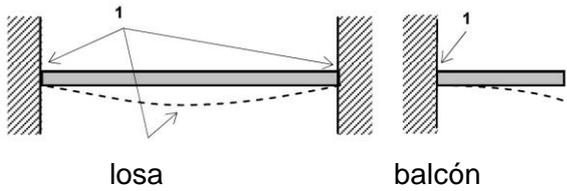
**APUNTALAMIENTO DE SOPORTE Y ARMAZÓN DE ABERTURAS  
maquetas**



## 4\_ APUNTALAMIENTO DE SOPORTE DE LOSAS Y BALCONES

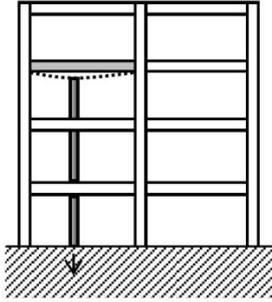
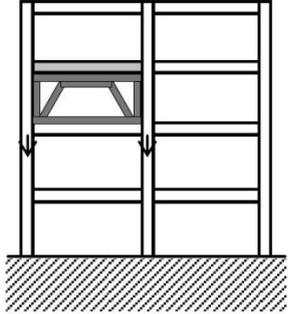


### APUNTALAMIENTO DE SOPORTE DE LOSAS Y BALCONES elegir el sistema de apuntalamiento

Tipos de movimientos a enfrentar	Descripción
<p data-bbox="148 824 794 857">Traslación/descenso o excesiva inflexión</p>  <p data-bbox="279 1086 343 1120">losa</p> <p data-bbox="566 1086 662 1120">balcón</p> <p data-bbox="148 1198 438 1232">1: Zona de hendidura</p>	<p data-bbox="802 824 1445 996">Inflexión/descenso excesivo de la losa por efecto de la componente de la aceleración sísmica vertical o a causa de una sobrecarga o por la degradación de los materiales constituyentes.</p> <p data-bbox="802 996 1445 1030">Las inestabilidades pueden ocurrir:</p> <p data-bbox="802 1030 1445 1153">a) para balcones: con rotación de la losa y formación de una hendidura longitudinal en la parte superior de la conexión entre el muro y la losa o el balcón;</p> <p data-bbox="802 1153 1445 1256">b) para losas: con deformación de la losa hacia abajo y posibles hendiduras inferiores cerca de la mitad de la losa o superiores a los extremos.</p>

**OBJETIVO DE LA OBRA PROVISIONAL:** descargar la carga en el elemento contrastando las deformaciones

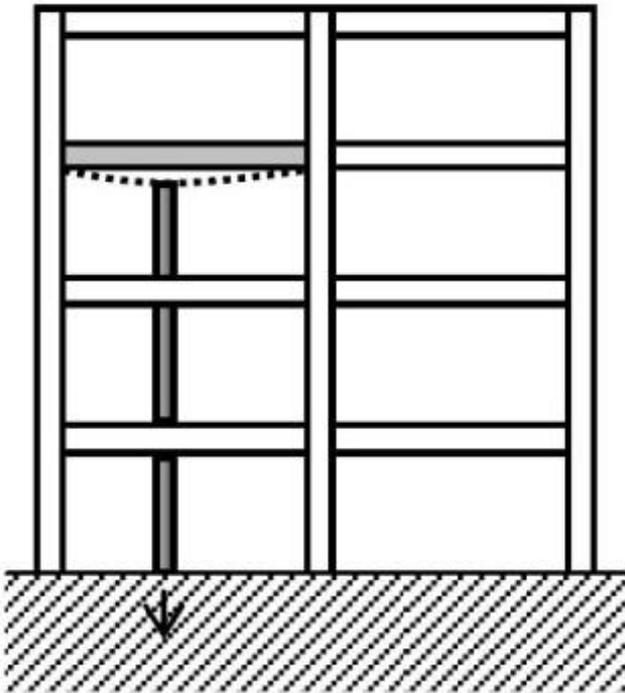
## Apuntalamiento de losas: tipo de soluciones y criterio de elección

<p><b>ESCENARIO</b></p> <p>Posibilidad de construir una nueva línea de descarga hasta la base          Presencia de una base en la que se pueden descargar las cargas          Sostenimiento de la losa interesada y de las de abajo</p> <p>Velocidad de ejecución</p>	<p><b>ESCENARIO</b></p> <p>Imposibilidad/inadecuación de construir una nueva línea de descarga hasta la base          Imposibilidad de ocupar las plantas inferiores          Disponibilidad de elementos estructural donde descargar el peso</p>
<p><b>SOLUCIÓN A: CREACIÓN DE UNA NUEVA LÍNEA DE DESCARGA</b></p> 	<p><b>SOLUCIÓN B: RESTABLECIMIENTO DE TRANSFERENCIA DE CARGA</b></p> 

**ADVERTENCIAS:** disposiciones para la instalación de nuevas líneas de drenaje/descarga  
 En la eventualidad de que se necesite apuntalar losas intermedias, la acción de contraste deberá, desde el principio, descargar en la base y no sobre la losa de la planta inferior. En la realización del puntal se debe empezar desde el nivel más bajo hasta llegar a la losa de inestabilidad (como representado en los siguientes esquemas).



4.1\_ APUNTALAMIENTO CON LA CREACIÓN DE UNA NUEVA LÍNEA DE DESCARGA



## **APUNTALAMIENTO CON LA CREACIÓN DE UNA NUEVA LÍNEA DE DESCARGA** **instrucciones de la ficha**

### **APUNTALAMIENTO DE LOSAS – ESQUEMA “A”**

#### **Ámbito de uso**

La obra provisional ha sido dimensionada con referencia a losas de cemento y ladrillo de una altura pares a 1/25 de la longitud, con losa de repartición de espesor igual a 4 cm.

Se toma como hipótesis que el vínculo a los extremos de las vigas de la losa puede impedir la translación vertical mientras que puede consentir la rotación.

#### **Indicaciones generales**

Se proponen tres esquemas para sujetar una losa (A1, A2 y A3), según la longitud de la misma y el entre ejes elegido para la instalación de los puntales.

Se especifica que por longitud “L” se hace referencia a la distancia entre los apoyos que se tienen que medir a la individuación de la vigería de la losa. Con este propósito se tendrán que individuar con certeza los elementos principales de carga, si necesario removiendo porciones de mortero.

Se evidencia que en el caso de las losas intermedias, el uso del esquema “A” necesita un apuntalamiento desde la planta más abajo hasta llegar a la losa interesada. En cualquier caso se tendrá que verificar la consistencia de la base de apoyo de la estructura de soporte que se encuentra en el nivel más bajo.

Una vez que se defina la tipología de material para la realización de la estructura de soporte (en esta ficha totalmente de madera), se mide la longitud “L” y la altura entre los pisos “H”. En el caso de una estructura de madera, el dimensionamiento se realizará con la tabla 1 que proporciona las dimensiones de los puntales y de la viga de soporte y también el esquema tipológico en función del entre ejes transversal “i” escogido.

Los elementos en madera se proponen, por cuanto posible, con elementos de igual sección, para facilitar sea la adquisición del material que la eficacia de la realización de las conexiones entre los elementos mismos.

### **APUNTALAMIENTO DE BALCONES**

#### **Ámbito de uso**

La obra provisional se ha ideado en referencia a balcones con una estructura de apoyo constituida por una losa llena en hormigón armado del espesor igual a 15 cm con sobrecarga.

Se supone un soporte de la entera carga.

#### **Indicaciones generales**

Se propone un solo esquema para sostener un balcón, considerando que la aplicación de este esquema se limita a balcones con vuelo que no superan los 3 metros.

El dimensionamiento de los elementos necesarios para el apuntalamiento de balcones, muy similar al dimensionamiento de las losas, se realiza utilizando la tabla 2.

**APUNTALAMIENTO CON LA CREACIÓN DE UNA NUEVA LÍNEA DE DESCARGA**  
indicaciones generales

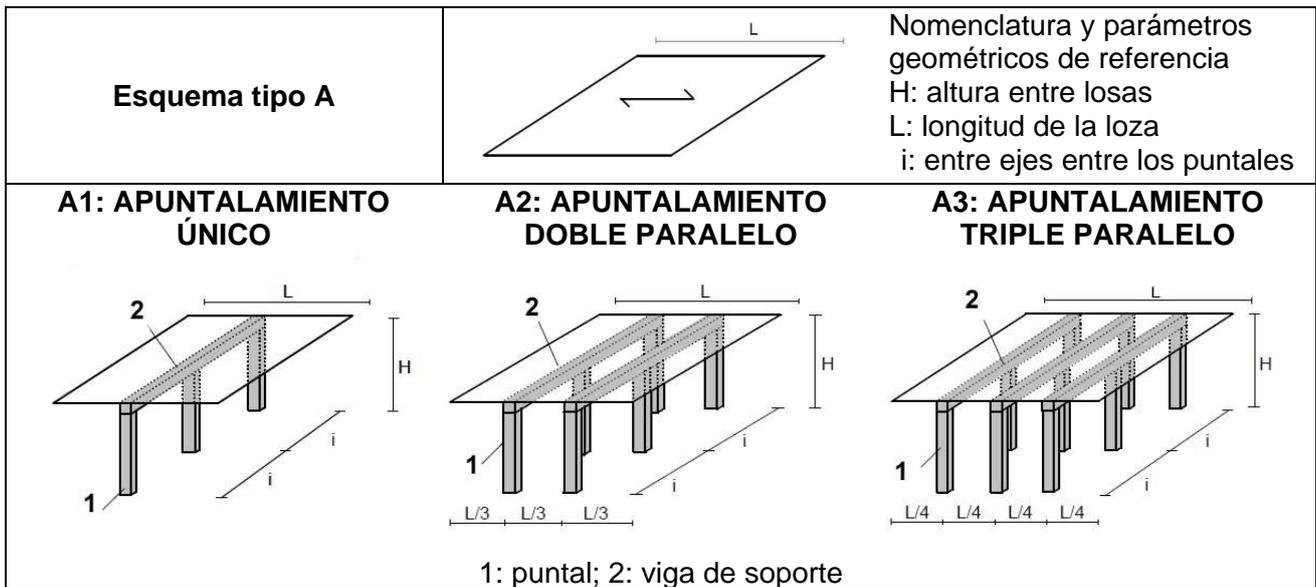


Tabla 1 - Dimensionamiento del sistema de soporte en madera  
Selección del puntal y de la viga de soporte (cmxcm) – [esquema tipológico]  
H hasta 4 m

i (m) / L (m)	$L \leq 3.0m$	$3.0m < L \leq 4.0m$	$4.0m < L \leq 5.0m$	$5.0m < L \leq 6.0m$	$6.0m < L \leq 7.0m$
1.0	13x13-[A1]	13x13-[A1]	13x13-[A2]	13x13-[A3]	13x13-[A3]
1.5	13x13-[A1]	13x13-[A2]	13x13-[A3]	15x15-[A3]	n.c.
2.0	15x15-[A2]	15x15-[A2]	15x15-[A3]	n.c.	n.c.
2.5	15x15-[A3]	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.

**n.c.:** no contemplado; necesita de un proyecto específico

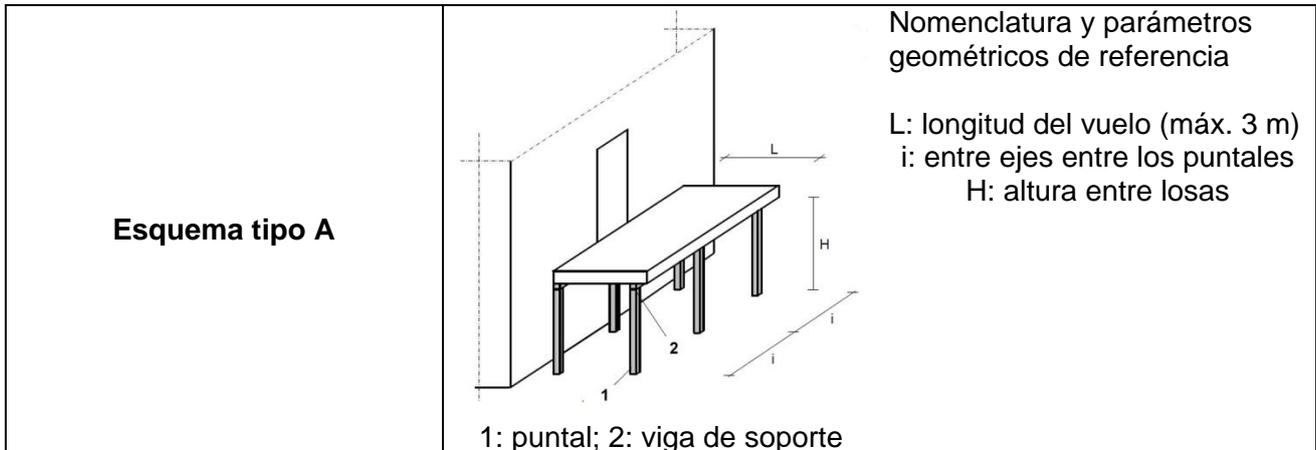
**H 4 - 6 m**

Para alturas que superan los 4 metros el esquema A1 no se puede utilizar.

Se puede hacer referencia a los esquemas A2 e A3 de sección igual a la indicada por  $H < 4m$  con la introducción de elementos intermedios en ambas direcciones (n. 2 tablas 2.5x12 cm clavadas con n. 3 clavos  $l=100$  mm en la mitad de la altura del puntal) para reducir la longitud de libre inflexión.

**APUNTALAMIENTO CON LA CREACIÓN DE UNA NUEVA LÍNEA DE DESCARGA**  
**indicaciones generales**

**APUNTALAMIENTO DE SOPORTE DE BALCONES**



**Tabla 2 - Dimensionamiento viga de soporte e puntales en madera**

<b>i (m) / L (m)</b>	<b>L ≤ 1.0m</b>	<b>1.0m &lt; L ≤ 1.5m</b>	<b>1.5m &lt; L ≤ 2.0m</b>	<b>2.0m &lt; L ≤ 3.0m</b>
1.0	13x13-[B2]	13x13-[B2]	13x13-[B2]	15x15-[B2]
1.5	13x13-[B2]	13x13-[B2]	15x15-[B2]	n.c.
2.0	13x13-[B2]	15x15-[B2]	n.c.	n.c.
2.5	15x15-[B2]	n.c.	n.c.	n.c.

**n.c.:** no contemplado; necesita de un proyecto específico

Para alturas de interpolación  $H > 4m$ , y que no superen 6 metros, se necesita prever elementos intermedios en ambas direcciones (n. 2 tablas 2.5x12 cm clavadas con n. 3 clavos de 100) posicionados a la mitad de la altura del puntal para reducir la longitud de libre inflexión.

**APUNTALAMIENTO CON LA CREACIÓN DE UNA NUEVA LÍNEA DE DESCARGA**  
soluciones de problemas

**Problemas**

<p align="center">1: puntal; 2: viga</p>	<p><b>Problemas generales</b> a, b: posible volteo/inestabilidad lateral c: posible efecto de martilleo/retirada entre el puntal y el elemento sujetado</p> <p><b>Problemas puntuales</b> d: posible desconexión del nudo puntal/viga e: posible descarga del puntal f: hundimiento por excesiva carga concentrada a la base</p>
------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Indicaciones para resolver los problemas generales y puntuales**

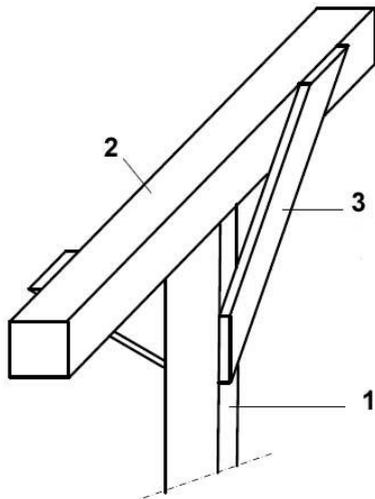
<p align="center"><b>APUNTALAMIENTO LOSAS</b> Problema a</p> <p align="center">Corte longitudinal</p> <p align="center"><b>Problema b</b></p> <p align="center">Corte Transversal</p> <p>1: puntal; 2: viga de apoyo; 3: elementos de refuerzo (tablas 2.5x12 cm); 4: transversal</p>	<p align="center"><b>APUNTALAMIENTO BALCONES</b> Problema a</p> <p align="center">Vista longitudinal</p> <p align="center"><b>Problema b</b></p> <p align="center">Vista lateral</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Preparación elementos de refuerzo para la estabilización en la dirección longitudinal y transversal. Para los elementos de refuerzo se pueden utilizar n. 2 tablas 2.5x12 cm clavadas con n. 3 clavos l = 100 mm.

Para el transversal se utilizan elementos de dimensiones iguales a la de los puntales.

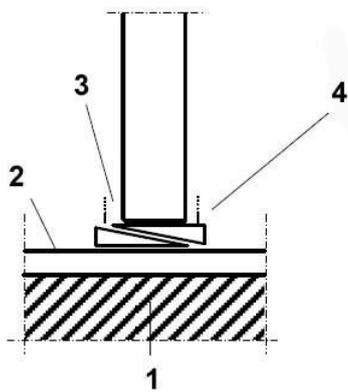
**APUNTALAMIENTO CON LA CREACIÓN DE UNA NUEVA LÍNEA DE DESCARGA**  
soluciones de problemas

**Problema d**



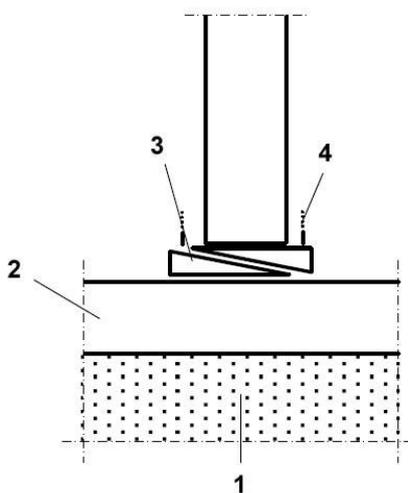
1: puntal;  
2: viga de apoyo;  
3: elementos de refuerzo: tablas 2.5x12 cm con 3+3 clavos l=100 mm a cada extremo

**Problema c, e**



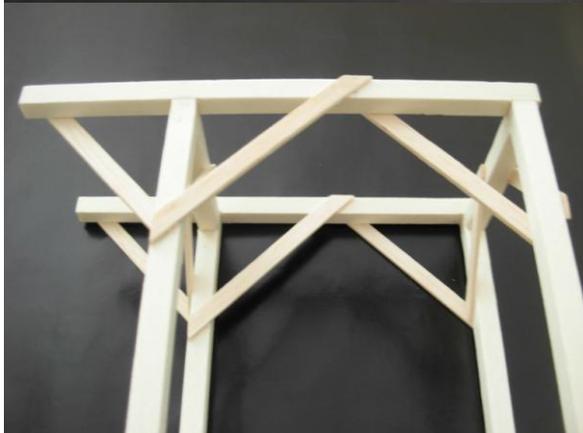
1: elemento de base existente para la repartición de carga sin deformaciones o hundimientos significativos  
2: tablón 5x20 cm  
3: doble cuñas para bloquear  
4: 2+2 clavos l=100 mm

**Problema e, f**

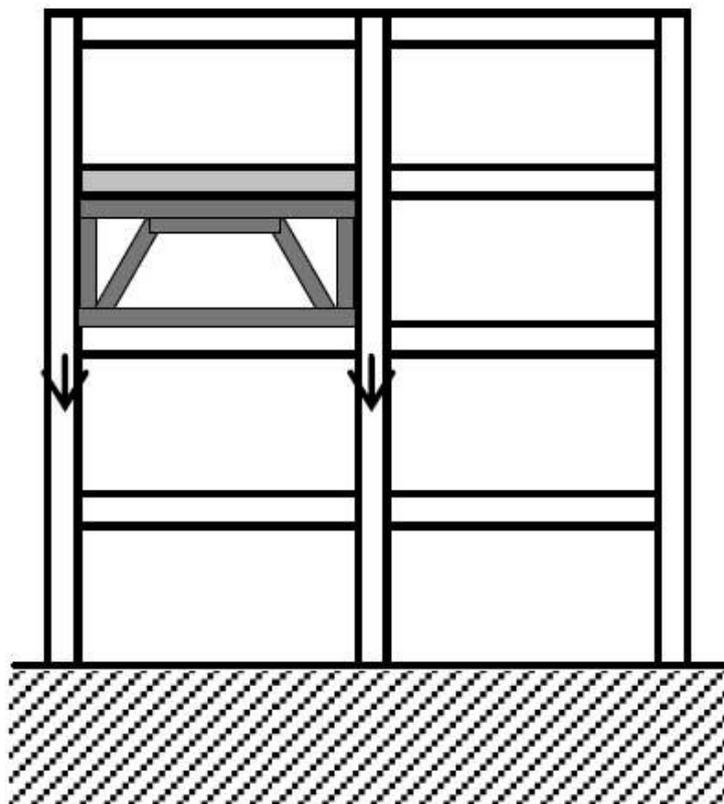


1: elemento de base existente para la repartición de carga con posible deformaciones o hundimientos significativos  
2: nuevo elemento en madera para la repartición de carga con la misma sección del elemento vertical  
3: doble cuñas para bloquear  
4: 2+2 clavos l=100 mm

APUNTALAMIENTO CON LA CREACIÓN DE UNA NUEVA LÍNEA DE DESCARGA  
maquetas



## 4.2\_ APUNTALAMIENTO CON RESTABLECIMIENTO DE TRANSFERENCIA DE CARGA



## **APUNTALAMIENTO CON RESTABLECIMIENTO DE TRANSFERENCIA DE CARGA** **instrucciones de la ficha**

### **APUNTALAMIENTO DE LOSAS – ESQUEMA “B”**

#### **Ámbito de uso**

La obra provisional ha sido dimensionada con referencia a losas de cemento y ladrillo con altura igual a 1/25 de la longitud, con losa de repartición de espesor igual a 4 cm. Se toma como hipótesis el soporte al total de la losa, independientemente de las condiciones de los vínculos a los extremos.

#### **Indicaciones generales**

Se propone un esquema de soporte de la losa con entre ejes de máx. 1.5 m entre los puntales. Se subraya que el esquema propuesto tiene como objetivo la devolución de la carga sobre los elementos estructurales verticales existentes en buenas condiciones estáticas.

Se deberá por lo tanto identificar con seguridad la posición de los elementos estructurales verticales, al fin de posicionar los soportes de la estructura de apuntalamiento cerca a los mismos.

Definida la tipología constructiva del edificio y la posición de los elementos estructurales verticales, se mide la longitud y la altura entre los pisos “H”. El dimensionamiento se realiza con la tabla 3 que proporciona las dimensiones de los elementos de la estructura de apuntalamiento y las referencias para la determinación de la geometría de la estructura misma.

Los elementos en madera se proponen, por cuanto posible, con elementos de igual sección, para facilitar sea la adquisición del material que la eficacia de la realización de las conexiones entre los elementos mismos.

#### **Advertencia general**

Los valores dimensionales se tienen que entender como el valor mínimo. En caso que no se tenga disponibilidad de material, se pueden utilizar secciones de dimensiones mayores.

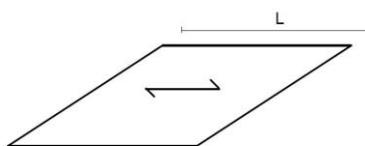
Es necesario examinar, preliminarmente, las condiciones estáticas de los muros estructurales garantizando que tengan un nivel de daño leve o sea que no se modifique de modo significativo la resistencia de la estructura.

