

# Casas de entramado ligero



## Generalidades

- Características diferenciadoras del sistema
- Clases, tecnología y principios estáticos

## Proceso constructivo

### Cimentación

- Cimentación sin sótano
- Cimentaciones con sótano

### Forjados

- Viguetas
- Generalidades
- Vigas y cargaderos
- Cerramiento
- Construcción
- Aislamiento térmico y acústico

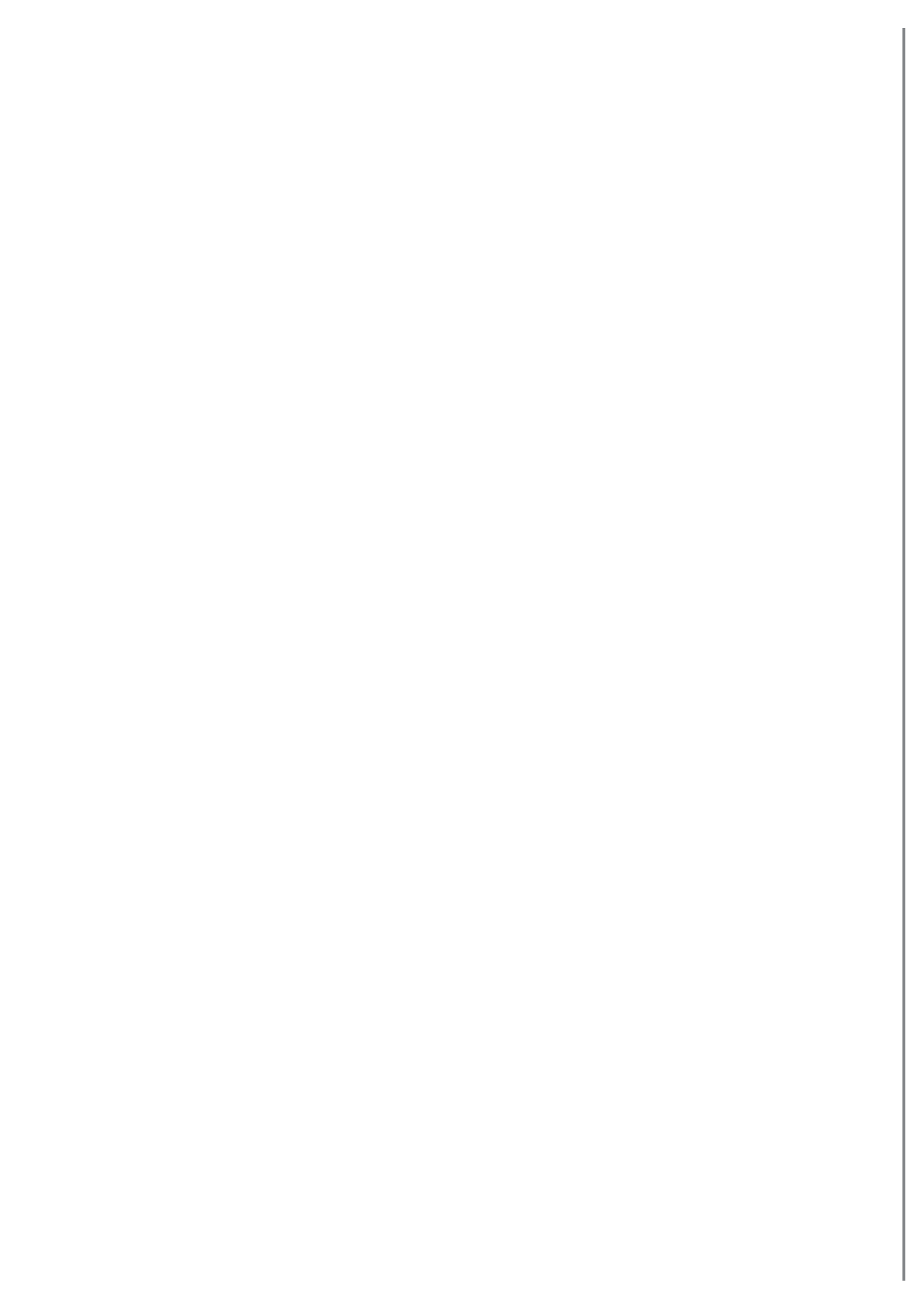
### Muros y paredes

- Montantes
- Cálculo
- Ejecución
- Cerramiento
- Erección
- Revestimiento
- Aislamiento térmico y acústico