A tal fin se consideran aceptables:

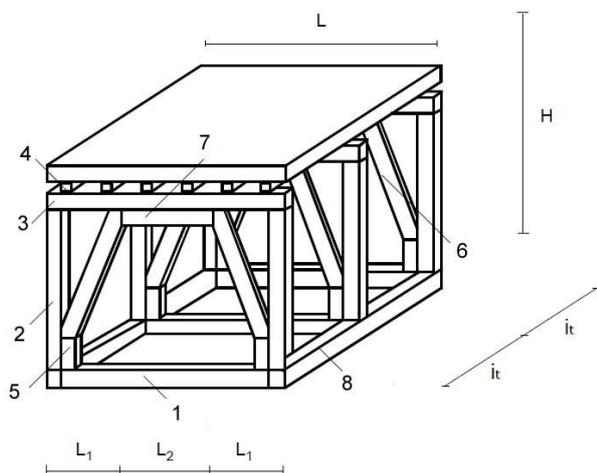
- hendiduras de valor  $< 1$  mm, sin expulsión de material,
- desprendimientos limitados o leves movimientos ( $< 1$  mm) entre porciones de estructuras, por ejemplo entre muros y losas o entre muros y escaleras o entre muros ortogonales;
- desaplomos limitados y no asociados a fenómenos de desprendimiento en elevación o a colapsos de los cimientos debido al sismo, que entonces pueden ser definidos pre-existentes y no influyentes sobre la capacidad de las estructura.

**APUNTALAMIENTO CON RESTABLECIMIENTO DE TRANSFERENCIA DE CARGA**  
**indicaciones generales**

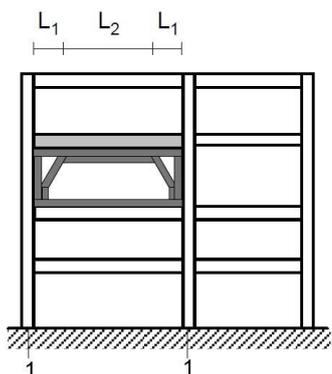
**Esquemas tipo B**



Nomenclatura y parámetros geométricos de referencia  
 H : altura entre losas  
 L : longitud de la losa  
 $i_t$  : entre ejes de los puntales



- 1: transversal al suelo
- 2: puntal vertical
- 3: transversal superior
- 4: transversales de repartición
- 5: elemento de base
- 6: puntal inclinado
- 7: elemento de bloque superior
- 8: transversal inferior



1: mampostería estructural

**Tabla 3 - Dimensionamiento del sistema de soporte**

	<b>L (m)</b>	<b>L1 (m)</b>	<b>L2 (m)</b>	<b><math>i_t</math></b>	<b>transversal superior</b>
<b>H ≤ 4m</b>	< 3.0	cerca L/3	cerca L/3	máx. 1.5 m	13x13
	3.0 - 4.0	1m < L1 ≤ 1.25m	1m < L2 ≤ 1.5m		15x15
	4.0 - 5.0	1.25m < L1 ≤ 1.5m	1.5m < L2 ≤ 2m		18x18
	5.0 - 6.0	1.5m < L1 ≤ 1.75m	2m < L2 ≤ 2.5m		20x20
<b>4 &lt; H ≤ 6m</b>	Introducir elementos intermedios en correspondencia de la medianería de los puntales (n. 2 tablas 2.5x12 cm con 3 clavos l=100 mm)				

## Dimensionamiento de otros elementos

<b>puntal vertical</b>	como transversal superior
<b>puntal inclinado</b>	como transversal superior
<b>transversal inferior</b>	como transversal superior
<b>elemento de bloque superior</b>	como transversal superior
<b>elemento de base</b>	como transversal superior
<b>transversales de repartición</b>	elementos de madera 10x10 cm con entre ejes de 50 cm

**APUNTALAMIENTO CON RESTABLECIMIENTO DE TRANSFERENCIA DE CARGA**  
soluciones de problemas

**Problemas**

**Problemas generales**  
a: posible volteo/inestabilidad lateral

**Problemas puntuales**  
b: posible descarga del puntal  
c, d: posible desconexión de los nudos

**Indicaciones para resolver los problemas generales y puntuales**

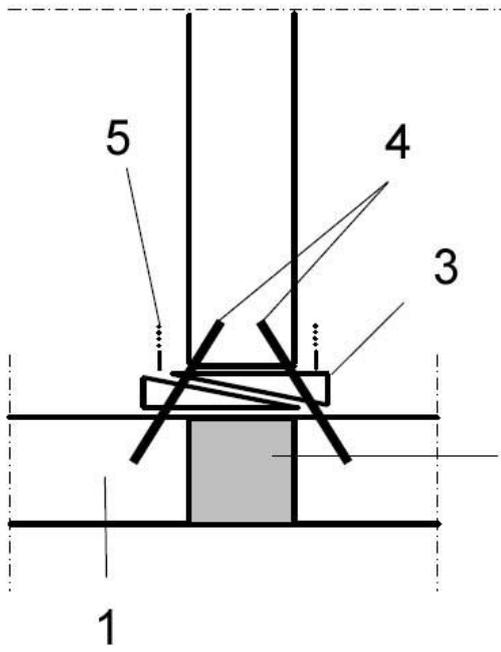
**Criticidad a**

1: transversal  
2: diagonal

**Tabla 4 – Puesta en obra de elementos de refuerzo**

<b>L (m)</b>	<b>transversales y diagonales</b>
$L \leq 3.0\text{m}$	tablas 2.5x12 cm clavadas de lado con 2 clavos/tornillos de 100 mm en cada uno de los extremos
$3.0\text{m} < L \leq 4.0\text{m}$	
$4.0\text{m} < L \leq 5.0\text{m}$	elementos de madera 8 x 8 cm. o tablonces 5 x 20 cm clavados con 2
$5.0\text{m} < L \leq 6.0\text{m}$	clavos/tornillos de 150 mm en cada uno de los extremos

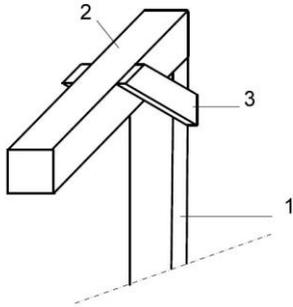
**Criticidad b**



- 1: transversal inferior
- 2: transversal al suelo
- 3: doble cuñas
- 4: grapa metálica
- 5: 2+2 clavos l=80 mm

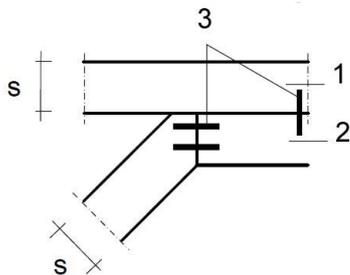
**APUNTALAMIENTO CON RESTABLECIMIENTO DE TRANSFERENCIA DE CARGA**  
soluciones de problemas

**Criticidad c**



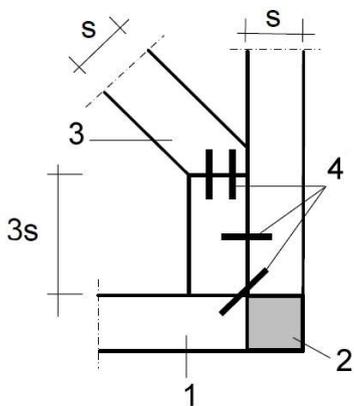
- 1: puntal vertical
- 2: transversal superior
- 3: tabla 2.5x12 cm y 3+3 clavos l=100 mm en cada uno de los extremos

**Criticidad d:** nudo superior puntal inclinado – transversal superior



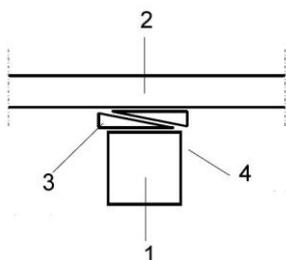
- 1: transversal superior
- 2: elemento de bloque superior
- 3: grapa metálica a cada lado

**Criticidad d:** nudo inferior puntal vertical – puntal inclinado



- 1: transversal al suelo
- 2: transversal inferior
- 3: puntal inclinado
- 4: grapas metálicas a cada lado

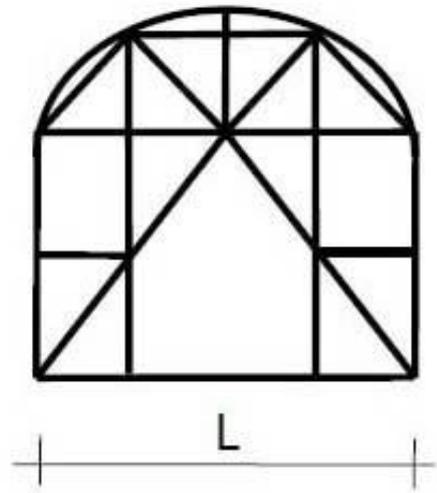
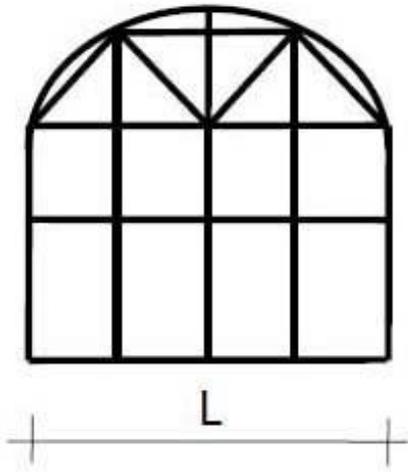
**Criticidad d:** apoyo transversal de repartición – transversal superior



- 1: transversal superior
- 2: elemento de madera 10x10
- 3: doble cuñas
- 4: 1+1 clavo l=100 mm

**ADVERTENCIA:** grapas metálicas mínimo  $\phi$  8 sustituibles con elementos de conexión sobre ambos lados (tablas de 2.5 cm clavadas o atornilladas)

5\_ ARMAZÓN DE MADERA DE ARCOS Y BÓVEDAS



## **ARMAZÓN DE MADERA DE ARCOS Y BÓVEDAS** **instrucciones de la ficha**

### **Ámbito de uso**

Esta ficha es válida para el armazón de arcos y bóvedas en cañón en mampostería; no es utilizable en el caso de estructuras similares en concreto armado. En el caso de rotación de los muros por exceso de empuje es necesario prever intervenciones complementarias de apuntalamiento. Esta ficha es utilizable para alturas de la base de la bóveda (H) hasta 8.0 m para armazones múltiples y hasta 6.0 m para armazones únicos.

#### **Indicaciones generales**

El objetivo de la intervención con armazón es de soportar el arco o la bóveda reduciendo significativamente el empuje en los muros y las sollicitaciones en la estructura. Es necesario verificar preventivamente la resistencia de la losa o la presencia de vanos en los pisos más abajo de la estructura de apuntalamiento, porque su carga podría dañar o determinar el colapso del piso mismo (ver indicaciones para la gestión de los problemas).

Para el armazón de bóvedas en mampostería es necesario prever un tablado distribuido entre el armazón y la estructura a apuntalar.

### **Instrucciones de uso de la ficha**

Definida la longitud "L" del arco o de la bóveda a apuntalar, se puede elegir el esquema constructivo pertinente; se ilustran los esquemas para:

- armazones con 3 puntales verticales serrados, o equivalentes abiertos, para longitud hasta 3 metros;
- armazones con 5 puntales verticales serrados, o equivalentes abiertos, para longitud de 3 hasta 6 metros;
- armazones con 7 puntales verticales serrados, o equivalentes abiertos, para longitud de 6 hasta 8 metros.

En el caso de arcos se puede utilizar un solo armazón para muros hasta 50 cm de espesor y dos armazones para muros hasta 1.0 m de espesor.

Definido el esquema en función de la longitud, se puede determinar la sección de los puntales a utilizar que, por simplicidad, se proponen de sección cuadrada, y se determina el entre ejes (T) máximo entre los transversales, en el caso de dos armazones o la altura máxima (H) en el caso de un solo armazón.

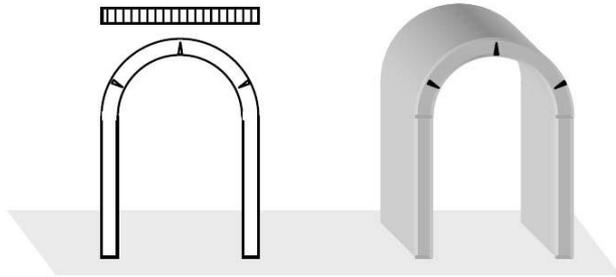
Los elementos inclinados, los elementos del armazón curvo, todos los transversales y los elementos de bloque tienen la misma dimensión de los elementos verticales principales.

La solución con armazones abiertos se puede utilizar cuando la inclinación de los elementos inclinados está entre los valores permitidos (proporción entre altura y base menor de 0.8).

**ARMAZÓN DE MADERA DE ARCOS Y BÓVEDAS**  
**indicaciones generales**

**Descripción de la inestabilidad:**

ruptura del arco o de la bóveda con hendiduras a la base y al vértice



**Descripción**

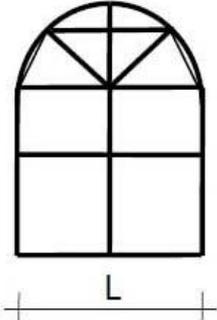
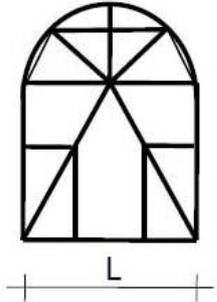
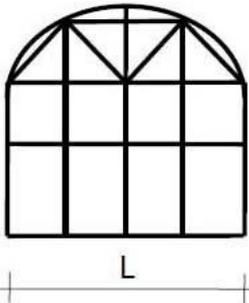
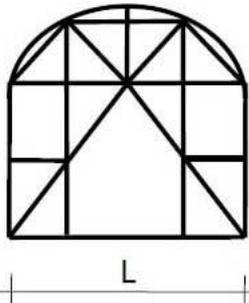
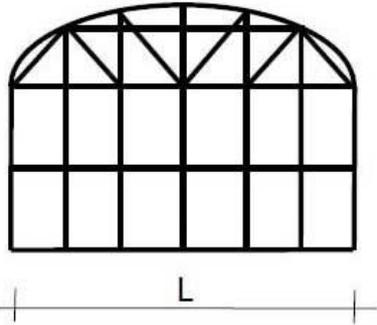
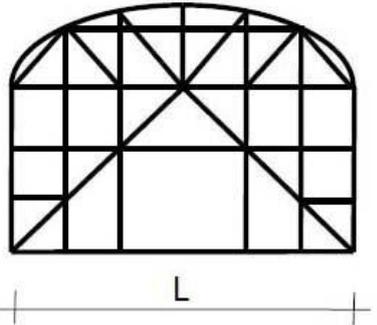
Los arcos y las bóvedas con cargas excesivas muestran inestabilidad a la base y al vértice. Esta ficha proporciona indicaciones para la realización de armaduras para descargar las estructuras.

**Advertencias**

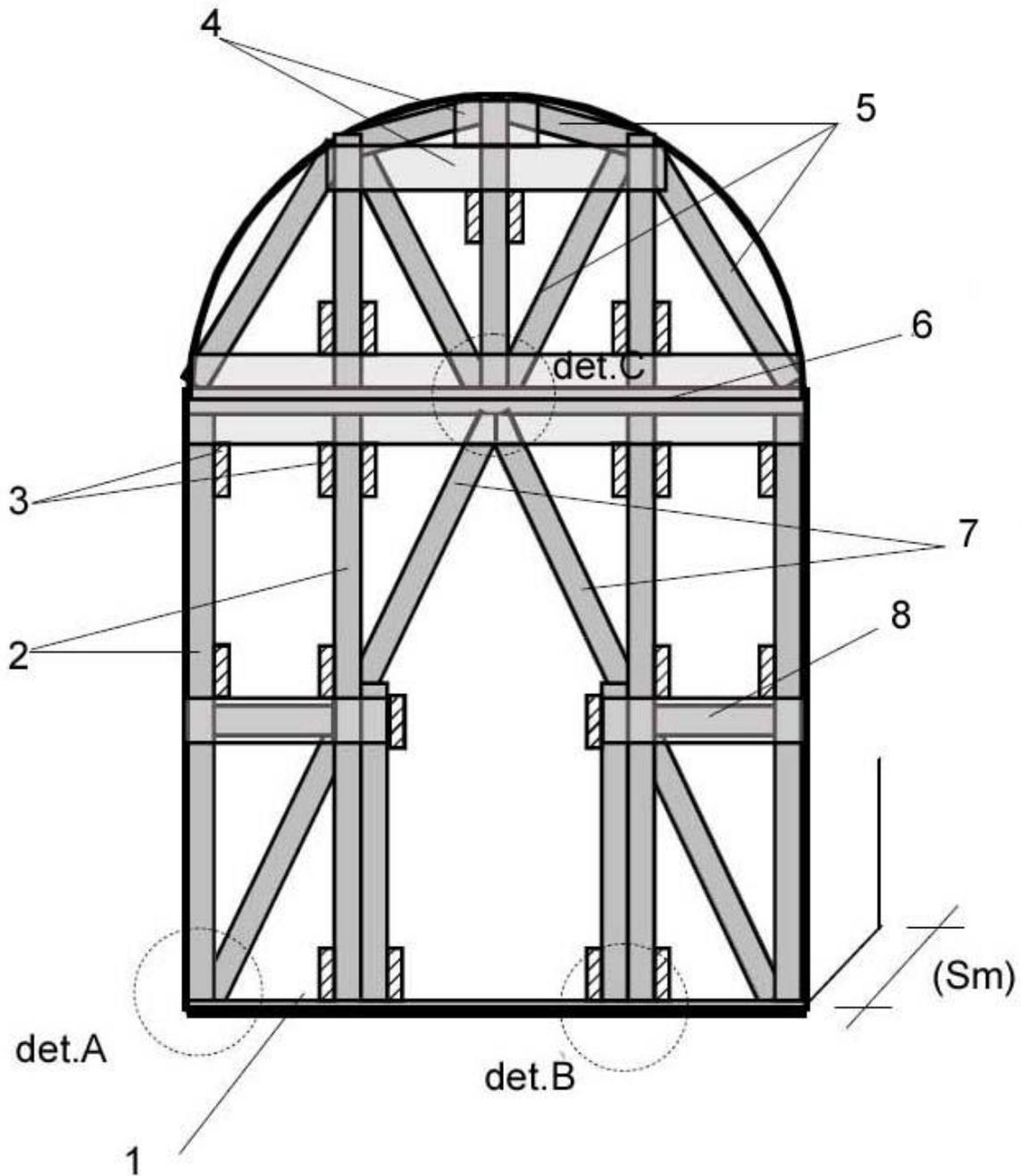
Esta ficha no proporciona indicaciones para la armadura de arcos y bóvedas en concreto armado. Es idónea para arcos y bóvedas en cañón en mampostería.

**OBJETIVO DE LA OBRA PROVISIONAL: sostener las cargas sobre el arco y transferir las mismas cargas al suelo y también reducir las presiones entre los muros**

## TIPO DE SOLUCIONES Y CRITERIOS ELEGIDOS

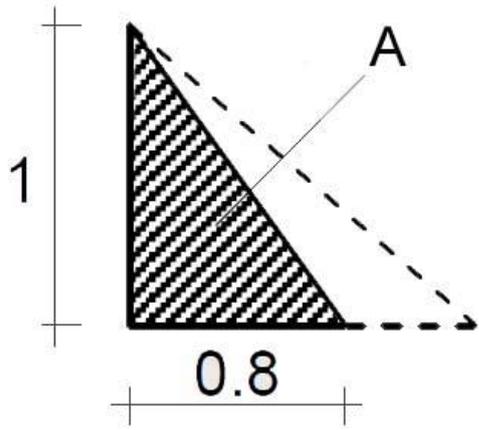
	No es necesario dejar un pasaje (pasaje cerrado)	Es necesario dejar un pasaje (pasaje abierto)
$0m < L \leq 3m$	 <p style="text-align: center;">L</p> <p style="text-align: right;"><b>1A</b></p>	 <p style="text-align: center;">L</p> <p style="text-align: right;"><b>1B</b></p>
$3m < L \leq 6m$	 <p style="text-align: center;">L</p> <p style="text-align: right;"><b>2A</b></p>	 <p style="text-align: center;">L</p> <p style="text-align: right;"><b>2B</b></p>
$6m < L \leq 8m$	 <p style="text-align: center;">L</p> <p style="text-align: right;"><b>3A</b></p>	 <p style="text-align: center;">L</p> <p style="text-align: right;"><b>3B</b></p>

**ARMAZÓN DE MADERA DE ARCOS Y BÓVEDAS**  
denominación de los elementos



1: elemento de apoyo (viga de madera o tablón)  
 2: elementos verticales (bxb)  
 3: elementos de conexión longitudinales (tablones 5x20 cm)  
 4: elementos de cobertura (tablones 5x20 cm)  
 5: elementos del armazón curvo (bxb)

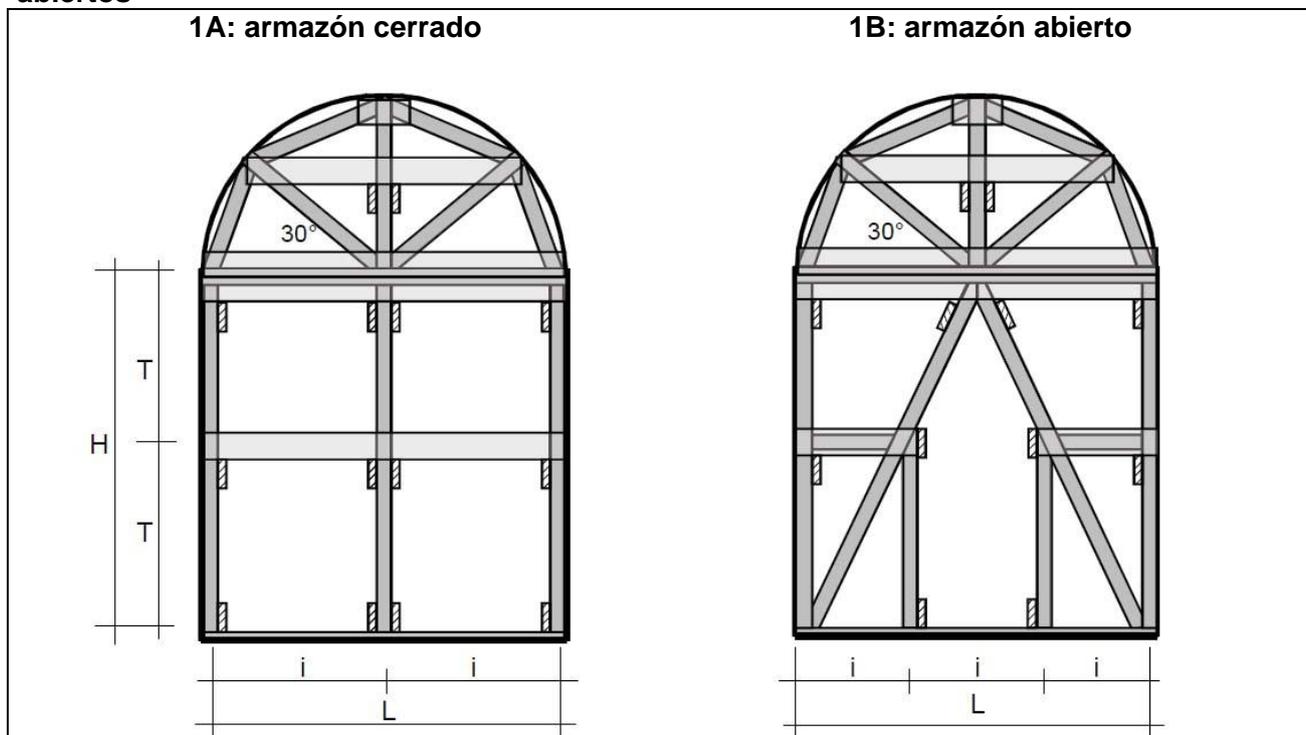
6: transversal de base (bxb), fortalecido con 2+2 tablones 5x20 cm  
 7: elementos inclinados (bxb)  
 8: transversal intermedio (bxb), fortalecido con 2+2 tablones 5x20 cm



A = área de inclinaciones permitida para los elementos inclinados

**ARMAZÓN DE MADERA DE ARCOS Y BÓVEDAS**  
armazón para longitud de 1.5 hasta 3 metros

**DIMENSIONAMIENTO ARMAZONES con 3 puntales verticales cerrados o equivalentes abiertos**



**Tabla 1 – Entre ejes máximo de los transversales para doble armazón (T) y altura máxima para armazón único (H)**

Longitud (L)	Armazón de arcos con $0.5\text{m} \leq s_m \leq 1.0\text{ m}$ Armazón doble				Armazón de arcos con $s_m \leq 0.5\text{ m}$ Armazón único	
	Sección elementos verticales e inclinados, elementos del armazón curvo, transversal de base e intermedio					
	13x13	15x15	18x18	20x20	18x18	20x20
$L \leq 1.5\text{ m}$	$T \leq 2.0\text{ m}$	$T \leq 3.0\text{ m}$	$T \leq 4.0\text{ m}$	$T \leq 4.5\text{ m}$	$H \leq 5.0\text{ m}$	$H \leq 6.0\text{ m}$
$1.5\text{ m} < L \leq 2.0\text{ m}$	$T \leq 1.5\text{ m}$	$T \leq 2.5\text{ m}$	$T \leq 3.5\text{ m}$	$T \leq 4.0\text{ m}$	$H \leq 4.5\text{ m}$	$H \leq 5.5\text{ m}$
$2.0\text{ m} < L \leq 3.0\text{ m}$	-	$T \leq 1.0\text{ m}$	$T \leq 2.0\text{ m}$	$T \leq 2.5\text{ m}$	$H \leq 3.0\text{ m}$	$H \leq 4.0\text{ m}$

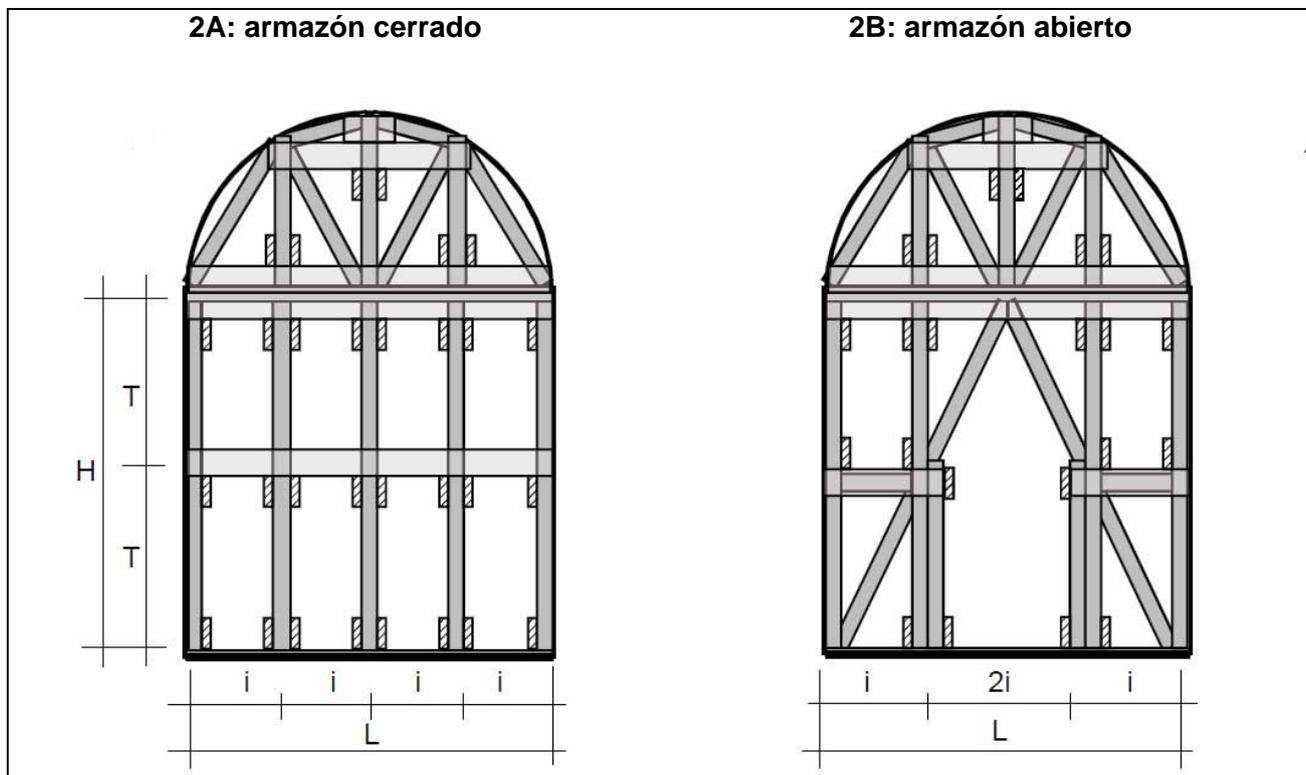
**Tabla 2 - Entre ejes máximo de los transversales para armazón de bóveda en cañón (T)**

Longitud (L)	<b>Armazón de bóveda en cañón</b> Entre ejes longitudinal máximo: 1.0 m		
	Sección elementos verticales e inclinados, elementos del armazón curvo y transversal de base		
	15x15	18x18	20x20
$L \leq 1.5\text{ m}$	$T \leq 1.5\text{ m}$	$T \leq 2.5\text{ m}$	$T \leq 3.0\text{ m}$
$1.5\text{ m} < L \leq 2.0\text{ m}$	-	$T \leq 1.5\text{ m}$	$T \leq 2.0\text{ m}$
$2.0\text{ m} < L \leq 3.0\text{ m}$	-	-	$T \leq 1.0\text{ m}$

**NOTA:** prever un tablado distribuido entre el armazón y la estructura a apuntalar

**ARMAZÓN DE MADERA DE ARCOS Y BÓVEDAS**  
armazón para longitud de 3 hasta 6 metros

**DIMENSIONAMIENTO ARMAZONES CON 5 PUNTALES VERTICALES CERRADOS O EQUIVALENTES ABIERTOS**



**Tabla 3 - Entre ejes máximo de los transversales para doble armazón (T) y altura máxima para armazón único (H)**

Longitud (L)	Armazón de arcos con $0.5\text{m} \leq s_m \leq 1.0\text{m}$ Armazón doble				Armazón de arcos con $s_m \leq 0.5\text{m}$ Armazón único	
	Sección elementos verticales e inclinados, elementos del armazón curvo, transversal de base e intermedio					
	13x13	15x15	18x18	20x20	18x18	20x20
$3.0\text{ m} < L \leq 4.5\text{ m}$	$T \leq 1.0\text{ m}$	$T \leq 2.0\text{ m}$	$T \leq 3.5\text{ m}$	$T \leq 3.5\text{ m}$	$H \leq 4.5\text{ m}$	$H \leq 5.0\text{ m}$
$4.5\text{ m} < L \leq 6.0\text{ m}$	$T \leq 1.0\text{ m}$	$T \leq 2.0\text{ m}$	$T \leq 3.0\text{ m}$	$T \leq 3.5\text{ m}$	$H \leq 4.0\text{ m}$	$H \leq 5.0\text{ m}$

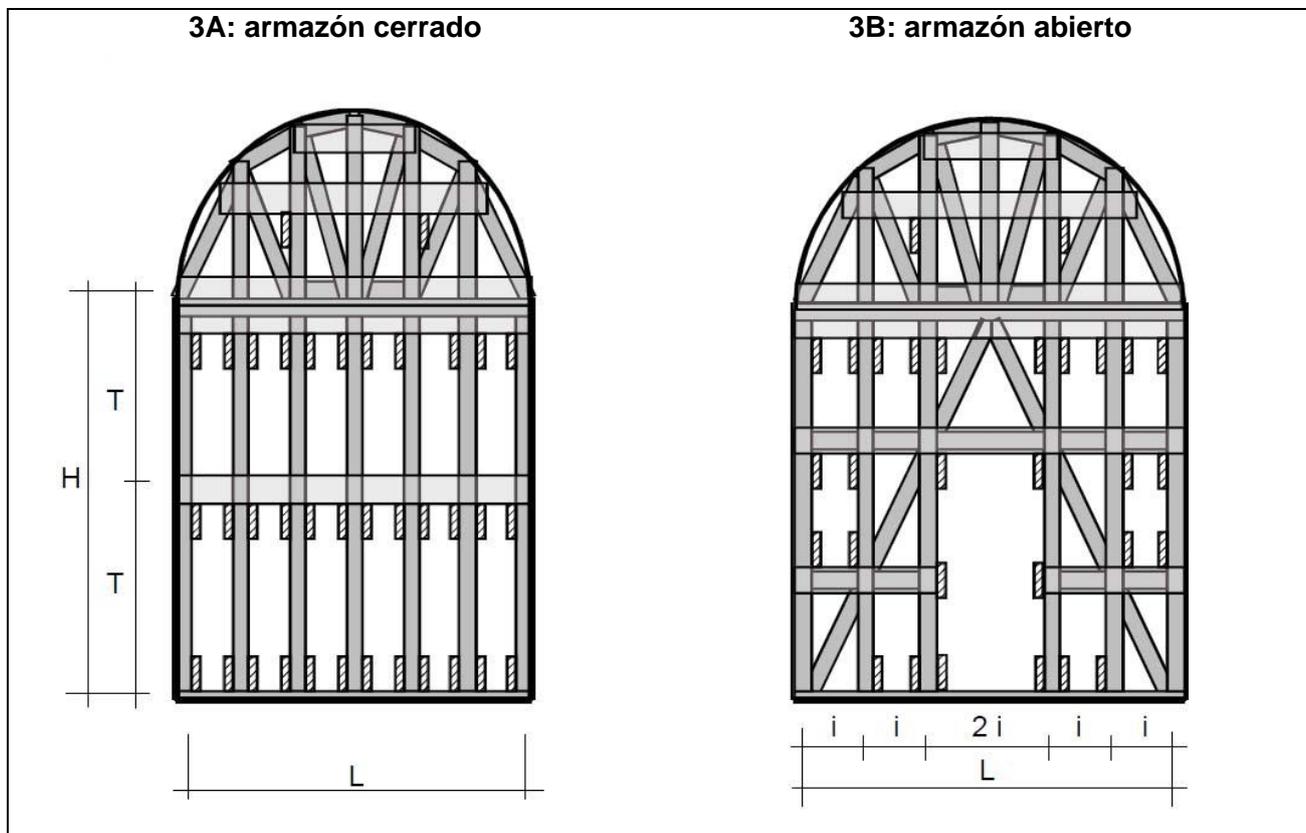
**Tabla 4 - Entre ejes máximo de los transversales para armazón de bóveda en cañón (T)**

Longitud (L)	Armazón de bóveda en cañón Entre ejes longitudinal máximo: 1.0 m	
	Sección elementos verticales e inclinados, elementos del armazón curvo y transversal de base	
	18x18	20x20
$3.0\text{ m} < L \leq 4.5\text{ m}$	$T \leq 1.5\text{ m}$	$T \leq 2.0\text{ m}$
$4.5\text{ m} < L \leq 6.0\text{ m}$	$T \leq 1.0\text{ m}$	$T \leq 2.0\text{ m}$

**NOTA:** prever un tablado distribuido entre el armazón y la estructura a apuntalar

**ARMAZÓN DE MADERA DE ARCOS Y BÓVEDAS**  
armazón para longitud de 6 hasta 8 metros

**DIMENSIONAMIENTO ARMAZONES CON 7 PUNTALES VERTICALES CERRADOS O EQUIVALENTES ABIERTOS**



**Tabla 5 - Entre ejes máximo de los transversales para doble armazón (T) y altura máxima para armazón único (H)**

Longitud (L)	Armazón de arcos con $0.5m \leq s_m \leq 1.0 m$ Armazón doble				Armazón de arcos con $s_m \leq 0.5 m$ Armazón único	
	Sección elementos vertical y inclinados, elementos del armazón curvo, transversal de base e intermedio				Sección elementos verticales e inclinados, elementos del armazón curvo y transversal de base	
$6.0 m < L \leq 8.0 m$	13x13 $T \leq 1.5 m$	15x15 $T \leq 2.0 m$	18x18 $T \leq 3.0 m$	20x20 $T \leq 4.0 m$	18x18 $H \leq 4.0 m$	20x20 $H \leq 5.5 m$

**Tabla 6 - Entre ejes máximo de los transversales para armazón de bóveda en cañón (T)**

Longitud (L)	Armazón de bóveda en cañón Entre ejes longitudinal máximo : 1.0 m	
	Sección elementos verticales e inclinados, elementos del armazón curvo, transversal de base e intermedio	
$6.0 m < L \leq 8.0 m$	18x18 $T \leq 1.5 m$	20x20 $T \leq 2.0 m$

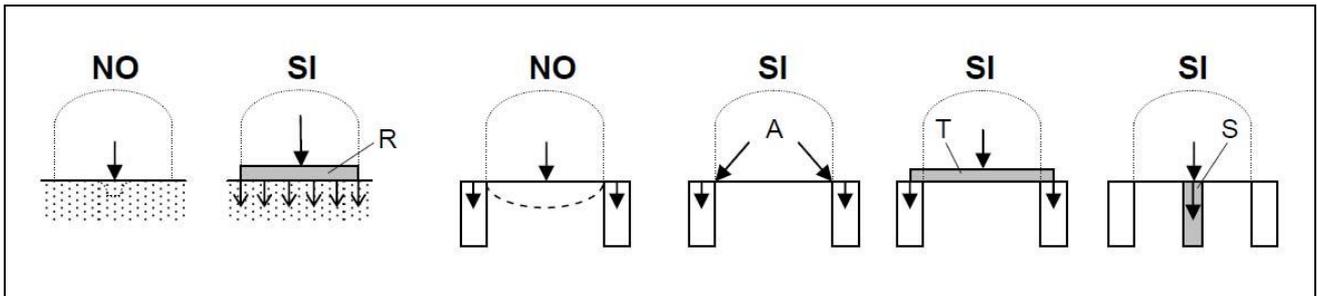
**NOTA:** prever un tablado distribuido entre el armazón y la estructura a apuntalar

## ARMAZÓN DE MADERA DE ARCOS Y BÓVEDAS Problemas

### Problemas

Un problema es que el área de apoyo del armazón puede sufrir deformaciones o hundimientos excesivos por las nuevas cargas transmitidas de la obra provisional.

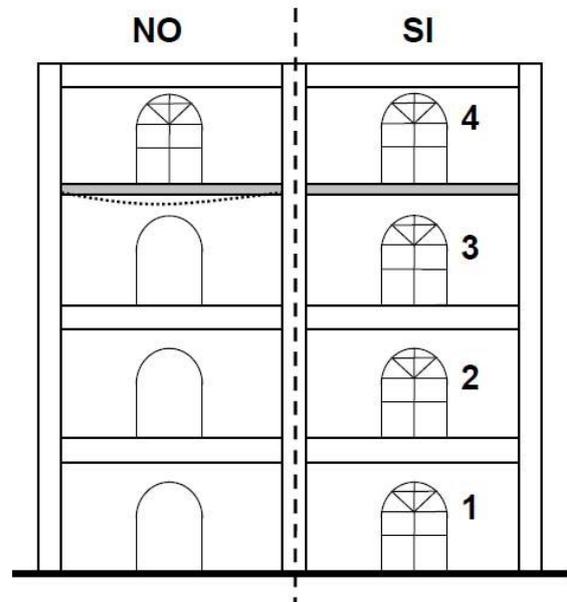
En este caso es necesario que el armazón sea apoyado sobre un elemento de repartición de carga (R) para su distribución sobre el elemento de base o para su transferencia sobre los elementos estructurales inferiores (armazón abierto sobre elemento de transferencia de carga T) o sobre una nueva línea de descarga (S).



En seguida se reportan dos ejemplos de gestión de problemas con referencia a los casos más frecuentes

### PRESENCIA DE ABERTURAS EN LOS PISOS INFERIORES

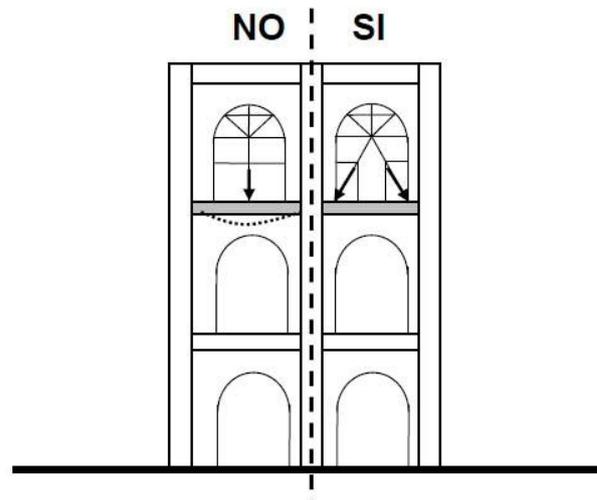
En el caso de presencia de aberturas en los pisos inferiores realizar el armazón de los arcos iniciando de abajo hacia arriba según la numeración indicada en la figura



### PRESENCIA DE ABERTURAS EN LOS PISOS INFERIORES CON POSIBILIDAD DE TRANSFERENCIA DE LAS LINEAS DE DESCARGA

En el caso de presencia de arcos inferiores no suficientemente fuertes, si es posible transferir las fuerzas cerca a las espaldas del arco, de modo de restaurar las condiciones de descarga precedentes a la inestabilidad del arco.

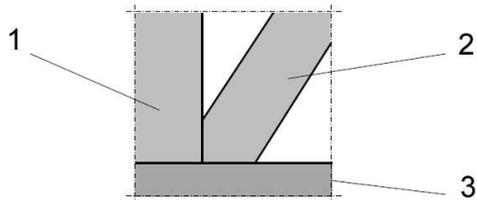
La solución con armazón abierto es siempre preferible en cuanto, a menos que no sean comprometidas también las estructuras verticales, no requiere la realización de otras obras en los pisos inferiores. La intervención resulta por lo tanto menos invasiva, más rápida y requiere menos materiales.



**ARMAZÓN DE MADERA DE ARCOS Y BÓVEDAS**  
**detalles constructivos**

**Detalle A: conexión de diagonales**

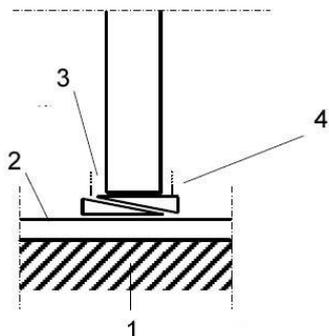
Doble bisel (a realizarse en cada conexión)



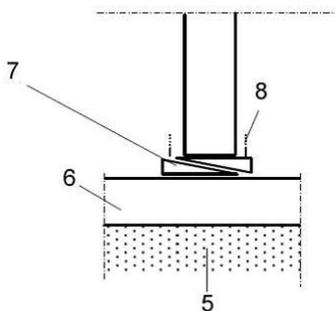
- 1: elemento vertical en madera
- 2: diagonal
- 3: elemento de apoyo

**Detalle B: nudo de la base de apoyo**

Anclaje de los elementos verticales al suelo

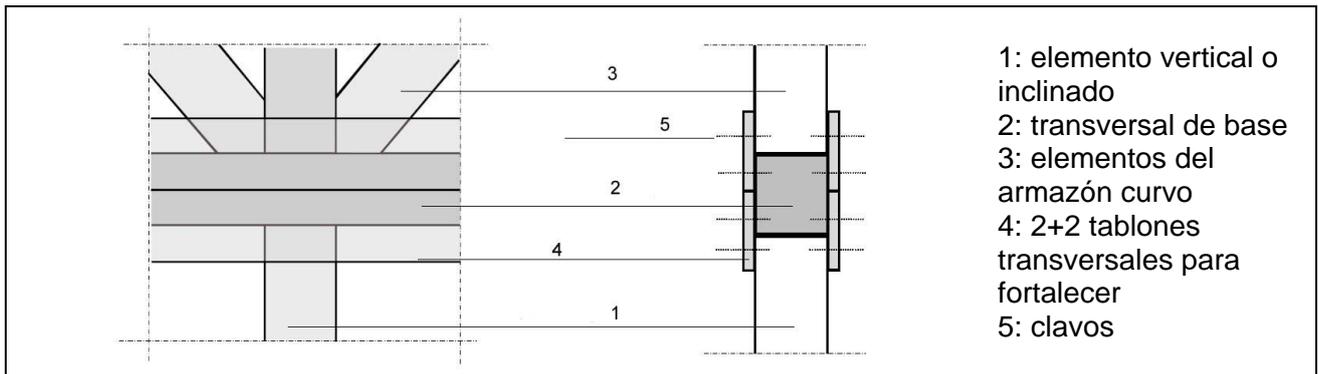


- 1: elemento de base existente para la repartición de carga sin deformaciones o hundimientos significativos
- 2: tablón 5x20 cm
- 3: doble cuñas para bloquear
- 4: 2+2 clavos l=80 mm

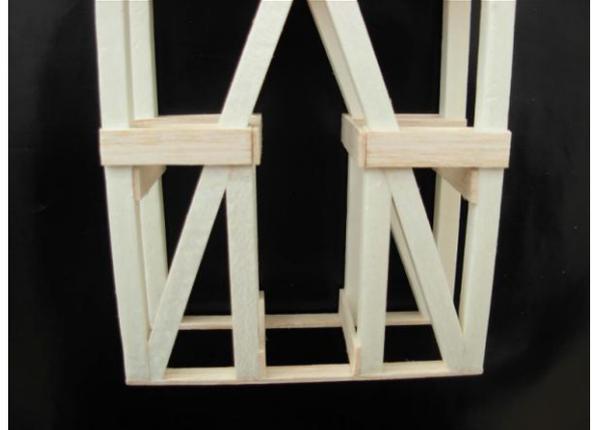
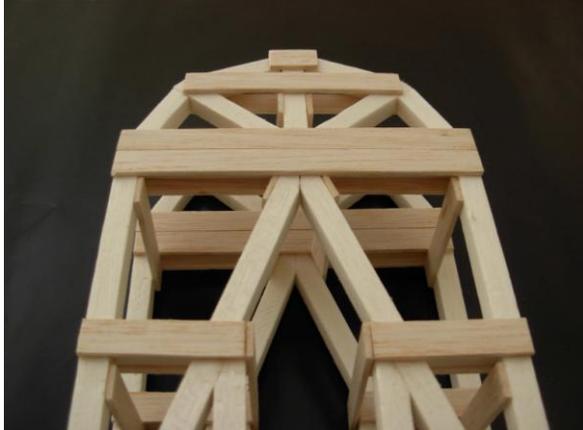


- 5: elemento de base existente para la repartición de carga con posible deformaciones o hundimientos significativos
- 6: nuevo elemento en madera para la repartición de carga con la misma sección del elemento vertical
- 7: doble cuñas para bloquear
- 8: 2+2 clavos l=80 mm

**Detalle C: conexión entre los elementos del armazón curvo y el transversal de base**  
**Refuerzo de la conexión con 2+2 tablon**



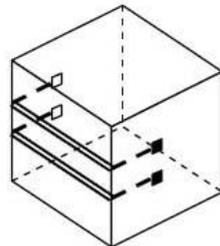
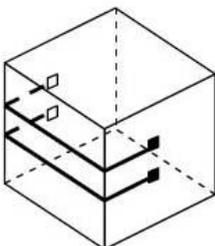
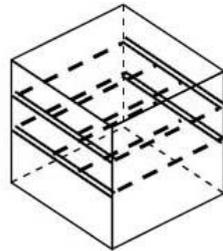
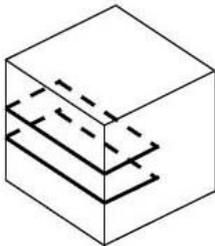
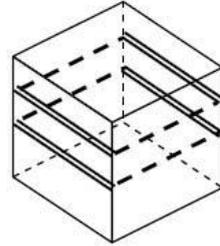
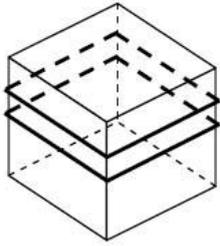
ARMAZÓN DE MADERA DE ARCOS Y BÓVEDAS  
maquetas



ARMAZÓN DE MADERA DE ARCOS Y BÓVEDAS  
maquetas



6\_ TIRANTES CON CABLES DE ACERO



## **TIRANTES CON CABLES DE ACERO** **instrucciones de la ficha**

### **Ámbito de utilizo**

Sistemas de tirantes y fajas de edificios ubicados en zona de alto riesgo sísmico.