### Cubiertas y tejados

- Cubiertas inclinadas
  - cerchas prefabricadas
- Cubiertas planas
- Cerramiento
- Revestimiento
- Aislamiento térmico

3



# Casas de entramado ligero

## Generalidades

En el lenguaje arquitectónico es conocido como sistema de entramado ligero (light framing) en contraposición al entramado pesado (framing, heavy timber o post & beam).

Este sistema es el último eslabón de la evolución de la madera como material estructural en la edificación convencional.

El entramado ligero tiene su origen en Norteamérica y surge en el siglo XIX como consecuencia de dos factores: la disponibilidad de productos industriales normalizados (madera aserrada y clavos) y la necesidad de disponer de un sistema rápido de construcción (colonización del Oeste de EE.UU.).

Aunque procede del entramado pesado, se trata de una nueva concepción estructural. La direccionalidad del trabajo de flexión exige la disposición ortogonal de muros portantes que da lugar a la arquitectura diafragmada: son elementos portantes que se traban entre sí de forma que lo que es arriostrado para unos, es soporte para otros.

El sistema se ha ido perfeccionando con el tiempo, pero sus características básicas han permanecido inalteradas.

## Características diferenciadoras del sistema

1. Se crean estructuras superficiales en muros, forjados y cubiertas que al unirse funcionan como una estructura espacial.
2. Se emplea un gran número de elementos, con una disminución de las escuadrías, por lo que se distribuye y alterna la carga a través de muchos elementos de pequeña dimensión.
3. Las piezas suelen ser normalizadas y certificadas, lo que facilita la intercambiabilidad, la modulación y la prefabricación. Además el ajuste de calidades mínimas, lo que favorece el ahorro económico.
4. Las piezas tienen un bajo nivel de mecanización, lo que supone un bajo coste en la fabricación.
5. Las uniones son sencillas, sin juntas ni ensambles especiales, bastando el empleo de clavos y grapas. Por contra se pierde bastante del «oficio» de carpintería ya que requiere personal poco especializado aunque se logra una alta productividad.
6. El tiempo de construcción es menor que la construcción tradicional por la prefabricación y la construcción seca.
7. Es más fácil de aislar e impermeabilizar que la vivienda tradicional. Las cavidades que deja el entramado permiten el paso de instalaciones y el relleno con aislante.
8. La mayoría del trabajo se ejecuta en seco, por lo que independiza la construcción de la estación climática y es un proceso más limpio y rápido.
9. Su durabilidad, no tiene por qué ser menor que la construcción tradicional, con un diseño y mantenimiento adecuado. En Norteamérica, Rusia y