### **Indicaciones generales**

Las obras son finalizadas a contener los movimientos de porciones de los edificios en mampostería estructural, con hasta un metro de espesor.

Se proponen diferentes soluciones para contener la inestabilidad activada. Los varios esquemas están codificados y comentados, en términos de aplicabilidad, y por cada uno de ellos son indicados los criterios de elección.

Una vez identificada la solución más idónea, por el caso en examen, hay que referirse a la ficha de la solución elegida.

Por cada esquema se indican las modalidades de ensamblaje y se definen los parámetros geométricos de referencia para el dimensionamiento.

Evalúados los parámetros geométricos con referencia al caso en examen, utilizar las respectivas tablas para el dimensionamiento de los elementos.

Para los detalles constructivos, indicados en el esquema gráfico con un círculo rasgado, referirse a las indicaciones reportadas en la ficha respectiva.

En el ensamblaje de los elementos y en las operaciones de puesta en obra seguir las indicaciones adicionales proporcionadas en las páginas finales de la ficha.

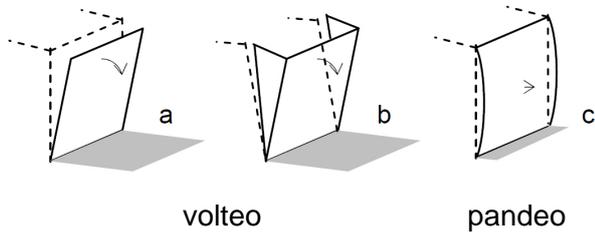
### **Nota**

Todos los valores dimensionales (cables y elementos de ensamblaje) y las soluciones de ensamblaje propuestas han sido definidos de modo de garantizar un coeficiente de seguridad del solo elemento y del sistema total como mínimo igual a 2.5.

Todos los valores dimensionales proporcionados en esta ficha deben interpretarse como el valor mínimo. En la fase de ejecución, en caso que no se tenga disponibilidad de material, pueden utilizarse las secciones más grandes o elementos de capacidad superior a la prescrita.

**TIRANTES CON CABLES DE ACERO**  
**indicaciones generales**

**Tipos de movimientos a enfrentar**



volteo

pandeo

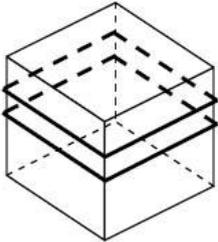
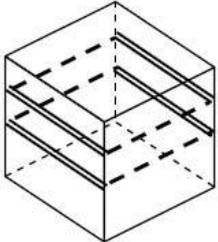
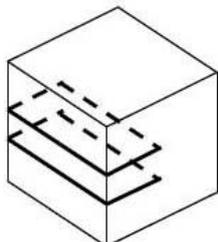
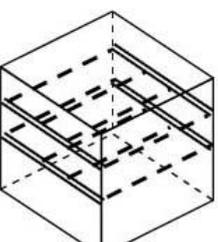
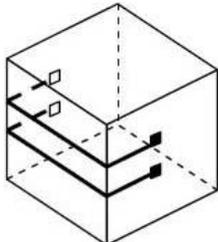
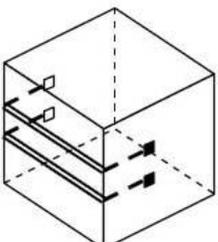
**Descripción**

Potencial volteo afuera del plano de pared en mampostería por:

- a) separación de la fachada por el deterioro de la conexión entre muros perimetrales u ortogonales
- b) separación de un macro elemento de la fachada por hendiduras sobre los muros perimetrales u ortogonales
- c) pandeo externo evidente en la fachada o en otros muros externos

**OBJETIVO DE LA OBRA PROVISIONAL: evitar la continuidad del volteo o del pandeo**

## TIPO DE SOLUCIONES Y CRITERIOS DE ELECCIÓN

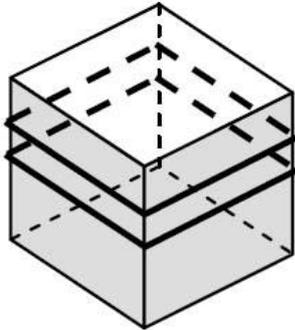
 <p><b>A: FAJADURA TOTAL EXTERIOR</b></p> <p>Posibilidad de envoltura completa Longitud de las paredes a retener no muy extensas</p>	 <p><b>D: TRANSVERSAL CON TIRANTES PASANTES LATERALES</b> Paredes paralelas contrapuestas sobre las cuales poder apoyar los transversales Presencia de muros transversales a los cuales acercar los tirantes</p>
 <p><b>B: FAJADURA PARCIAL PASANTE</b> Presencia de aberturas laterales alineadas (o posibilidad de practicar agujeros) a distancia no cercana de la pared a retener o posibilidad de practicar agujeros pasantes en zonas en concreto armado o en bloques de piedra</p>	 <p><b>E: TRANSVERSAL CON TIRANTES DIFUNDIDOS INTERNOS</b> Paredes paralelas contrapuestas sobre las cuales poder apoyar los transversales Presencia de elemento o sistema a distanciar en correspondencia de tirantes (vigas/losas, etc.)</p>
 <p><b>C: FAJADURA VINCULADA (*)</b></p> <p>Presencia de paredes laterales sobre las cuales poder vincular el cable a distancia no cercana de la pared a retener en zonas en concreto armado o en bloques de piedra</p>	 <p><b>F: TRANSVERSAL CON TIRANTES LATERALES VINCULADOS (*)</b> Presencia de paredes laterales sobre las cuales poder vincular el cable a distancia no cercana de la pared a retener en zonas en concreto armado o en bloques de piedra</p>

**Advertencia:** los tirantes se tienen que posicionar siempre cerca de (o en pareja con) elementos (muros ortogonales, losas rígidas, vigas principales) en grado de cumplir la función de espaciador así de evitar que, sometidos a tensión o por acción sísmica, sus extremos puedan acercarse.

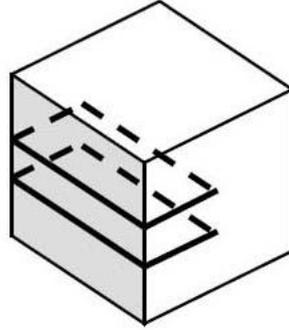
(\*) Este símbolo indica que la solución está permitida solo si el anclaje se efectúa sobre zonas en concreto armado o en bloques de piedra cuadrados.

## 6.1 FAJADURAS indicaciones generales

### A: FAJADURA TOTAL EXTERNA

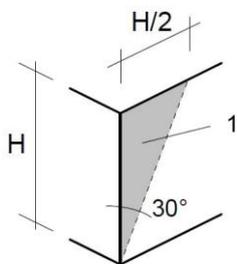


### B: FAJADURA PARCIAL

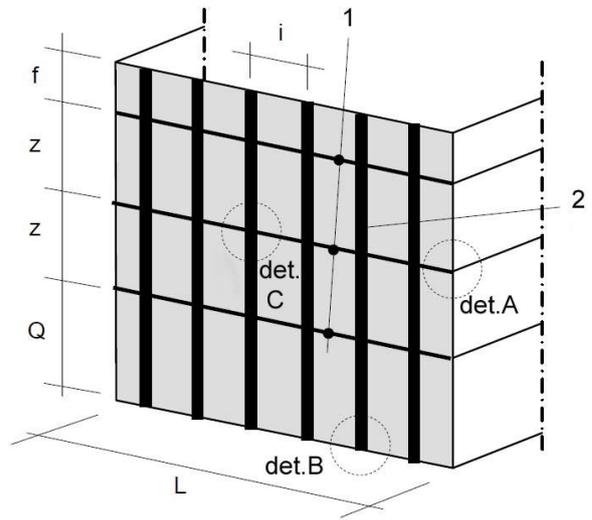
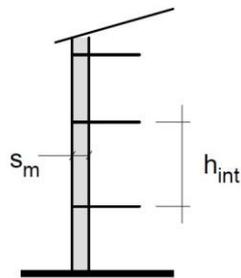


 Pared a retener  
 ZONA PRINCIPAL A RETENER  
 Volteo: mitad superior pared  
 Pandeo: zona mediana con mayor pandeo

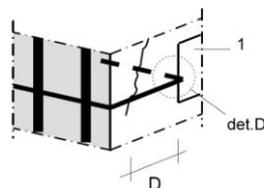
En la fachada parcial los tirantes pueden utilizar aberturas existentes o agujeros específicamente realizados (esta solución está permitida sólo sobre partes en concreto armado o en bloques de piedras)



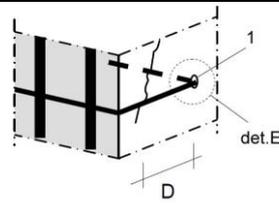
1: área de respeto



1: cables; 2: elemento vertical en madera



1: abertura



1: agujero

#### Atención

La solapa del cable debe ser, en cada caso, posicionada más allá del área de respeto arriba evidenciada

En caso de presencia de hendiduras evidentes la solapa del cable debe realizarse a una distancia mayor o igual a D computada a partir de la hendidura de desprendimiento, en correspondencia del cable y de todo modo afuera del área de respeto

#### Leyenda

L = longitud de la pared a retener  
 H = altura de la pared a retener  
 $h_{int}$  = altura máxima entre los pisos  
 $s_m$  = espesor medio mampostería a retener  
 i = entre ejes elementos verticales  
 z = paso cables  
 f = vuelo máximo de los elementos verticales sobre el cable superior  
 D = distancia mínima entre la solapa del cable y la hendidura  
 Q = cuota del cable inferior

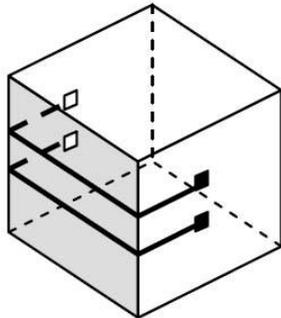
#### Definición de Q:

Poner el cable inferior a la cuota del inicio del área de respeto (inicio hendiduras pared)  
 En el caso de desprendimiento completo de la pared poner  $Q = z$

Para el dimensionamiento de los elementos ver Tablas 1 y 2

**FAJADURAS**  
**indicaciones generales**

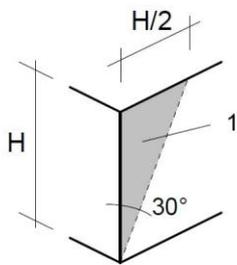
**C: FAJADURA VINCULADA**



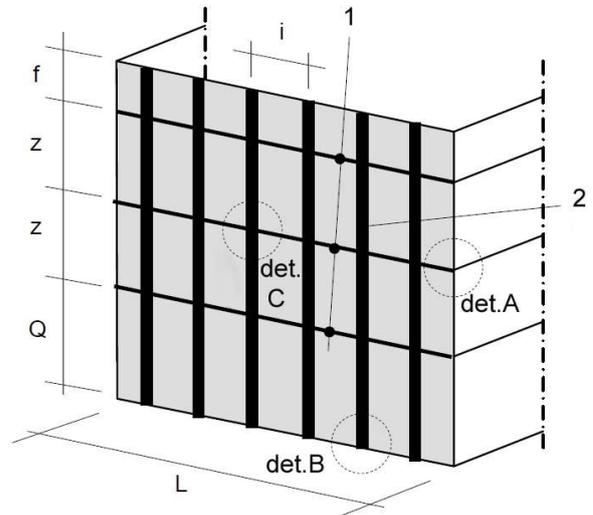
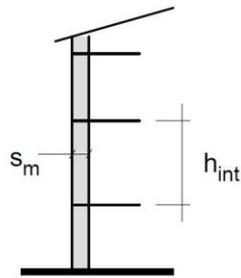
Pared a retener  
**ZONA PRINCIPAL A RETENER**

Volteo: mitad superior pared  
 Pandeo: zona mediana con mayor pandeo

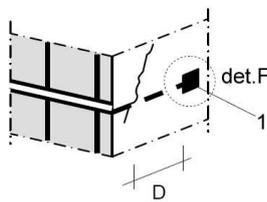
La solución se permite sólo si el anclaje puede ser posicionado en una zona en concreto armado, o en bloques de piedras cuadrados.



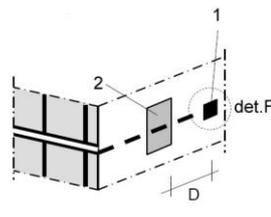
1: área de respeto



1: cables; 2: elemento vertical en madera



1: anclaje cable



1: anclaje cable; 2: abertura

**Atención**

La solapa del cable debe ser en cada caso posicionada más allá del área de respeto arriba evidenciada

En caso de presencia de hendiduras evidentes la solapa del cable debe realizarse a una distancia mayor o igual a D computada a partir de la hendidura de desprendimiento en correspondencia del cable. En caso de anclaje más allá de una abertura, D se refiere a la esquina interior de la abertura.

De todo modo el anclaje debe realizarse afuera de la área de respeto.

**Leyenda**

L = longitud de la pared a retener  
 H = altura de la pared a retener  
 $h_{int}$  = altura máxima entre los pisos  
 $s_m$  = espesor medio mampostería a retener  
 i = entre ejes elementos verticales

z = paso cables  
 f = vuelo máximo de los elementos verticales sobre el cable superior

D = distancia mínima de vínculo

Q = cuota del cable inferior

Definición de Q

Poner el cable inferior a la cuota del inicio de la área de respeto (inicio hendiduras pared)

En el caso de desprendimiento completo de la pared poner Q = z

Para el dimensionamiento de los elementos ver Tabla 1

**FAJADURAS  
dimensionamiento**

**Tabla 1: soluciones A, B y C**

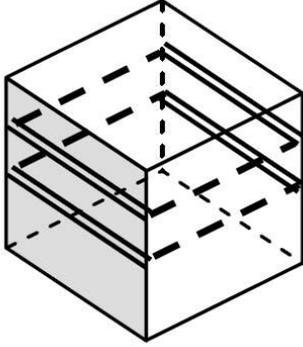
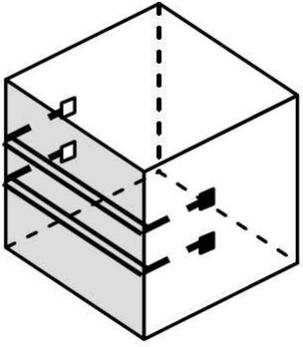
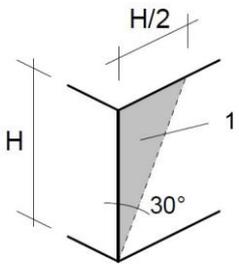
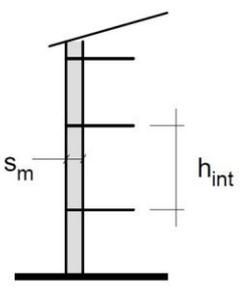
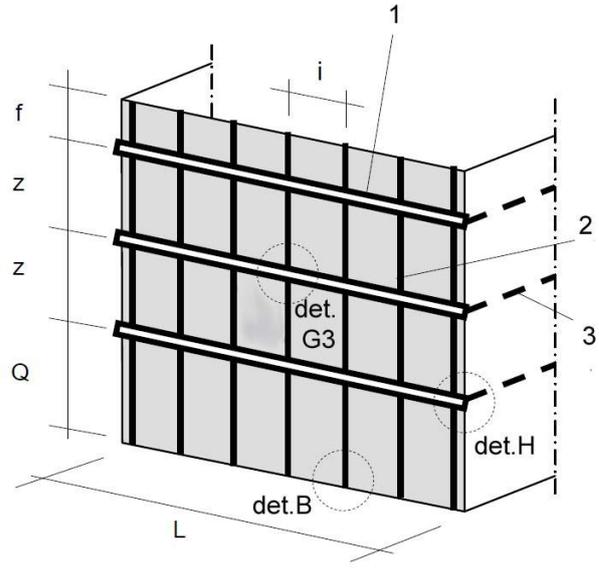
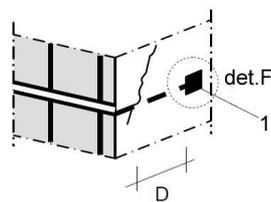
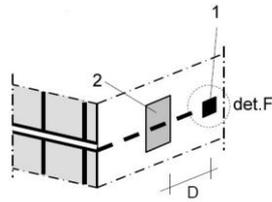
				$h_{int}$													
				hasta 3 m				3 - 4 m				4 - 5 m					
				$S_m$				$S_m$				$S_m$					
				hast a 0.4 m	0.4- 0.6 m	0.6- 0.8 m	0.8- 1 m	hast a 0.4 m	0.4- 0.6 m	0.6- 0.8 m	0.8- 1 m	hast a 0.4 m	0.4- 0.6 m	0.6- 0.8 m	0.8- 1 m		
L	hast a 5 m	z	hast a 1 m	Ø cable [mm]	12	12	14	14	12	12	14	14	12	12	14	14	
			D min [m]	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
		1-2 m	Ø cable [mm]	16	18	29	29	14	16	18	20	14	16	18	20		
			D min [m]	2.2	1.9	1.8	1.7	2.0	1.8	1.7	1.6	1.9	1.7	1.6	1.6		
		5-7 m	z	hast a 1 m	Ø cable [mm]	12	14	16	18	12	14	16	18	12	14	16	16
				D min [m]	1.6	1.4	1.3	1.2	1.4	1.3	1.2	1.1	1.3	1.2	1.1	1.1	
	1-2 m		Ø cable [mm]	18	20	22	24	18	20	22	24	16	20	22	24		
			D min [m]	3.1	2.7	2.5	2.4	2.8	2.5	2.3	2.3	2.6	2.4	2.3	2.2		
	7-10 m	z	hast a 1 m	Ø cable [mm]	16	18	20	20	14	16	18	20	14	16	18	20	
			D min [m]	2.2	1.9	1.8	1.7	2.0	1.8	1.7	1.6	1.9	1.7	1.6	1.6		
		1-2 m	Ø cable [mm]	22	24	n.c.	n.c.	20	24	n.c.	n.c.	20	22	n.c.	n.c.		
			D min [m]	4.4	3.9	n.c.	n.c.	4.0	3.6	n.c.	n.c.	3.7	3.4	n.c.	n.c.		

z	hast a 1 m	i	hast a 1 m	sec.el.vert. [cm]	10x 10	10x 10	10x 10	13x 13	10x 10	10x 10	10x 10	13x 13	10x 10	10x 10	10x 10	10x 10
			f max [m]	0.20	0.20	0.30	0.30	0.20	0.20	0.30	0.30	0.20	0.20	0.20	0.30	
		1-1.5 m	sec.el.vert. [cm]	10x 10	13x 13	13x 13	13x 13	10x 10	13x 13	13x 13	13x 13	10x 10	10x 10	13x 13	13x 13	
			f max [m]	0.30	0.20	0.20	0.40	0.20	0.30	0.30	0.40	0.20	0.30	0.30	0.40	
		1.5-2 m	sec.el.vert. [cm]	13x 13	13x 13	15x 15	15x 15	10x 10	13x 13	13x 13	15x 15	13x 13	13x 13	15x 15	15x 15	
			f max [m]	0.20	0.30	0.30	0.40	0.20	0.20	0.30	0.40	0.20	0.20	0.30	0.40	
	1-2 m	i	hast a 1 m	sec.el.vert. [cm]	13x 13	13x 13	15x 15	15x 15	13x 13	13x 13	15x 15	15x 15	13x 13	13x 13	15x 15	15x 15
			f max [m]	0.40	0.50	0.50	0.80	0.40	0.40	0.50	0.80	0.40	0.40	0.50	0.80	
		1-1.5 m	sec.el.vert. [cm]	15x 15	15x 15	18x 18	18x 18	15x 15	15x 15	18x 18	18x 18	13x 13	15x 15	18x 18	18x 18	
			f max [m]	0.40	0.50	0.50	0.80	0.40	0.50	0.50	0.80	0.40	0.50	0.50	0.80	
		1.5-2 m	sec.el.vert. [cm]	15x 15	18x 18	20x 20	2 15x 15	15x 15	18x 18	20x 20	2 15x 15	15x 15	18x 18	18x 18	20x 20	
			f max [m]	0.60	0.90	0.80	0.80	0.60	0.50	0.80	0.80	0.60	0.50	0.80	0.80	

**n.c.:** solución no contemplada (recurrir a otra solución)

**Nota:** los cables han sido dimensionados considerando un coeficiente de seguridad respecto a la carga de rotura igual a 2.5

## 6.2 TRANSVERSALES CON TIRANTES indicaciones generales

<p><b>D: TRANSVERSAL CON TIRANTES LATERALES PASANTE</b></p> 	<p><b>F: TRANSVERSAL CON TIRANTES LATERALES VINCULADOS</b></p> 	<p style="text-align: center;">  Pared a retener  <b>ZONA PRINCIPAL DE RETENER</b>                   Volteo: mitad superior pared                  Pandeo: zona mediana con mayor pandeo                   La solución está consentida solo si el anclaje puede ser posicionado en una zona en concreto armado, o en bloques de piedras cuadrados.             </p>
 <p>1: área de respeto</p>		
 <p>1: anclaje tirante</p>	 <p>1: anclaje tirante; 2: abertura</p>	<p>1: transversal de acero; 2: elemento vertical de madera; 3: tirante vinculado o pasante</p>
<p><b>Atención</b> El anclaje del tirante debe ser en cada caso posicionado más allá del área de respeto arriba evidenciada</p> <p>En caso de presencia de hendiduras evidentes el anclaje del cable debe realizarse a una distancia mayor o igual a D computada a partir de la hendidura de desprendimiento en correspondencia del cable. En caso de anclaje más allá de una abertura, D se refiere a la esquina interior de la abertura. De todo modo el anclaje debe realizarse afuera de la área de respeto.</p>	<p><b>Leyenda</b>                  L = longitud de la pared de retener                  H = altura de la pared de retener  <math>h_{int}</math> = altura máxima entre los pisos  <math>s_m</math> = espesor medio mampostería de retener                  i = entre ejes elementos verticales                  z = paso transversales                  f = vuelo máximo de los elementos verticales sobre el transversal superior                  D = distancia mínima de anclaje                  Q = cuota del transversal inferior</p> <p>Definición de Q:                  Poner el transversal y el tirante inferior a la cuota del inicio del área de respeto (inicio hendiduras pared)                  En el caso de desprendimiento completo de la pared poner <math>Q = z</math></p>	

Para el dimensionamiento de los elementos ver Tabla 2

**TRANSVERSALES CON TIRANTES**  
**dimensionamiento**

**Tabla 2: soluciones D y F (L máx. 7 m)**

		$h_{int}$												
		hasta 3 m				3 - 4 m				4 - 5 m				
		$S_m$				$S_m$				$S_m$				
		hast a 0.4 m	0.4- 0.6 m	0.6- 0.8 m	0.8- 1 m	hast a 0.4 m	0.4- 0.6 m	0.6- 0.8 m	0.8- 1 m	hast a 0.4 m	0.4- 0.6 m	0.6- 0.8 m	0.8- 1 m	
L	hasta 5 m	Ø cable [mm]	14	16	16	18	18	20	24	n.c.	20	24	n.c.	n.c.
		transversal	HE A 140	HE A 160	HE A 160	HE A 180	HE A 200	HE A 200	HE A 220	n.c.	HE A 200	HE A 220	n.c.	n.c.
		D min [m]	1.3	1.1	1.0	1.0	2.5	2.2	2.0	n.c.	3.1	2.7	n.c.	n.c.
	5-7 m	Ø cable [mm]	16	18	29	22	22	24	n.c.	n.c.	24	n.c.	n.c.	n.c.
		transversal	HE A 200	HE A 200	HE A 220	HE A 240	HE A 240	HE A 260	n.c.	n.c.	HE A 260	n.c.	n.c.	n.c.
		D min [m]	1.8	1.5	1.4	1.4	3.6	3.1	n.c.	n.c.	4.3	n.c.	n.c.	n.c.

i	hasta 1 m	sec.el.vert. [cm]	10x 10	13x 13	13x 13	13x 13	15x 15	18x 18	18x 18	n.c.	18x 18	20x 20	n.c.	n.c.
		f máx. [m]	0.40	0.40	0.40	0.30	0.60	0.90	0.80	n.c.	0.90	1.10	n.c.	n.c.
	1-1.5 m	sec.el.vert. [cm]	13x 13	13x 13	15x 15	18x 18	18x 18	20x 20	20x 20	n.c.	20x 20	2 18x 18	n.c.	n.c.
		f máx. [m]	0.20	0.20	0.40	0.40	0.60	0.80	0.80	n.c.	0.90	1.10	n.c.	n.c.
	1.5-2 m	sec.el.vert. [cm]	13x 13	15x 15	18x 18	18x 18	20x 20	18x 18	18x 18	n.c.	18x 18	2 20x 20	n.c.	n.c.
		f máx. [m]	0.20	0.30	0.30	0.40	0.70	0.60	0.80	n.c.	0.90	1.10	n.c.	n.c.