Entramado ligero

**Entramado ligero**

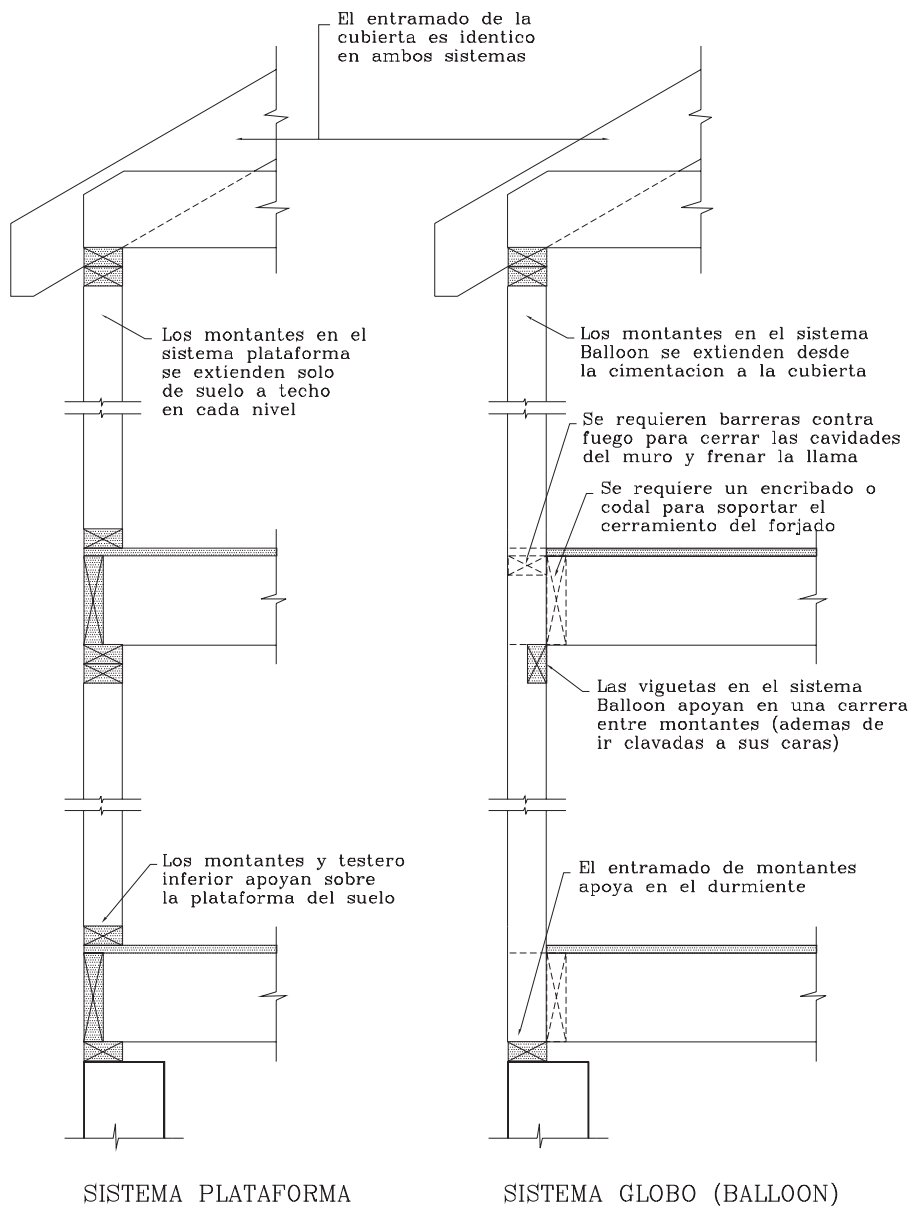


Figura 1

Escandinavia existen viviendas que han durado cientos de años.

10. Tiene un alto grado de flexibilidad, tanto en el diseño inicial, como en los cambios ulteriores, si son necesarios.
11. Exige una gran cantidad de detalles constructivos especiales, debido al elevado número de piezas que se emplean.
12. Necesita un control riguroso de su contenido de humedad para que no se produzcan variaciones dimensionales.
13. Al tratarse de un sistema normalizado y modulado, el proceso de montaje ha de controlarse especialmente con una planificación más estricta que la construcción tradicional.
14. Se exige un mayor control en la recepción de materiales, su protección y almacenaje.
15. Existen distintos Códigos constructivos, que ofrecen recomendaciones sobre materiales y procesos. En algunos países se comercializan directamente planos que favorecen la autoconstrucción.

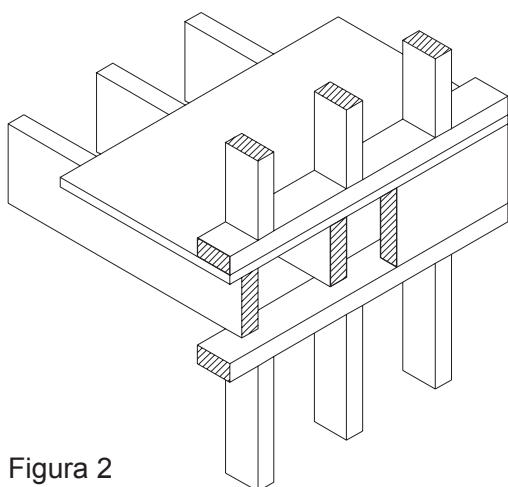


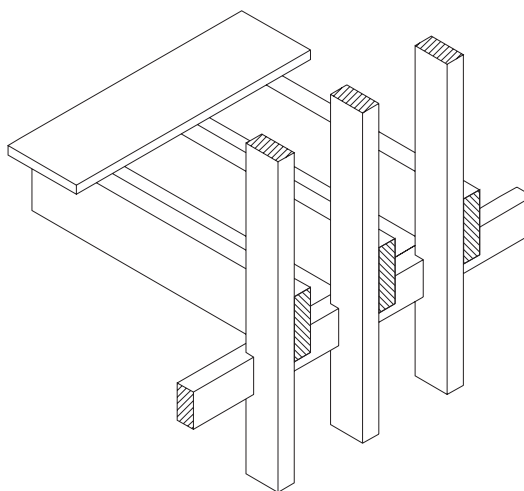
Figura 2

## Clases de entramado ligero

Existen dos clases fundamentales: el tipo globo (balloon frame) y el tipo plataforma (platform system). (Figuras 1 y 2).

### Entramado tipo globo (Balloon Frame)

1. Es el sistema original.
2. Los montantes de las paredes exteriores son continuos en toda su altura (normalmente de dos plantas).
3. Las viguetas de forjado se clavan directamente al montante y luego se calzan con carreras transversales.
4. Es un sistema más complicado de ejecución y se presta menos a la prefabricación.
5. Presenta un mal diseño frente al fuego (en lo relativo a la propagación del incendio) por existir mayor continuidad entre las plantas.
6. El encuentro del muro con la cimentación es directo a través de un simple durmiente.
7. La erección del edificio es compleja, porque se deben armar todos los



Entramado ligero



entramados simultáneamente.

La utilización de los montantes continuos entre plantas en el sistema de globo obedece, probablemente, a la dificultad de conseguir la estabilidad necesaria del conjunto, al no contar con el arriostramiento que aporta el tablero, en el sistema de plataforma.

### **Sistema de plataforma (Platform System)**

1. Es un sistema derivado del anterior.
2. Las plataformas obtenidas constan de un entramado de montantes ó viguetas y traveseros, más un cerramiento de tablero estructural.
3. Las plataformas constituyen tanto muros como forjados. La altura de montantes más testeros coincide con la altura de piso.
4. Se presta mejor a la prefabricación por facilitar la construcción de elementos intermedios.
5. Presenta un mejor diseño frente al fuego (en lo relativo a la propagación del incendio) porque consigue una mayor estanqueidad entre plantas.
6. El encuentro con la cimentación se realiza a través del primer forjado con un durmiente intermedio.
7. La erección del edificio es muy simple. Se van elevando plataformas de muros y forjados que son consecutivamente arriostradas unas a otras.

Será el sistema que desarrollaremos fundamentalmente en este capítulo.

### **Tecnología: elementos constitutivos**

El entramado ligero hace una distinción de elementos y funciones más diferenciados que los que emplea la construcción tradicional.

Fundamentalmente se concreta en la distinción de tres conceptos:

- Entramado
- Cerramiento y
- Revestimiento

El entramado constituye lo que puede denominarse como estructura principal (montantes, viguetas, cerchas).

El cerramiento forma la estructura secundaria (tablero de fachada, entrevigado, tablero soporte de la cubierta).

El revestimiento no tiene, por lo general, misión estructural y sólo sirve de protección y acabado (revestimiento de fachada, pavimento y techado o cubrición).

Todos los elementos del edificio (muros, forjados y cubiertas) son susceptibles de analizarse bajo estos conceptos. Un resumen esquemático de este análisis se presenta en la tabla 1.

Como antes se ha comentado en este sistema se emplean escuadrías estandarizadas:

- para montantes y testeros: 38 x 89 y 38 x 140 mm (2 x 4 y 2 x 6 pulgadas).
- para viguetas: 38 x 190, 38 x 240 mm (2 x 8, 2 x 10 pulgadas).