**n.c.:** solución no contemplada (recorrir a otra solución)

**Nota:** los cables han sido dimensionados considerando un coeficiente de seguridad respecto a la carga de rotura igual a 2.5

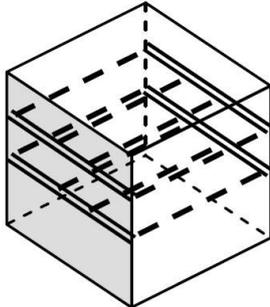
**Advertencia:**

Por  $L > 7m$  la solución es aplicable solo si es posible efectuar un anclaje con entre ejes  $<7m$  sobre un muro ortogonal intermedio.

En tal caso utilizar las tablas considerando como L la distancia entre los dos tirantes de anclaje

**TRANSVERSALES CON TIRANTES**  
**indicaciones generales**

**E:** TRANSVERSAL CON TIRANTES  
PASANTES\_DIFUNDIDOS INTERIORES



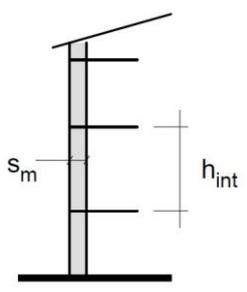
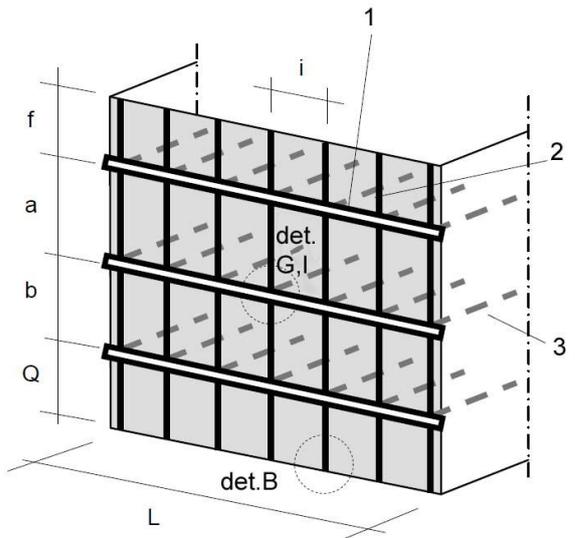
 Pared a retener

ZONA PRINCIPAL A RETENER

Volteo: mitad superior pared

Pandeo: zona mediana con mayor pandeo

**Advertencia:** los tirantes deben ser posicionados sobre el lado interior o superior de las losas. En el caso de losas de madera los tirantes deben ser posicionados en correspondencia de las vigas principales.  
En el caso que la vigería sea en sentido ortogonal a los tirantes verificar que la losa pueda ejercer una función de elemento espaciador. En caso negativo introducir elementos espaciadores a lado de los tirantes.

 <p style="text-align: center;"><math>z = \max(a,b) = h_{int}</math></p>	 <p>1: transversal de madera o de acero; 2: elemento vertical de madera; 3: tirante pasante a lado de la losa</p>
<p><b>Leyenda</b></p> <p>L = longitud de la pared a retener  H = altura de la pared a retener  <math>h_{int}</math> = altura máxima entre los pisos  <math>s_m</math> = espesor medio mampostería de retener  i = entre ejes elementos verticales  z = paso de referencia para el dimensionamiento (como la altura máxima entre los pisos)  f = vuelo máximo de los elementos verticales sobre el transversal superior  Q = cuota del transversal inferior</p>	<p>Definición de Q:  Poner el transversal inferior a la cuota de la primera losa entre la zona interesada de la inestabilidad.  En el caso de desprendimiento completo poner el transversal inferior a la cuota de la losa del primer piso afuera del suelo</p>

Para el dimensionamiento de los elementos ver Tabla 2

**TRANSVERSALES CON TIRANTES**  
**dimensionamiento**

**Tabla 3: solución E**

		$h_{int}$												
		hasta 3 m				3 - 4 m				4 - 5 m				
		$S_m$				$S_m$				$S_m$				
		hast a 0.4 m	0.4- 0.6 m	0.6- 0.8 m	0.8- 1 m	hast a 0.4 m	0.4- 0.6 m	0.6- 0.8 m	0.8- 1 m	hast a 0.4 m	0.4- 0.6 m	0.6- 0.8 m	0.8- 1 m	
i	hasta 1 m	Ø cable [mm]	12	14	16	16	14	16	16	18	14	16	18	20
		transversal de madera	15x 15	18x 18	20x 20	20x 20	18x 18	20x 20	2 15x 15	2 18x 18	18x 18	20x 20	2 18x 18	2 18x 18
		transversal de acero	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100
		sec.el.vert. [cm]	13x 13	15x 15	18x 18	18x 18	15x 15	18x 18	20x 20	2 18x 18	18x 18	20x 20	2 18x 18	2 20x 20
		f máx. [m]	0.6	0.5	0.8	0.7	0.9	1.1	1.0	1.3	1.2	1.5	1.5	1.5
	1-1.5 m	Ø cable [mm]	14	16	18	20	16	18	29	22	18	29	n.c.	n.c.
		transversal de madera	18x 18	2 15x 15	2 18x 18	2 18x 18	20x 20	2 18x 18	2 18x 18	2 20x 20	20x 20	2 20x 20	n.c.	n.c.
		transversal de acero	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 100	n.c.	n.c.
		sec.el.vert. [cm]	15x 15	18x 18	18x 18	20x 20	18x 18	20x 20	2 18x 18	2 20x 20	20x 20	2 20x 20	n.c.	n.c.
		f max [m]	0.4	0.6	0.7	0.9	0.8	1.1	1.3	1.2	1.2	1.4	n.c.	n.c.
	1.5-2 m	Ø cable [mm]	16	18	20	22	18	20	24	n.c.	20	n.c.	n.c.	n.c.
		transversal de madera	2 18x 18	2 18x 18	2 20x 20	2 20x 20	2 18x 18	2 20x 20	n.c.	n.c.	2 18x 18	n.c.	n.c.	n.c.
		transversal de acero	HE A 100	HE A 100	HE A 100	HE A 120	HE A 100	HE A 100	HE A 120	n.c.	HE A 100	n.c.	n.c.	n.c.
		sec.el.vert. [cm]	18x 18	18x 18	20x 20	2 18x 18	20x 20	2 18x 18	2 20x 20	n.c.	2 18x 18	n.c.	n.c.	n.c.
		f max [m]	0.5	0.6	0.8	0.7	0.7	1.1	1.0	n.c.	1.2	n.c.	n.c.	n.c.

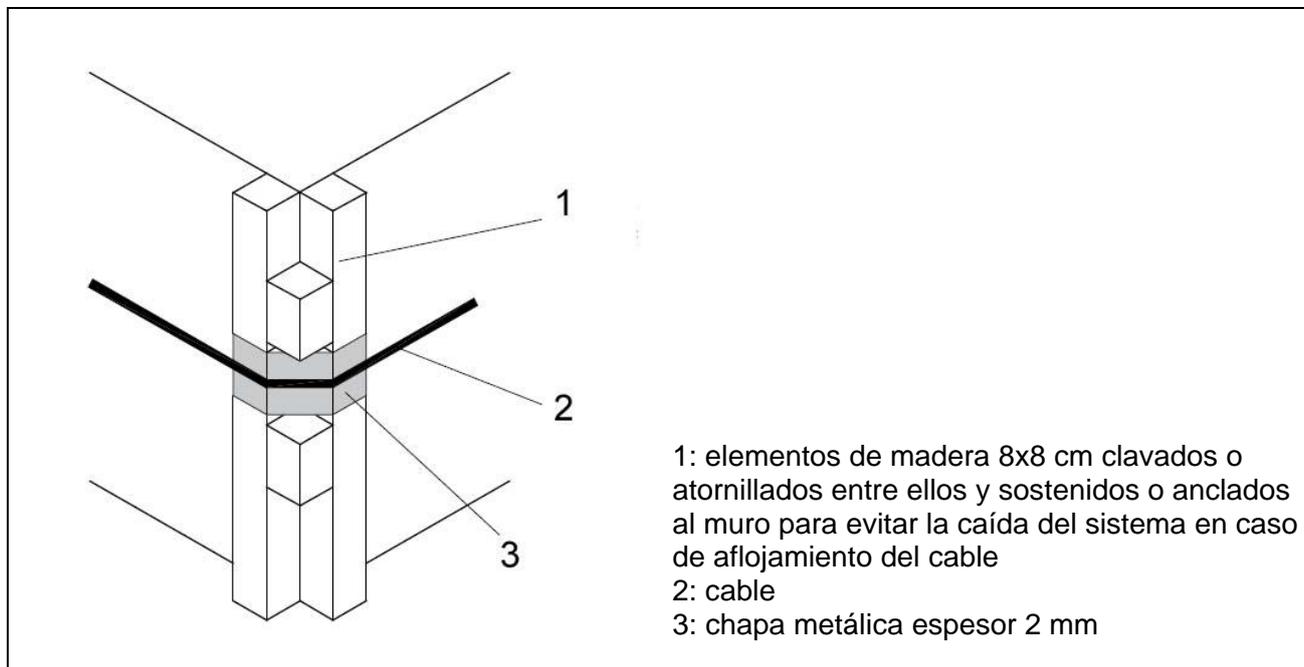
**n.c.:** solución no contemplada (recorrir a otra solución)

**Nota:** los cables han sido dimensionados considerando un coeficiente de seguridad respecto a la carga de rotura igual a 2.5

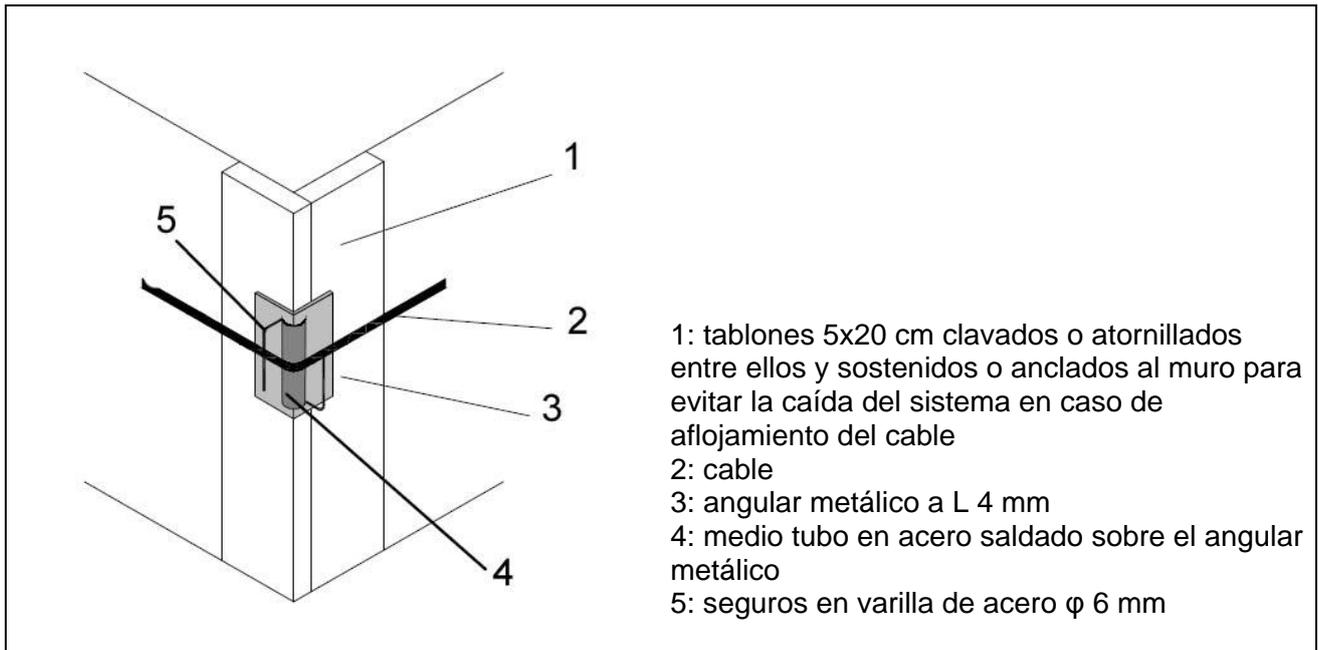
## TIRANTES CON CABLES DE ACERO detalles constructivos

### Detalle A: desviación cable en esquina en mampostería

Solución A1: elemento angular para esquina en mampostería con elementos de madera y chapa



Solución A2: elemento angular esquinero en mampostería con tablonces y placa redondeada

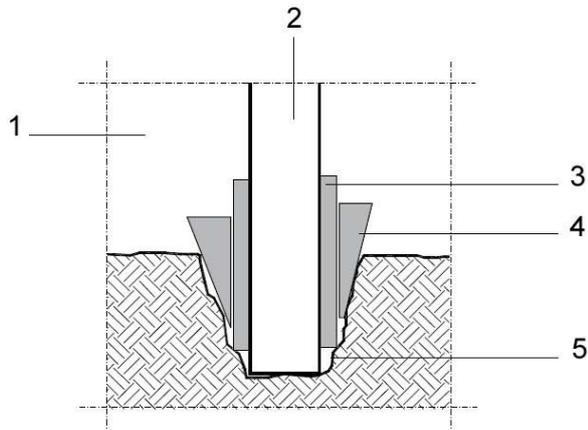


**Nota:** las soluciones A1 y A2 son alternativas

**TIRANTES CON CABLES DE ACERO**  
**detalles constructivos**

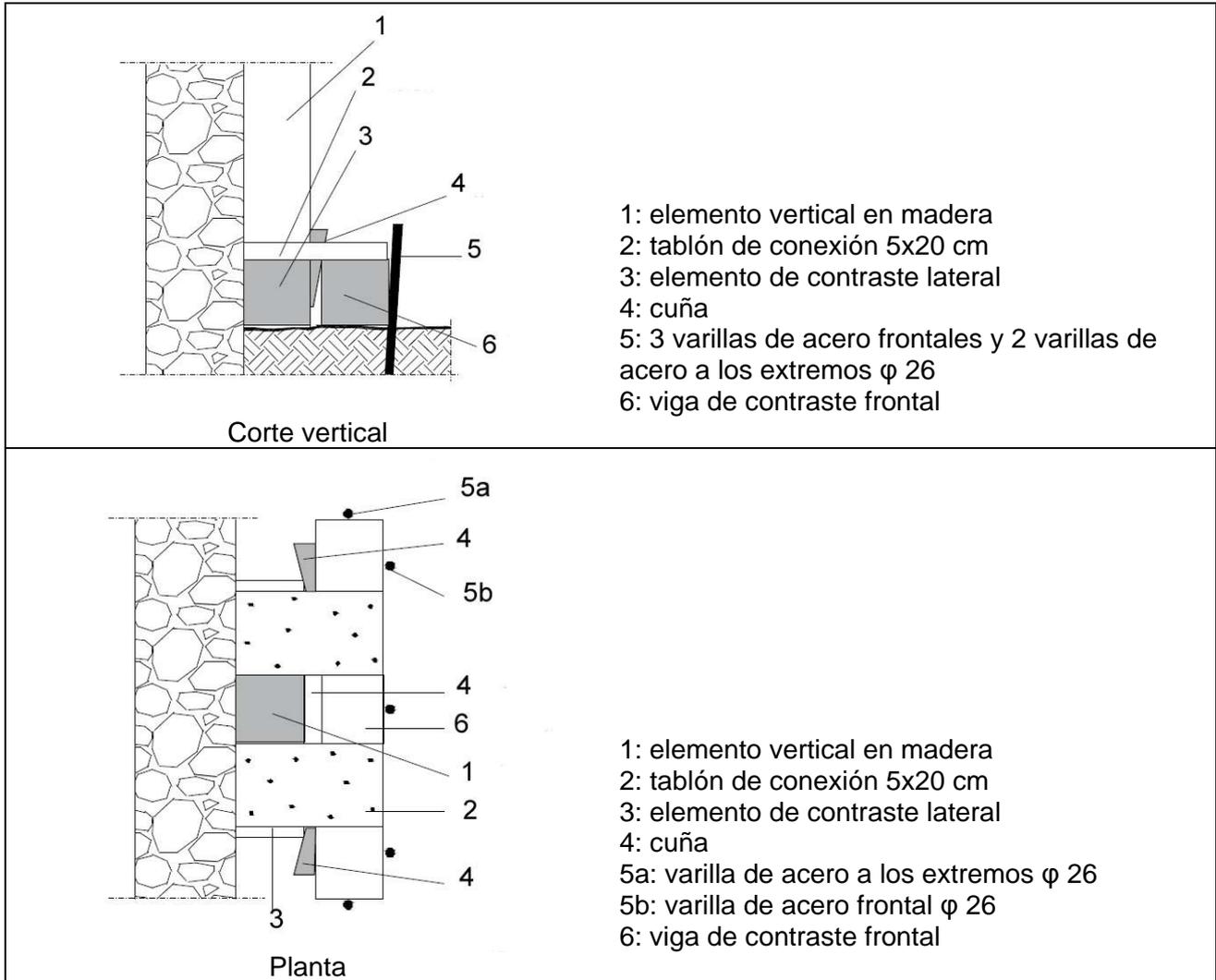
**Detalle B: basamento del elemento vertical**

**Solución B1: anclaje a la base con excavación en el suelo**



- 1: muro
- 2: elemento vertical en madera
- 3: tablón
- 4: cuña
- 5: excavación

## Solución B2: anclaje a la base con contraste afuera del suelo

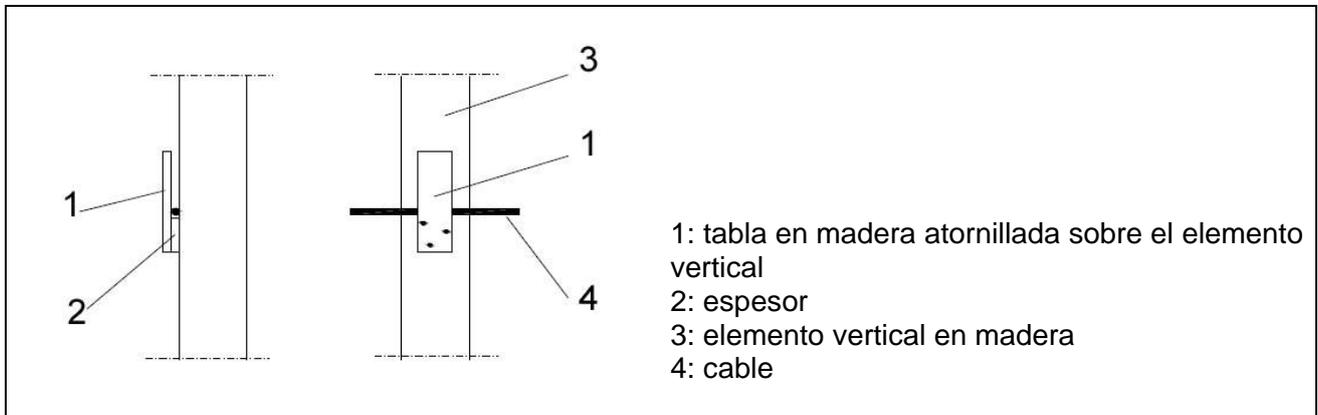


**Nota:** los elementos de contraste laterales y la viga de contraste frontal son de dimensiones iguales a la de los elementos verticales

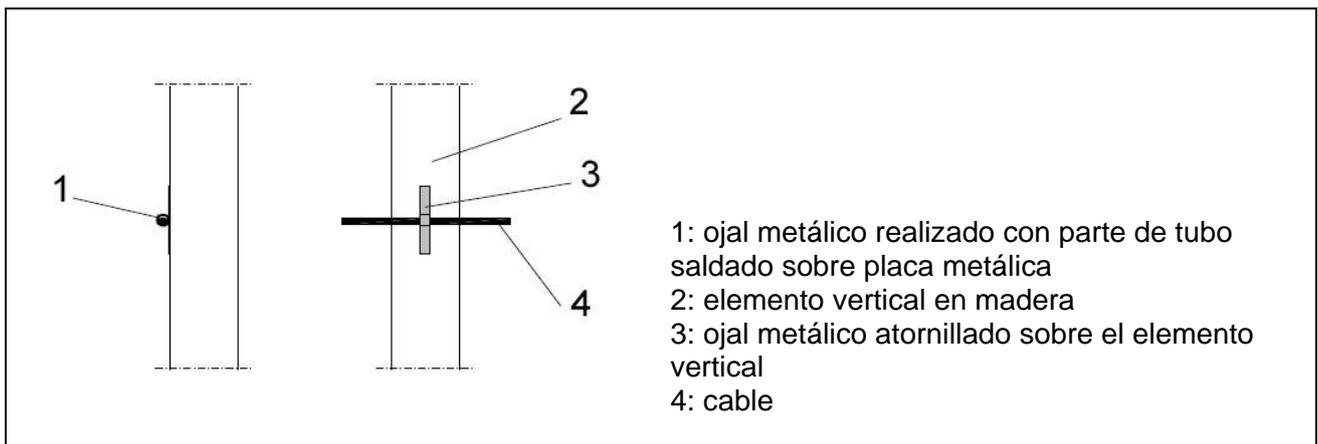
## TIRANTES CON CABLES DE ACERO detalles constructivos