Debe recordarse que las dimensiones nominales en pulgadas son, general-

TABLA 1

**1. ENTRAMADO con funciones estructurales**

Elemento constructivo	Elemento longitudinal	Elemento transversal (travesaño)		
		cabeza	pie	elemento intermedio
Entramado de muro	Montante	tester superior	testero inferior	Dintel
Entramado de cubierta	Par Cercha	Viga de hilera Cordón superior	Cabecero Tirante o larguero	Correas Barras de celosía de falso techo
Entramado de forjado	Vigueta		Cabeceros	Cabeceros Zoquetes

**2. CERRAMIENTO con funciones estructurales y de soporte del revestimiento**

Elemento constructivo	Función
Cerramiento de muros	Cerramiento exterior de muros
Cerramiento de cubiertas	Cerramiento exterior de cubiertas
Cerramiento de forjados	Entrevigado o cerramiento de forjados

**3. REVESTIMIENTO sin funciones resistentes**

Elemento constructivo	Cara exterior	Cara interior/inferior
Revestimiento de muros	Revestimiento exterior	Revestimiento interior
Revestimiento de cubiertas	Impermeabilización	--
Revestimiento de del forjado	Pavimento	Revestimiento de techos (falso techo)



Entramado ligero



mente, media pulgada mayores que la dimensión real de la pieza.

### Principios estáticos: comportamiento estructural

La combinación de elementos portantes ligeros (entramado), trabajando solidariamente con elementos de cubrición (cerramiento y/o revestimiento) aportan al conjunto la resistencia y rigidez necesaria ante las acciones verticales y horizontales.

Las plataformas funcionan como una estructura plana (que resiste cargas perpendiculares a su plano y contenidas en él) y espacial en el conjunto del edificio.

La acción de las cargas se distribuye de la siguiente forma (Figura 3):

#### I. Acciones verticales

- Son resistidas por forjados de viguetas y cerchas de madera que transmiten la carga a los muros entramados.
- Son resistidas por los muros entramados: montantes arriostrados con el tablero de cerramiento para evitar el pandeo.

#### II. Acciones horizontales Viento y sismo

- Son resistidas por las paredes

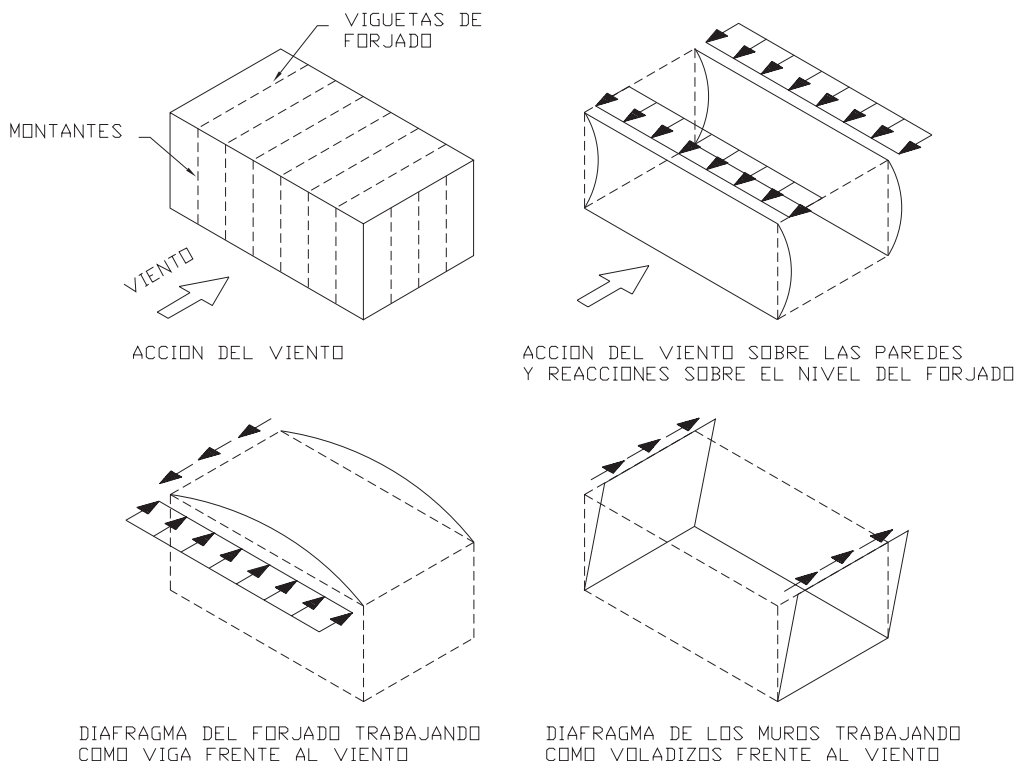


Figura 3



dispuestas perpendicularmente a la dirección del viento. Se producen dos reacciones: una en la cabeza de los montantes y otra en la cimentación.