### Detalle C: cruce cable – elemento vertical

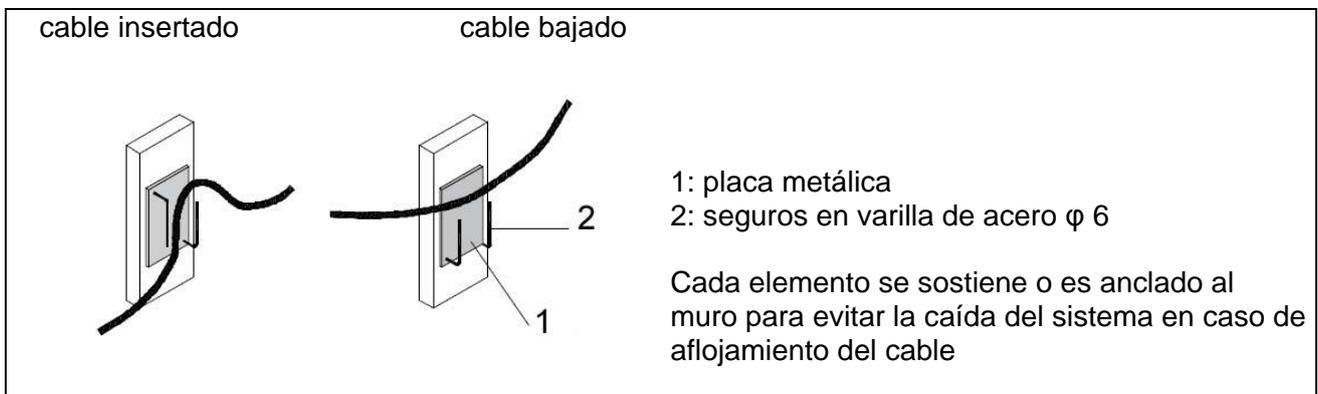
#### Solución C1: soporte con asiento en madera



#### Solución C2: soporte con ojal metálico



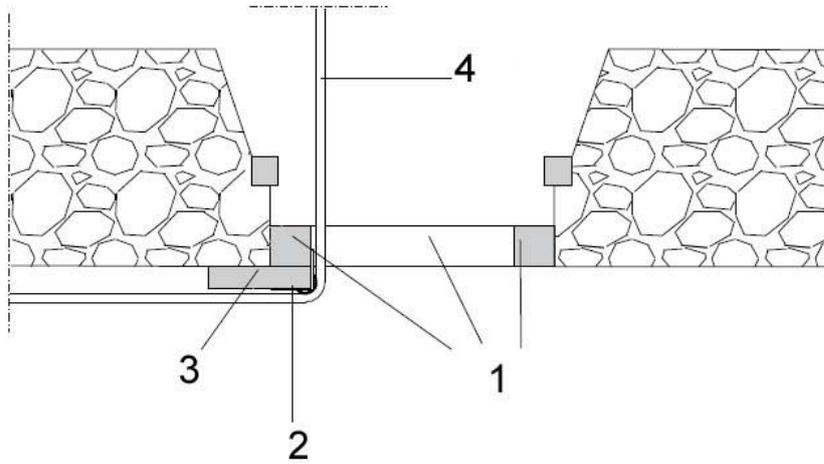
#### Solución C3: soporte con placa metálica y seguros



**Nota:** las soluciones C1, C2 y C3 son equivalentes y alternativas

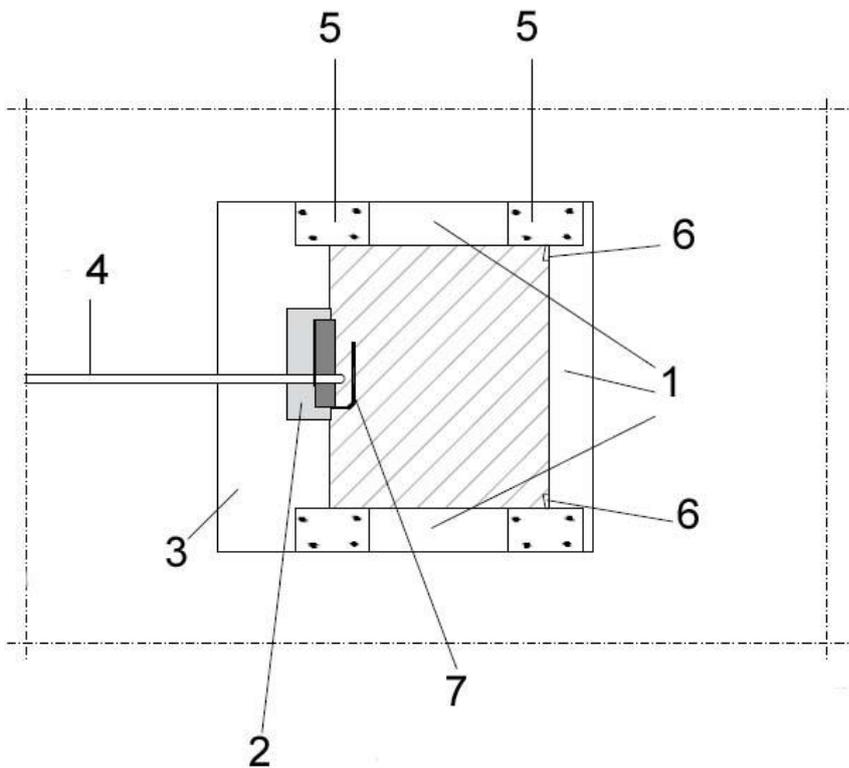
**TIRANTES CON CABLES DE ACERO**  
**detalles constructivos**

**Detalle D: desviación angular del cable en correspondencia de una abertura**



- 1: elemento en madera 10x10
- 2: placa metálica de desviación con medio tubo en acero soldado para aumentar el radio de curvatura
- 3: tablón 5x20 cm
- 4: cable

Corte horizontal



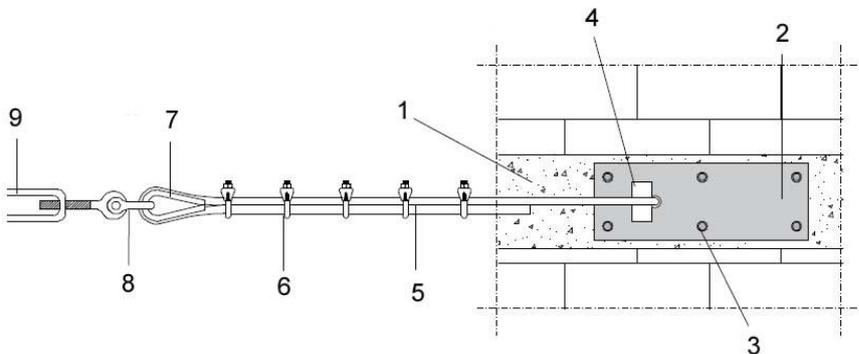
- 1: elemento en madera 10x10
- 2: placa metálica de desviación con medio tubo en acero soldado para aumentar el radio de curvatura
- 3: tablón 5x20 cm
- 4: cable
- 5: elemento de conexión con tablas  $s = 2.5$  cm
- 6: cuña
- 7: seguro

Vista frontal

## TIRANTES CON CABLES DE ACERO detalles constructivos

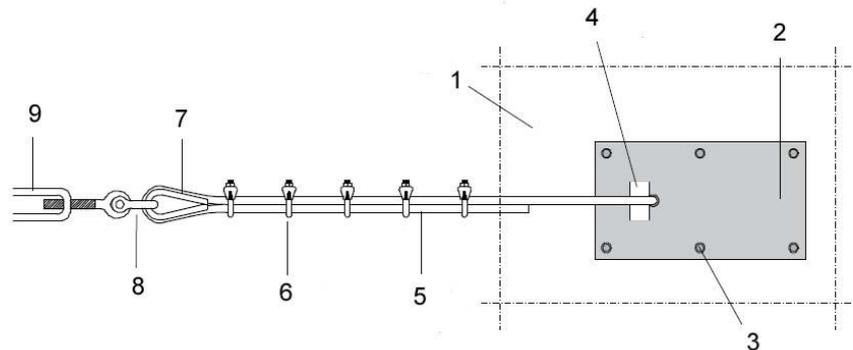
### Detalle E: desviación cable a través de agujero en la mampostería

Anclaje sobre elemento en concreto armado - Vista frontal



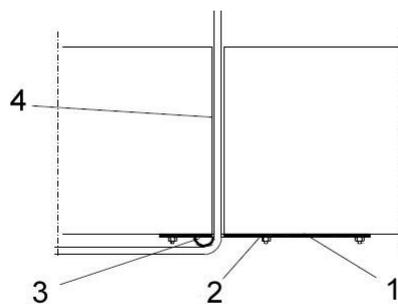
- 1: elemento en concreto armado
- 2: placa (Tab. 4)
- 3: tarugos (Tab. 4)
- 4: medio tubo en acero soldado sobre la placa
- 5: cable (máx.  $\varnothing$  20)
- 6: grapas
- 7: anillo a gota
- 8: grillete
- 9: templador

Anclaje sobre bloques de piedras - Vista frontal



- 1: mampostería en bloques de piedras
- 2: placa (Tab. 4)
- 3: tarugos (Tab. 4)
- 4: medio tubo en acero soldado sobre la placa
- 5: cable (máx.  $\varnothing$  20)
- 6: grapas
- 7: anillo a gota
- 8: grillete
- 9: templador

Corte horizontal



- 1: placa (Tab. 4)
- 2: tarugos (Tab. 4) en agujeros con diámetro agujero 2-3 mm mayor del diámetro del tarugo
- 3: medio tubo en acero soldado sobre la placa
- 4: cable pasante en agujeros con diámetro agujero 2-3 mm mayor del diámetro del cable

**Atención:** la solución se permite solo si el anclaje puede ser puesto en una zona en concreto armado, o en bloques de piedra cuadrados.

**Advertencia:** en el caso de anclaje sobre bloques de piedras buscar de insertar los tarugos de modo tal de involucrar más bloques

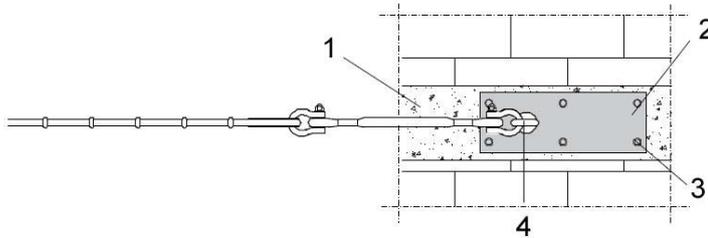
**Nota:** para los particulares del ensamblaje del cable ver los detalles relativos

**TIRANTES CON CABLES DE ACERO**  
**detalles constructivos**

**Detalle F: anclaje cable**

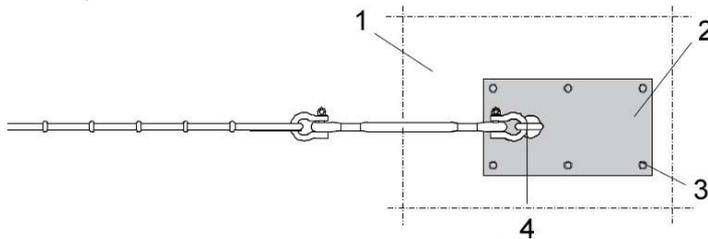
**Solución F1: anclaje a doble placa con barra pasante**

Anclaje sobre elemento en concreto armado - Vista frontal



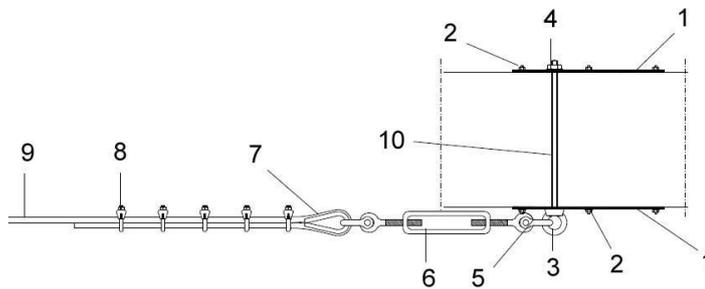
- 1: elemento en concreto armado
- 2: placa (Tab .4)
- 3: tarugos (Tab .4)
- 4: anillo de levantamiento (Tab. 5)

Anclaje sobre bloques de piedras - Vista frontal



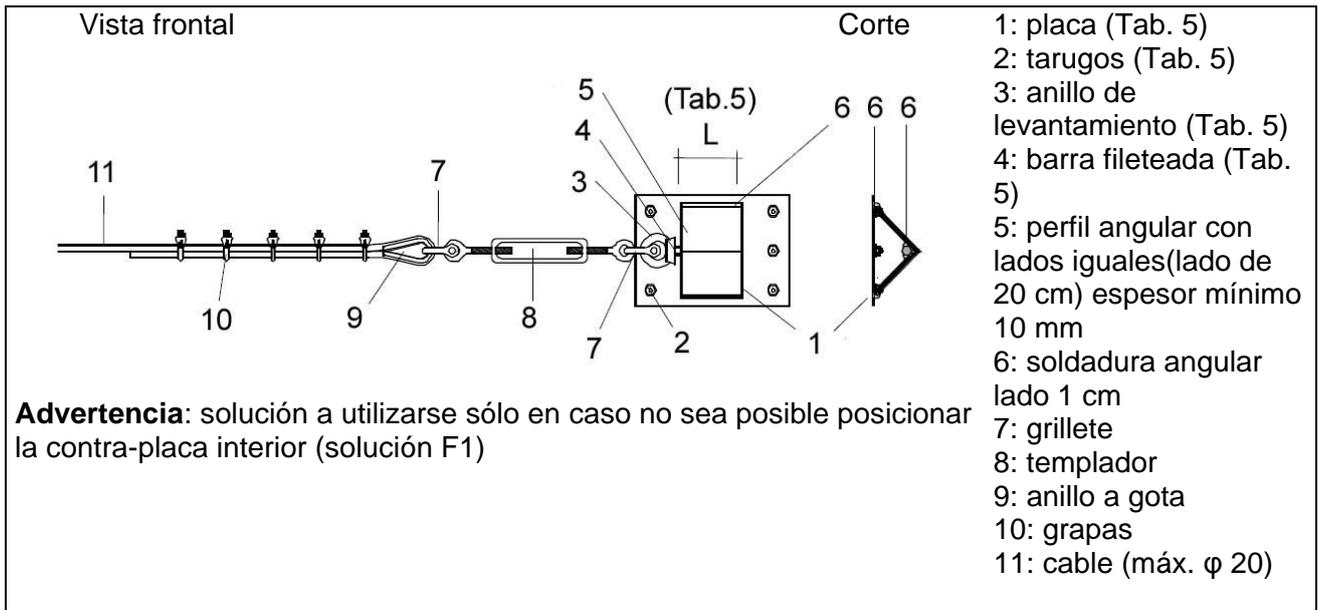
- 1: mampostería en bloques de piedra cuadrados
- 2: placa (Tab .4)
- 3: tarugos (Tab .4)
- 4: anillo de levantamiento (Tab. 5)

Corte horizontal



- 1: placa (Tab. 4)
- 2: tarugos (Tab. 4)
- 3: anillo de levantamiento (Tab. 5)
- 4: tuerca de bloqueo
- 5: grillete
- 6: templador
- 7: anillo a gota
- 8: grapas
- 9: cable (máx.  $\varnothing$  20)
- 10: barra fileteada

## Solución F2: anclaje a placa única con barra sobre perfil angular



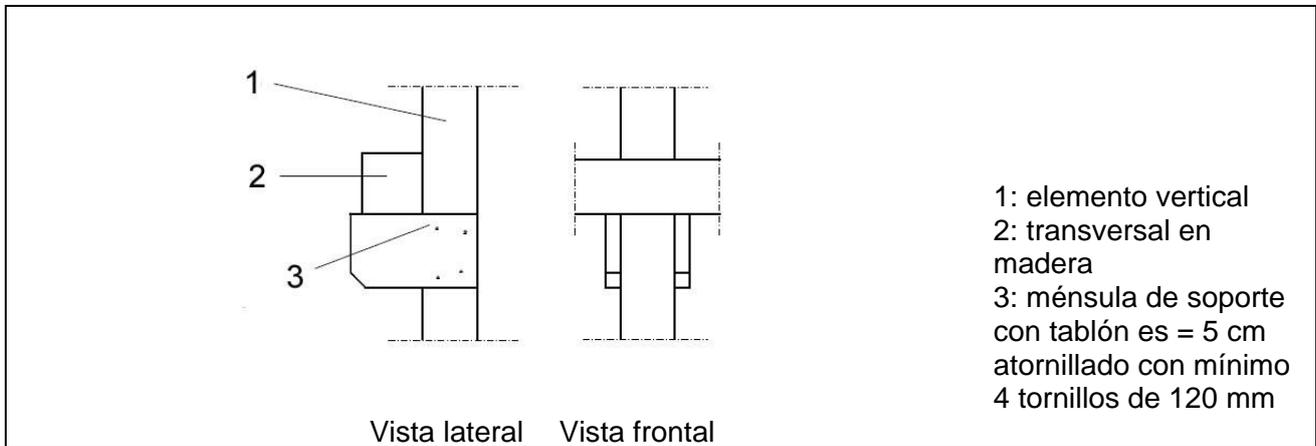
**Atención:** las soluciones se permiten solo si el anclaje puede posicionarse en una zona en concreto armado, o en bloques de piedra cuadrados

**Advertencia:** en el caso de anclaje sobre bloques de piedra buscar de insertar los tarugos de modo tal de involucrar más bloques

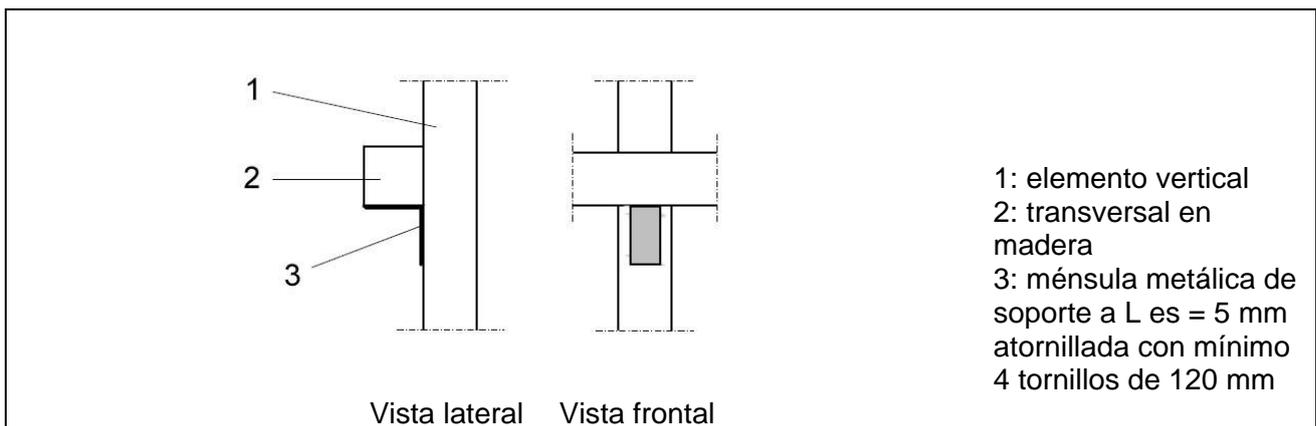
## TIRANTES CON CABLES DE ACERO detalles constructivos

### Detalle G: cruce transversal - elemento vertical

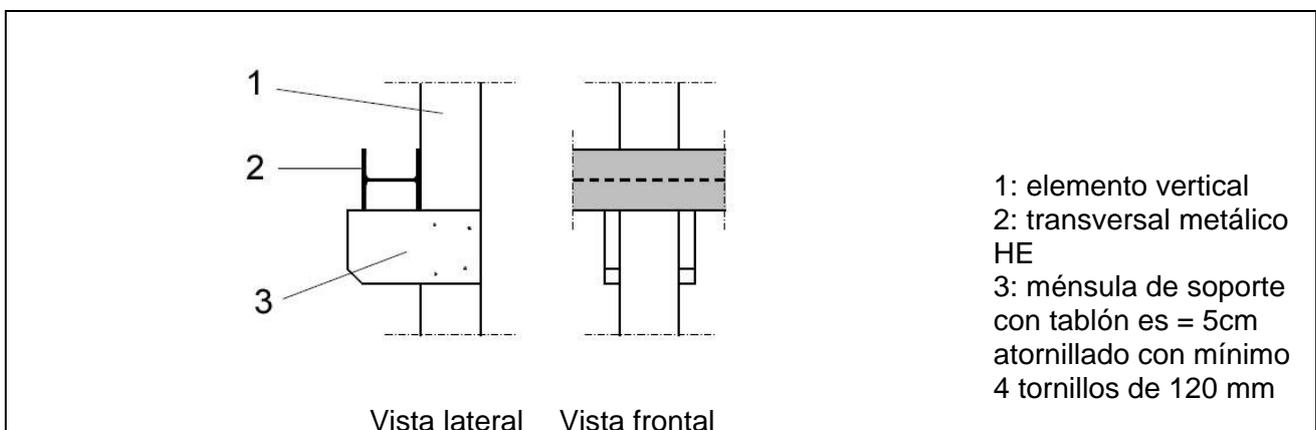
#### Solución G1: soporte transversal en madera con ménsulas en madera



#### Solución G2: soporte transversal en madera con ménsulas metálicas



#### Solución G3: soporte transversal metálico con ménsulas en madera

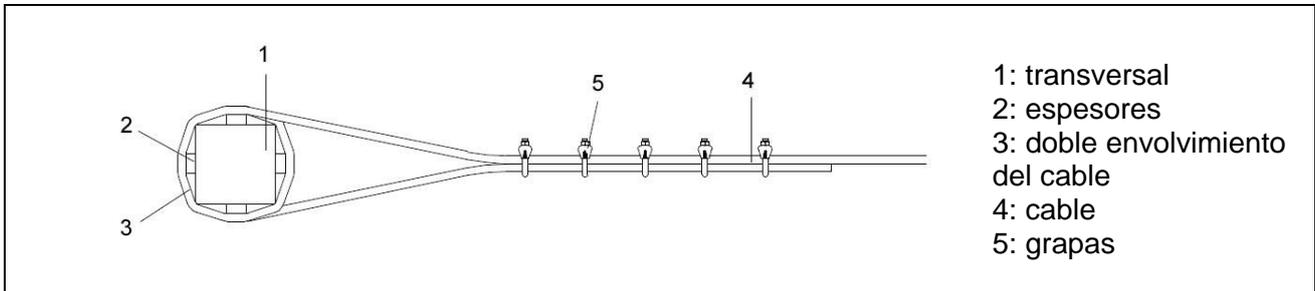


**Nota:** las soluciones G1, G2 y G3 son equivalentes y alternativas

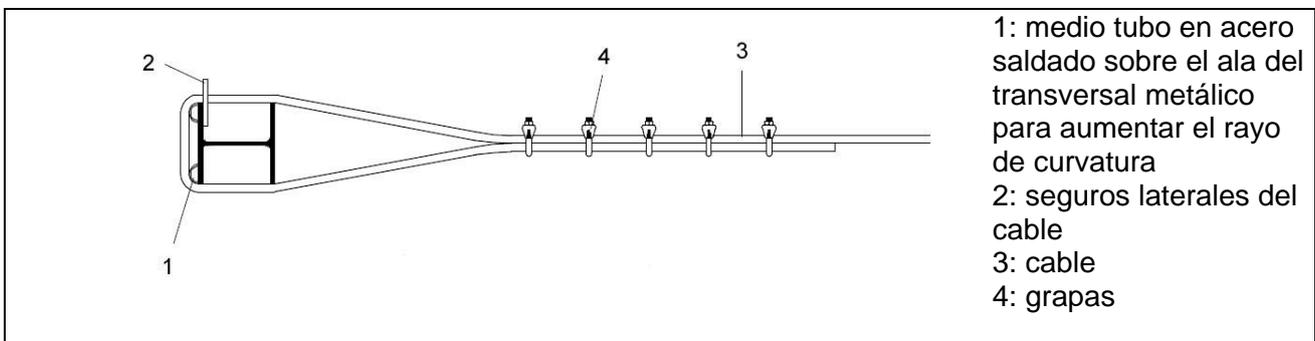
**TIRANTES CON CABLES DE ACERO**  
**detalles constructivos**

**Detalle H: conexión transversal - tirante**

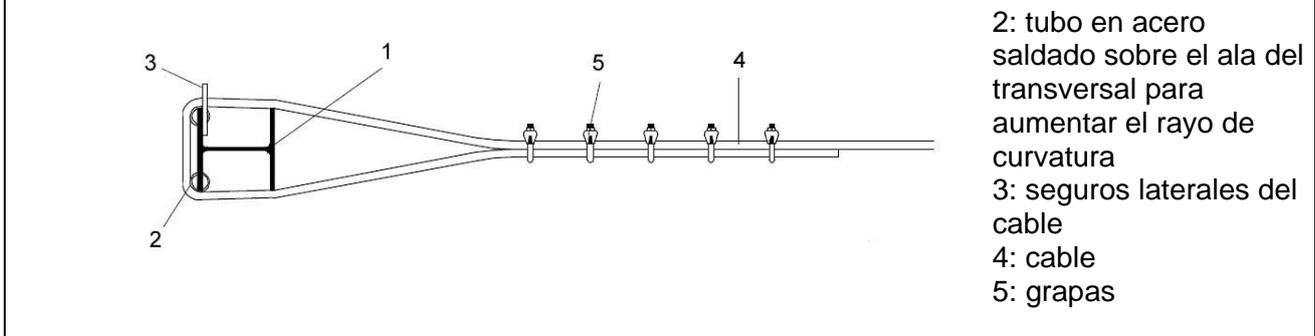
**Solución H1: envolvimiento entre transversal en madera**



**Solución H2: envolvimiento único entre transversal metálico**



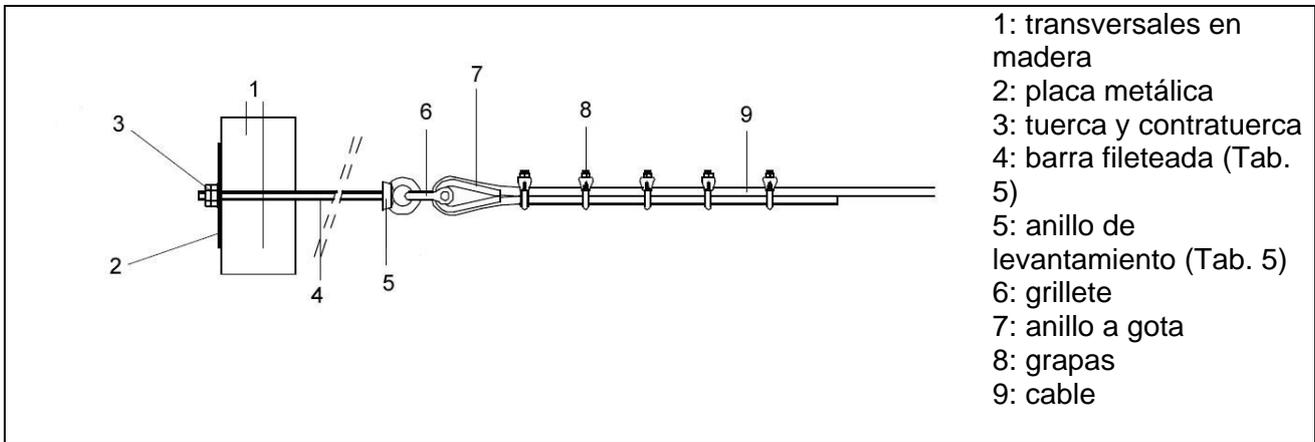
Variación



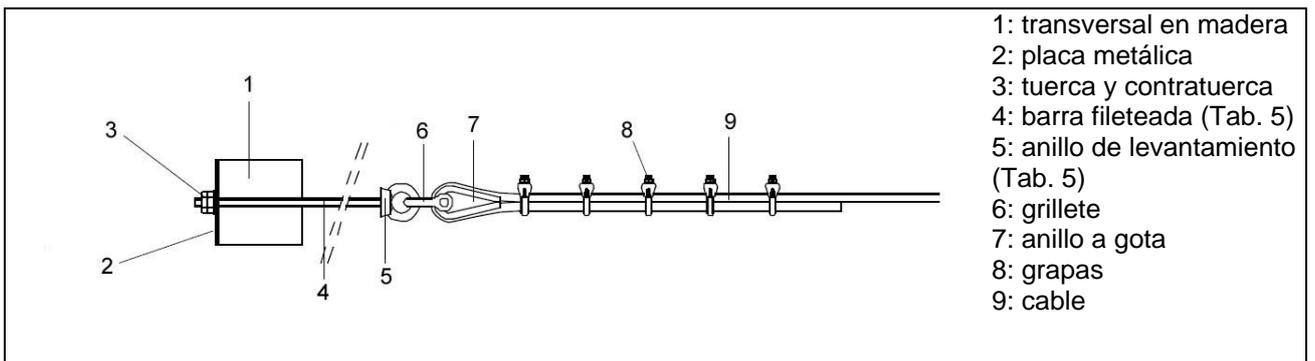
## TIRANTES CON CABLES DE ACERO detalles constructivos

### Detalle I: conexión transversal - tirante

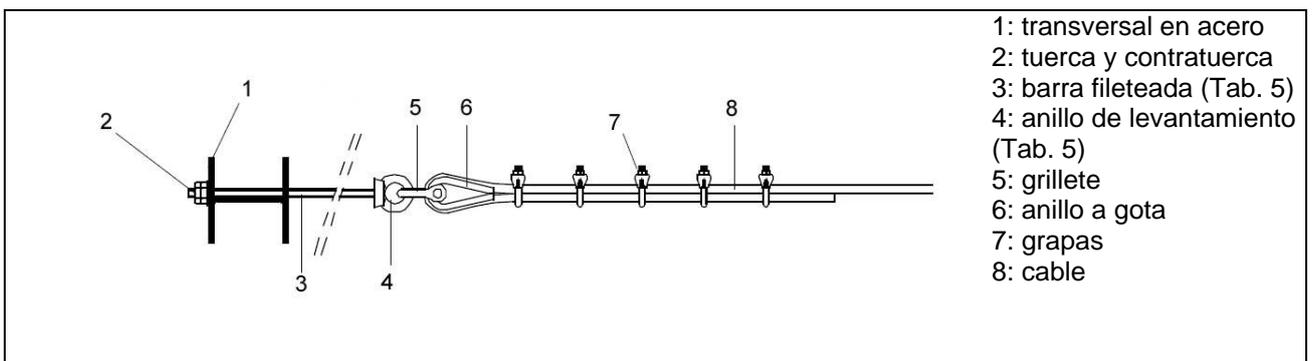
#### Solución I1: placa con pernos sobre doble transversal



#### Solución I2: placa con pernos sobre transversal en madera con agujero pasante



#### Solución I3: pernos sobre transversal en acero con agujero pasante



**TIRANTES CON CABLES DE ACERO**  
detalles constructivos

**Tabla 4 – Indicaciones para el dimensionamiento de los detalles E y F1**

Material	cable (mm)	dimensiones placa (cm x cm)	espesor placa (cm)	numero y diámetro tarugos (mm)	esquema tipo
concreto armado	φ 12 – 20	55 x 20	1.0	6 φ 12	
Bloques de piedra cuadrados	φ 12 – 20	55 x 30	1.0	6 φ 12	

**Tabla 5 – Indicaciones para el dimensionamiento de los detalles F2 e I**

detalles F2 e I				detalles F2		
cable (mm)	grillete (mm)	anillo de levantamiento (mm)	diámetro barra (mm)	dimensiones placa (cm x cm)	numero y diámetro tarugos (mm)	Largo L perfil angular a lados iguales (cm)
φ 12 -14	26	30	30	50 x 35	5 φ 12	15
φ 16 - 18	31	36	36			15
φ 20	36	42	42			20

**Advertencias:**

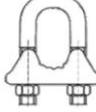
Los valores reportados en las Tablas 4 y 5 han sido definidos haciendo referencia a tarugos mecánicos.

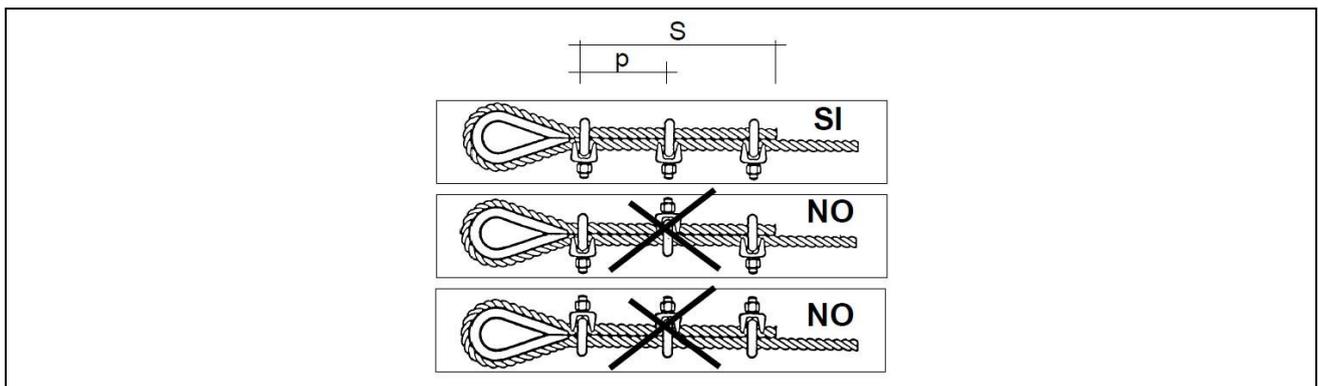
En el caso de uso de tarugos químicos al fin de garantizar la misma resistencia de los tarugos mecánicos es necesario contar con informaciones del proveedor del producto en base a la calidad de la mampostería, al diámetro de la barra, a la clase del acero.

En la predisposición de los agujeros mantener una distancia entre eje, agujero y borde placa no inferior a 30 mm.

**TIRANTES CON CABLES DE ACERO**  
indicaciones para el montaje

**Tabla 6 – Coordinación elementos para ensamblaje (coeficiente de seguridad igual a 2.5)**

Cable 6x36 hilos						Grillete a omega	
Cable (mm)	Alcance (kg)	Anillo a gota	Grapa	Templador tipo O-O	Templador tipo II B	Para templador tipo O-O	Para templador tipo II B
φ 12	2933	12 A18	13	M22	A27	A22	A24
φ 14	3987	16 A23.5	14	M24	A30	A26	A31
φ 16	5200	16 A23.5	16	M27	A33	A26	A31
φ 18	6600	20 A29.5	18	M33	A36	A31	A36
φ 20	8133	20 A29.5	19	M36	A39	A36	A36
φ 22	9813	22 A32	22	M39	A45	A36	A43
φ 24	11680	24 A35	26	-	A52	-	A43

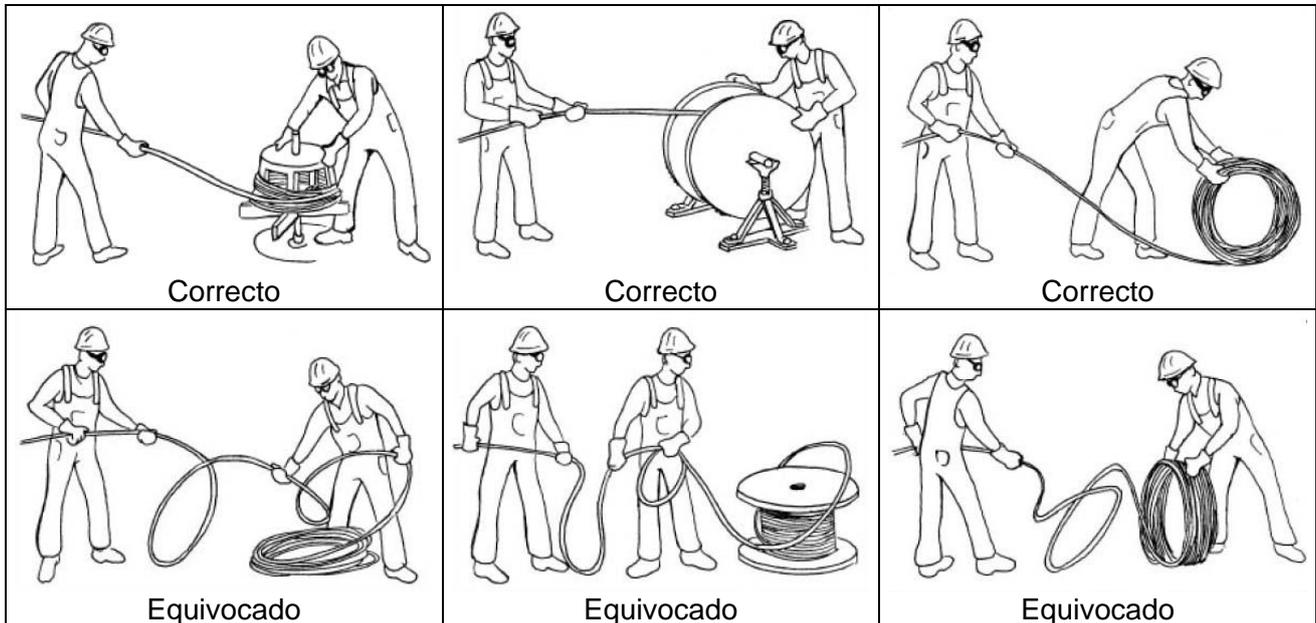


**Tabla 7 – Indicaciones para bloquear el cable con grapas**

φ cable (mm)	grapas (mm)	Nº grapas	entre ejes p (cm)	superposición S (cm)
φ 12	13	5	7.5	35
φ 14	14	5	8.5	40
φ 16	16	5	10.0	45
φ 18	18	5	11.0	50
φ 20	19	5	12.0	55
φ 22	22	7	13.0	85
φ 24	26	7	14.5	95

## TIRANTES CON CABLES DE ACERO precauciones y advertencias

### Desenrollado del cable



### Precauciones y advertencias

No utilizar los tirantes con cargas superiores a su portada.

Examinar siempre el estado de los tirantes antes de su utilizo y no utilizar tirantes dañados.

No doblar nunca los tirantes.

Evitar de doblar el cable de acero sobre pequeños pernos.

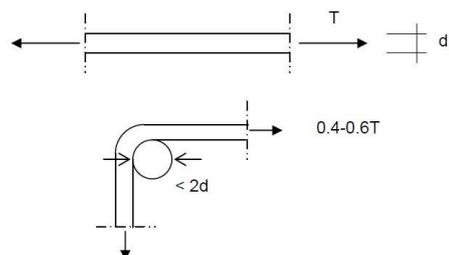
Si, por ejemplo, el cable se dobla sobre un perno de diámetro igual a dos veces el diámetro del cable, se logra una disminución del alcance del cable del 40 hasta el 60% con consiguiente deterioro y pérdida de alcance del mismo.

Se aconseja por lo tanto, en estos casos, de utilizar protecciones apropiadas como anillos a gota o elementos angulares para esquinas.

#### Atención

Evitar dobladura de los cables sobre elementos con rayo de curvatura reducido

En caso de dobladura del cable sobre elementos con pequeño rayo de curvatura (menor de 2 veces el diámetro del cable) el alcance debe ser reducido al 40-60% del alcance del cable



## TIRANTES CON CABLES DE ACERO instrucciones complementarias

### EMPLEO DE CABLES METALICOS Y DE LOS ACCESORIOS RELATIVOS

#### Indicaciones generales

La selección debe tomar en consideración las indicaciones de proyecto y de las condiciones de montaje de los cables.

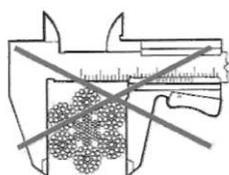
Condiciones de puesta en obra "cómodas" prefieren el uso de cables muy largos (50, 100, 200 m) limitando el número de los puntos de discontinuidad.

Condiciones de puesta en obra "incomodas" prefieren el uso de cables más cortos (10, 20, 30 m) con múltiples puntos de discontinuidad.

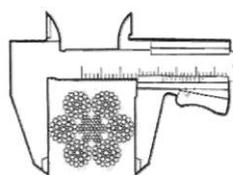
#### Controles preliminares

El control preliminar del cable se limita a verificar el largo y el diámetro nominal del cable además de la consistencia y la fuerza de los accesorios.

El cable no debe presentar rotura, anterior uso o doblado de los hilos en ningún punto. Las medidas del diámetro del cable se efectúa con el calibre, posicionándolo como en el diseño.



Equivocado



Correcto

#### Realización de ojales terminales

El ojal se realiza correctamente como indicado en el diseño, poniendo la primera grapa lo más cerca posible al ojal y a los otros con un entre ejes de 5-6 veces el diámetro del cable (ver Tabla 5).

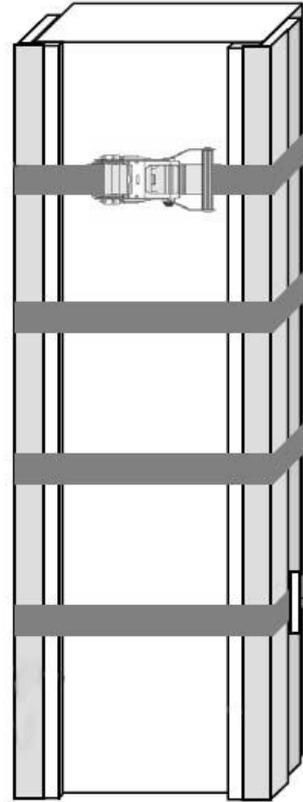
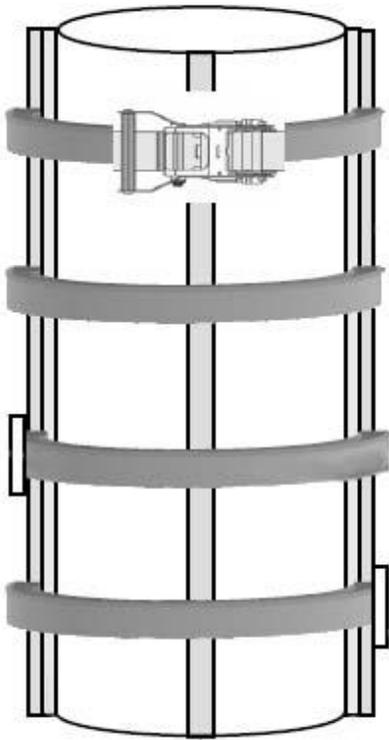


La conexión de dos cables se logra insertando entre ellos el templador con dos grilletes a omega (cable- ojal - grillete - templador - grillete - ojal - cable).

#### Puesta en tensión del cable

La puesta en tensión del cable puede realizarse en dos fases: en la primera serrar el cable a anillo o bloquear el cable con anclajes; en la segunda tirar el cable interviniendo en todos los templadores en la misma manera.

## 7\_ ZUNCHADOS DE PILARES Y COLUMNAS CON FAJAS



## **ZUNCHADOS DE PILARES Y COLUMNAS CON FAJAS** **instrucciones de la ficha**

### **Ámbito de uso**

Esta ficha es válida para zunchado con fajas de poliéster de columnas en mampostería de sección circular o rectangular con relación máxima entre los lados igual a 2 y con lado menor (o diámetro) no superior a 90 cm.

### **Indicaciones generales**

El objetivo de la intervención de zunchado es el de mejorar el comportamiento estructural de los elementos a través el aumento de la resistencia a la compresión por la retención lateral.

Antes de iniciar el zunchado es necesario limpiar el elemento estructural de la presencia de salientes que pueden dañar las fajas poniendo atención a no remover partes estructurales que podrían comprometer la estática del elemento.

En correspondencia de los bordes de las columnas rectangulares se tienen que colocar ángulos de acero de preferencia con los bordes redondeados con la función de retener el material y de reducir el peligro de daños a las fajas por efecto de corte o de frotamiento. Los elementos angulares se tienen que poner sobre tablas de madera de espesor no inferior a 2.5 cm al fin de compensar las irregularidades de la superficie de contacto.

Antes de la puesta en obra de los elementos angulares se tienen que proteger con barniz antioxidante. Es aconsejable un barniz con colores claros para mitigar la calefacción del acero de parte de los rayos del sol.

Las palancas de bloqueo se tienen que poner según la secuencia de fases opuestas indicadas en la ficha para evitar concentraciones de esfuerzos sobre solo un lado de las columnas a zunchar.

Las fajas se tienen que tender a mano actuando gradualmente sobre las palancas de bloqueo hasta el máximo posible para un solo operador.

## Instrucciones de utilizo de la ficha

Una vez comprendido el grado del daño del elemento estructural, se define el entre ejes entre las fajas utilizando las Tablas 1 y 2, en función de la forma del elemento a zunchar y del altura disponible para las fajas.

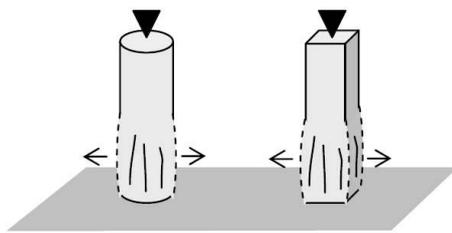
Las secciones rectangulares no tienen la misma eficiencia en el zunchado de las circulares porque las fajas no producen una presión uniforme sobre toda la superficie lateral sino fuerzas concentradas en correspondencia de las esquinas (por esto la limitación sobre la relación máxima entre los lados (2) y el menor entre ejes para la predisposición de las fajas respecto a lo previsto para los pilares redondos).

En los puntos de contacto entre fajas y columnas, y en particular en correspondencia de las esquinas o contactos localizados es necesario prever placas en acero con la función de transferir la carga a las columnas y de preservar el material constituyente de las fajas.

Para las columnas circulares es aconsejable disponer por lo menos cuatro hierros planos en acero ortogonales a las fajas en posición oportunamente contrapuesta. Para mejorar el zunchado es posible incrementar el número de hierros planos que, si dispuestos sobre las caras de las columnas rectangulares, deberán ser de espesor superior respecto a lo de los angulares.

### ZUNCHADOS DE PILARES Y COLUMNAS CON FAJAS indicaciones generales

#### Tipo de movimiento a enfrentar



Aplastamiento

#### Descripción

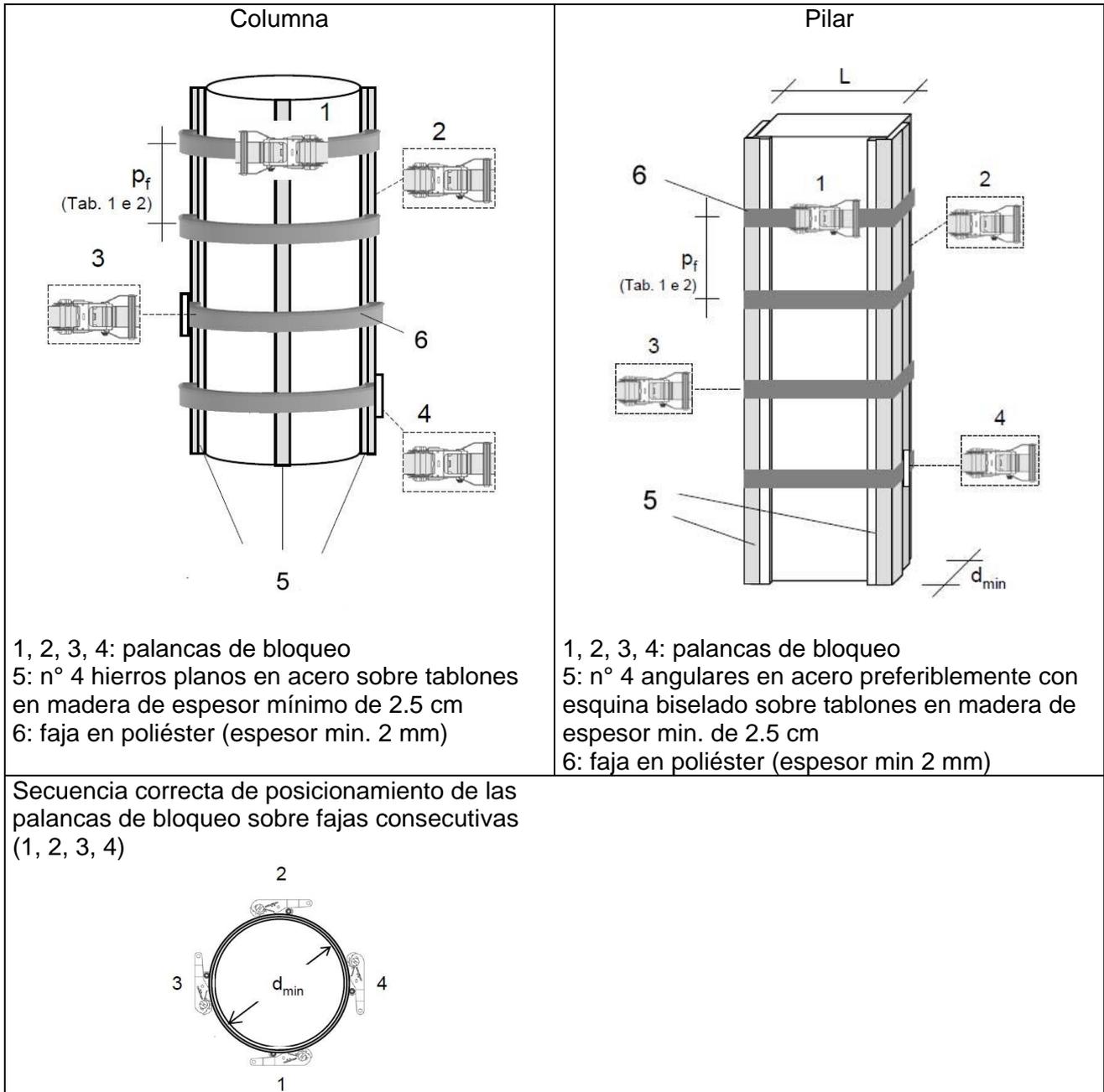
Las columnas aplastadas por exceso de compresión o de preso flexión presentan evidencias de pandeo o de hinchamiento y/o de expulsiones laterales de material.

#### Advertencias

Esta ficha no proporciona indicaciones para la retención de pilares en concreto armado.

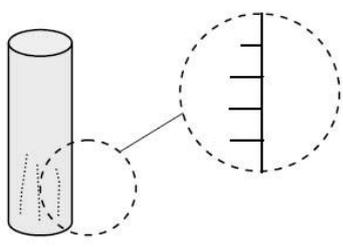
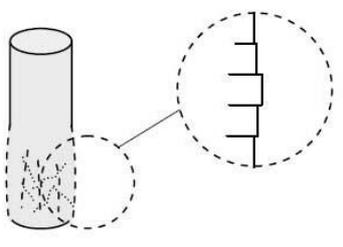
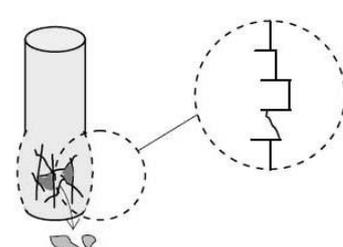
**OBJETIVO DE LA OBRA PROVISIONAL: incrementar la resistencia a compresión de las columnas contrarrestando el pandeo y/o la expulsión lateral de material**

**Esquemas constructivos**

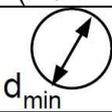
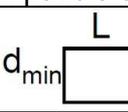


**ZUNCHADOS DE PILARES Y COLUMNAS CON FAJAS**  
**Dimensionamiento**

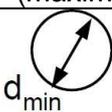
**GRADO DE DAÑO**

I grado	II grado	III grado
		
<p>Evidencia de grietas verticales Pasando con la mano sobre la cara lateral no hay peldaños perceptibles al tacto</p>	<p>Evidencia de grietas verticales y horizontales y/o dislocación lateral de bloques Pasando con la mano sobre la cara lateral hay peldaños del orden de algunos milímetros</p>	<p>Evidencia de grietas verticales y horizontales y/o significativas dislocaciones laterales de bloques con rotura y caída de partes superficiales de los bloques. Sobre la cara lateral son evidentes, también al ojo, expulsiones que forman peldaños del orden de centímetros y/o presencia de fragmentos de piedras en tierra</p>

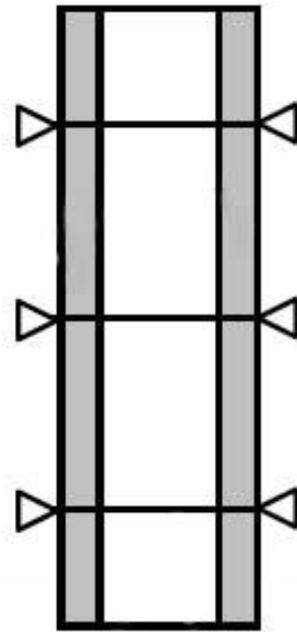
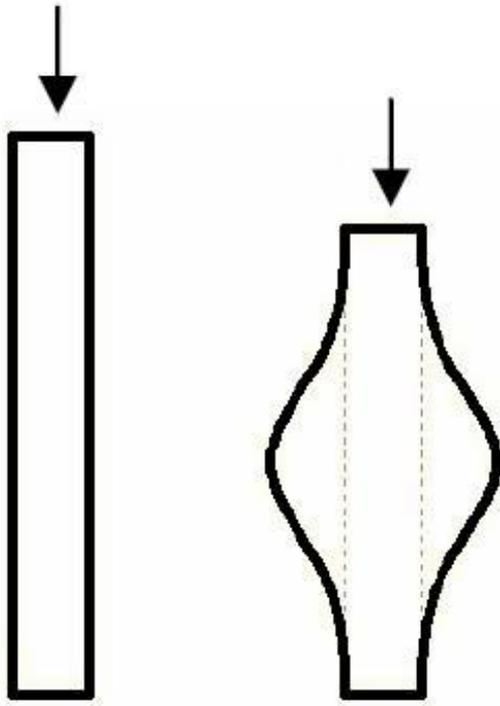
**Tabla 1 – Dimensionamiento del paso entre los zunchados por fajas de 50 mm de altura**

Fajas de 50 mm de altura (espesor 2 mm)		
Grado de daño	Paso faja $p_f$ (cm) (máximo valor de la dimensión $d_{min}$ compatible con la intervención)	
	 Sección circular	 Sección rectangular $L/d_{min} \leq 2$
I	45 ( $d_{min} \leq 90$ cm)	40 ( $d_{min} \leq 90$ cm)
II	40 ( $d_{min} \leq 90$ cm)	20 ( $d_{min} \leq 70$ cm)
III	15 ( $d_{min} \leq 70$ cm)	15 ( $d_{min} \leq 30$ cm)

**Tabla 2 – Dimensionamiento del paso entre los zunchados por fajas de 75 mm de altura**

Fajas de 75 mm de altura (espesor 2 mm)		
Grado de daño	Paso fajas $p_f$ (cm) (máximo valor de la dimensión $d_{min}$ compatible con la intervención)	
	 Sección circular	 Sección rectangular $L/d_{min} \leq 2$
I	45 ( $d_{min} \leq 90$ cm)	40 ( $d_{min} \leq 90$ cm)
II	40 ( $d_{min} \leq 90$ cm)	25 ( $d_{min} \leq 70$ cm)
III	20 ( $d_{min} \leq 70$ cm)	15 ( $d_{min} \leq 40$ cm)

## 8\_ REVESTIMIENTO PAREDES DE MAMPOSTERÍA



## **REVESTIMIENTO PAREDES DE MAMPOSTERÍA** **instrucciones de la ficha**

### **Ámbito de utilizo**

La presente ficha es válida para el revestimiento estructural de paredes en mampostería hasta un espesor compatible con el largo de perforación de las puntas (indicativamente máx. 80 cm).

### **Indicaciones generales**

El objetivo de la intervención de revestimiento estructural es de incrementar su resistencia a la compresión de la mampostería a través de la contención del pandeo transversal. Las operaciones de tensado de las barras deben realizarse sobre el lado de la pared que ofrece una mejor posibilidad de escape para los operadores. La intervención no se aconseja, por razones de seguridad, en caso de paredes muy inestables.

Antes de efectuar la intervención de revestimiento estructural es necesario realizar un apuntalamiento de soporte de las losas que descargan sobre la pared a revestir al fin de reducir su carga y de garantizar mejores condiciones de seguridad para los operadores. Al finalizar las operaciones de revestimiento el apuntalamiento puede ser removido para transferir nuevamente la carga a la pared reforzada.

Al cierre de las operaciones es necesario doblar las barras hacia la pared por razones de seguridad.

Estas últimas no se deben cortar al fin de permitir un nuevo tensado de las barras en acero.

### **Instrucciones de uso de la ficha**

Conocido el espesor de la mampostería a revestir (sm), se determina el diámetro de las barras en acero con adherencia mejorada a emplear para el revestimiento utilizando la Tabla 1. Se realiza la estructura de repartición y el encofrado en madera siguiendo las indicaciones proporcionadas y entonces el tensado de las barras mediante el esquema indicado.

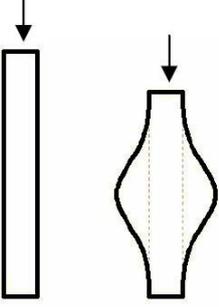
### **Prohibiciones**

1. Se prohíbe realizar la intervención de revestimiento estructural de paredes de edificios valiosos por el arte y la historia sin la autorización expresa de parte de la Autoridad competente a la tutela del bien.
2. Se prohíbe la intervención de revestimiento estructural en las paredes particularmente inestables para las cuales las vibraciones inducidas por las perforaciones podrían provocar colapsos.

### **Peligros**

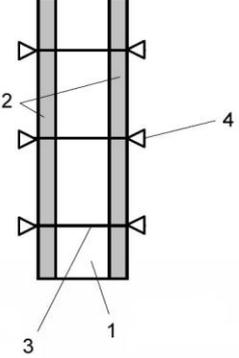
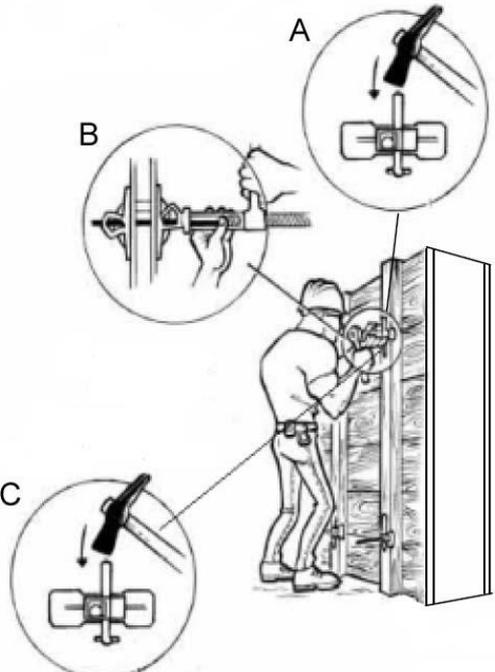
1. Verificar la presencia de instalaciones (gas, energía eléctrica, agua, etc.) antes de realizar las perforaciones.
2. Limitar el tiempo de permanencia en las áreas que pueden ser sujetas a colapsos o caídas de objetos desde las partes altas del edificio procediendo a su traslado antes de iniciar la actividad de los trabajos de la obra provisional.

**REVESTIMIENTO PAREDES DE MAMPOSTERÍA**  
**indicaciones generales**

<b>Tipo de movimiento a enfrentar</b>	<b>Descripción</b>
 <p style="text-align: center;">pandeo transversal de muros</p>	<p>Por el efecto de cargas verticales excesivas o por exceso de deformaciones transversales, las paredes en mampostería muestran evidencias de pandeos laterales (deformaciones transversales).</p> <p><b>Advertencias</b> Esta ficha no proporciona indicaciones para el revestimiento de paredes en concreto armado. La intervención es realizable a condición que las vibraciones inducidas por el taladro no comprometan la estabilidad del muro. Esta evaluación se debe realizar en el lugar mismo (en situ).</p>

**OBJETIVO DE LA OBRA PROVISIONAL: contener la deformación transversal de la pared aumentando consecuentemente su resistencia a la compresión**

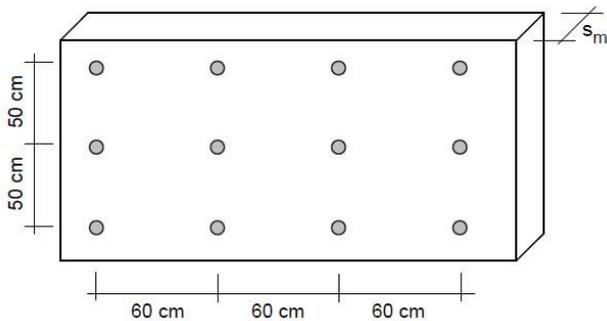
## Revestimiento con sistema de abrazadera a cuña

 <p>1: muro a apuntalar 2: encofrado 3: barra pasante 4: abrazadera</p>	<p>Abrazadera a cuña</p> 	<p>Templador barra pasante</p> 
<p>Tensado y bloqueo del encofrado con abrazaderas a cuña</p>  <p>1: bloqueo del extremo de la barra sobre el lado no interesado por el templador (A en el dibujo) 2: tensado de la barra con apósito templador (B en el dibujo) 3: bloqueo de la barra sobre el lado del templador (C en el dibujo) 4: extracción del templador y colocación del mismo sobre una nueva barra</p> <p>Para la modalidad de construcción del revestimiento estructural / sistema de retención ver indicaciones reportadas en la página sucesiva</p>		

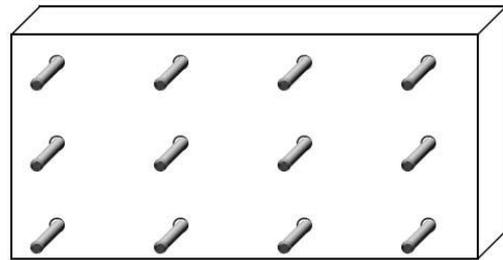
## REVESTIMIENTO PAREDES DE MAMPOSTERÍA

### fases de realización

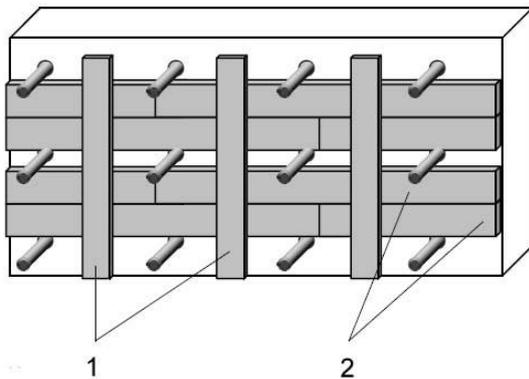
**1\_** Perforación de la pared con agujeros de diámetro  $\varnothing_{\text{barra}} + 2\text{mm}$



**2\_** Inserción de las barras de acero de diámetro  $\varnothing_{\text{barra}}$  como en la Tabla 1

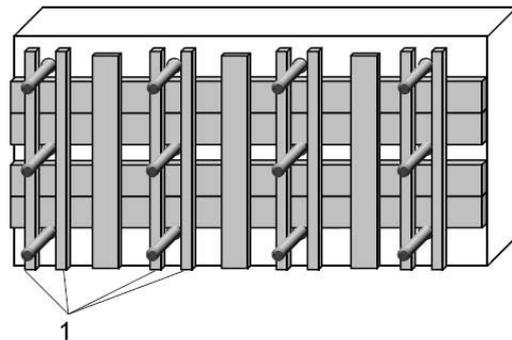


**3\_** Posicionamiento de la doble estructura de repartición con tablonces 5x20 cm. La estructura de repartición puede ser vinculada a las barras para soporte provisional



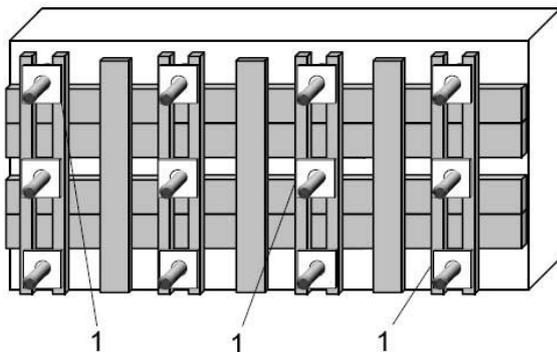
1: tablas auxiliares 2.5x12 cm a ser removidas;  
2: tablonces 5x20 cm

**4\_** Posicionamiento de una pareja de elementos de madera 10x10 cm a lado de cada fila de agujeros y sobre cada cara de la pared



1: elementos de madera 10x10 cm acercados a las barras

**5\_** Inserción de placa perforada en acero de contraste de espesor 4 mm por cada lado de la pared (agujero placa =  $\varnothing_{\text{barra}} + 2\text{ mm}$ )



1: placas perforadas en acero (espesor 4 mm)  
20x20 cm

**6\_** Tensado de las barras pasantes y bloqueo de las abrazaderas a cuña según el procedimiento indicado en la página anterior

**Tabla 1 - Dimensionamiento de las barras**

espesor pared ( $s_m$ )	diámetro mínimo barras con adherencia mejorada ( $\varnothing$ barra) (mm)
$s_m \leq 50$ cm	$\varnothing 6$
$50$ cm $< s_m \leq 80$ cm	$\varnothing 8$

**MANUAL TÉCNICO PARA OBRAS PROVISIONALES**

**ANEXOS**

**Documentación fotográfica**

**Antología de casos de apuntalamiento realizados en Lima y en el Callao**

## DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA



### **Apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo**

*Iglesia de San Eusanio Forconese (L'Aquila, Abruzos, Italia)*

\_ doble apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo de la fachada



### **Apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo**

*Iglesia de San Eusanio Forconese (L'Aquila, Abruzos, Italia)*

\_ apuntalamiento angular de retención en madera con base de apoyo de la fachada

\_ revestimiento estructural de la parte terminal de la fachada



### **Apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo**

*Iglesia de San Eusanio Forconese (L'Aquila, Abruzos, Italia)*

\_ detalle del apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo de la fachada

## DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA



### **Apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo**

*Iglesia de San Eusanio Forconese (L'Aquila, Abruzos, Italia)*

\_ detalle del basamento del apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo de la fachada



### **Apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo**

*Iglesia de San Eusanio Forconese (L'Aquila, Abruzos, Italia)*

\_ detalle del nudo inferiore entre la base y los puntales del apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo de la fachada



### **Apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo**

*Iglesia de San Eusanio Forconese (L'Aquila, Abruzos, Italia)*

\_ detalle del anclaje de la base al suelo con varillas de acero a ambos lados

\_ protecciones en las cabezas de las varillas



**Apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo**

*Mamacona (Pachacamac)*

- \_ ausencia de vínculos de la base del puntal vertical
- \_ falta de la conexión entre los puntales inclinados y el elemento vertical contra el muro
- \_ ausencia de puntales inclinados paralelos de refuerzo al principal
- \_ diagonales para estabilizar sólo parciales



**Apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo**

*Cuartel Santa Catalina (cercado de Lima)*

- \_ falta de elementos verticales
- \_ falta de elementos de base
- \_ ausencia de conexión de endurecimiento entre los puntales inclinados paralelos



**Apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo**

*Cuartel Santa Catalina (cercado de Lima)*

- \_ conexión ineficiente entre los distintos elementos a la base del apuntalamiento
- \_ distribución irregular de los elementos del sistema de apuntalamiento



**Apuntalamiento de retención en madera con base de apoyo**

*Casa Mateo (Callao)*

- \_ los puntales no están conectados uno con el otro (entonces trabajan separadamente y sin vínculos en el plano ortogonal)
- \_ falta de elementos horizontales contra el muro para la distribución a lo largo de la pared del esfuerzo
- \_ posicionamiento irregular y casual de los puntales



**Apuntalamiento de soporte de losas y balcones**

*Casa Mateo (Callao)*

- \_ los puntales no están conectados uno con el otro
- \_ viga de sostenimiento de la losa puesta sólo en la parte central (va reforzada la estructura duplicando la viga hasta el extremo de la losa)
- \_ secciones de los puntales y de las vigas no homogéneas



**Apuntalamiento de soporte de losas y balcones**

*Cuartel Santa Catalina (Cercado de Lima)*

- \_ puntales no conectados uno con el otro
- \_ ausencia de viga de repartición de carga y de conexión
- \_ falta, en algunos casos, de diagonales de refuerzo



**Apuntalamiento de soporte de losas y balcones**

*Cuartel Santa Catalina (Cercado de Lima)*

- \_ elemento de repartición de cargas en la base del puntal con dimensiones insuficientes
- \_ falta de correspondencia entre la base de los puntales y los otros puntales ubicados en el piso de abajo



**Apuntalamiento de soporte de losas y balcones**

*Quartel Santa Catalina (Cercado de Lima)*

- \_ puntales no equidistantes y de secciones no homogéneas
- \_ falta de la viga de repartición de la carga subyacente al balcón
- \_ falta de las conexiones entre los puntales



**Apuntalamiento de soporte de losas y balcones**

*Edificio frente a la Iglesia de San Lázaro (Rímac)*

- \_ puntales no equidistantes y de secciones no homogéneas
- \_ falta de la viga de repartición de la carga subyacente al balcón
- \_ falta de las conexiones entre los puntales



**Apuntalamiento de soporte de losas y balcones**

*Casa Mateo (Callao)*

- \_ distribución irregular de puntales (en lugar de estar alineados y equidistantes)
- \_ secciones de los diferentes elementos no homogéneas
- \_ falta de endurecimiento (falta de las diagonales superiores)
- \_ falta de conexión (adherencia) entre la base del puntal y el suelo
- \_ viga de apoyo del balcón en posición mediana (en lugar de estar contra la pared y en la extremidad del balcón)



**Apuntalamiento de soporte de losas y balcones**

*Casa Mateo (Callao)*

- \_ los puntales no están conectados uno con el otro
- \_ secciones de los diferentes elementos no homogéneas
- \_ tablas diagonales de endurecimiento puestos en el mismo plan (en lugar de estar en los lados opuestos de los puntales)
- \_ puntales verticales no continuos y con variación de sección resistente
- \_ los elementos transversales no son de sección adecuadas (tablas en lugar de vigas)



**Apuntalamiento de soporte de losas y balcones**

*Casa Mateo (Callao)*

- \_ puntal y relativo capitel a fuera de eje respecto a la viga del borde del balcón
- \_ falta de conexión eficaz entre el elemento vertical (puntal) y elemento horizontal (viga)



**Armazón de madera de arcos y bóvedas**

*Iglesia de la Concepción (Cercado de Lima)*

- \_ falta de la viga de base del armazón de apuntalamiento
- \_ falta de los diagonales de refuerzo
- \_ falta de los elementos cerca del arco de repartición de la carga
- \_ secciones no homogéneas y no adecuadas de los diversos elementos del armazón



**Tirantes con cables de acero**

*Capilla Guadalupe (Callao)*

- \_ tirantes no eficientes (no están tensos)



**Tirantes con cables de acero**

*Capilla Guadalupe (Callao)*

- \_ anclaje del tirante no eficiente (por degradación del elemento en madera de repartición del esfuerzo y falta de la contratuerca de bloqueo)