- b) La reacción en la cabeza de los montantes se transmite al diafragma del forjado que actúa como viga de gran canto apoyada en los dos muros laterales.
- c) La reacción en la cimentación es transmitida por los muros laterales, que al estar empotrados en el suelo, actúan como voladizos que transmiten a la cimentación las reacciones de la «viga» de diafragma del forjado. De esta forma, cada muro se comporta como un diafragma rigidizado por el tablero, que evita el descuadre.
- d) Finalmente en la cubierta se produce un fenómeno similar en el que los diafragmas se organizan en los planos de cubierta.

El hecho de que todo el edificio tenga la misma constitución le hace apto para resistir los esfuerzos variables (viento y sismo) en cualquiera de sus caras. Por otro lado, hay que resaltar que la madera es capaz de resistir con una mayor eficacia cargas breves que cargas permanentes.

## Proceso constructivo

La programación de la obra es muy importante. Para casas normales, generalmente, se sigue un esquema de trabajo similar al que se indica en la tabla 2.



Entramado ligero



Entramado ligero

TABLA 2

TAREAS	S E M A N A S											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Replanteo y excavación	XXXX											
Servicios temporales	XXXX											
Preparación cimentación			XX									
Saneamiento enterrado		X										
Inspección cimentación		X										
Ejecución cimentación			X									
Entramado			XXXXX									
Ventanas y puertas exterior				X								
Fontanería				X								
Cerramiento horiz. y vert.				XXX								
Electricidad					X							
Cornisas						XXX						
Cubiertas						XX						
Pinturas exterior							XXX					
Climatización							X					
Inspección entramado								X				
Aislamiento								XX				
Chapados de piedra								XXXX				
Acabados interiores muros								XXXXXX				
Capintería interior (I)								XX				
Carpintería interior (II)									XX			
Pintura interior									XXX			
Counter tops											X	
Suelos										XX		
Aplicaciones												X
Fontanería acabados										XXX		
Climatización acabados										XX		
Electricidad acabados										XX		
Moquetas											XX	
Limpieza											X	
											XX	
Jardinería											XX	
Inspección final												X

# Cimentación

Como en todos los sistemas constructivos la cimentación tiene la función principal de transmitir las cargas al terreno. En los sistemas constructivos de madera (especialmente en el entramado ligero) se deben dar, además, dos condiciones que revisten gran importancia: evitar que la humedad llegue a la madera, a través de un adecuado diseño constructivo y contrarrestar el posible efecto de succión del viento.

La solución de la cimentación y arranque de la planta baja depende de la existencia de sótano, dando lugar a las siguientes tipologías:

## **Construcciones sin sótano**

- Sobre solera de hormigón.
- Sobre forjado de hormigón o madera con cámara de aire ventilada.

## **Construcciones con sótano**

Los muros son normalmente de hormigón armado o ladrillo, como en la construcción tradicional, pero cabe la posibilidad de emplear también muros entramados de madera aserrada tratada.



Entramado ligero



## Cimentaciones para construcciones sin sótano

Se realizará, como en la construcción tradicional, una cimentación de zanja corrida sobre la que se levanta un murete de hormigón, ladrillo o bloque. Sobre este murete arranca la estructura de la casa.

### Solera de hormigón

Sobre el terreno limpio se extiende una capa de grava gruesa (encachado de grava) con un espesor mínimo de 15 cm

(normalmente se recomiendan 25 a 30 cm). Su finalidad es evitar el ascenso de la humedad del terreno por capilaridad y, además, este espacio se utiliza para alojar conducciones de saneamiento.

Encima de esta capa se dispone una lámina impermeabilizante sobre la que se vierte el hormigón, que tendrá un espesor mínimo de 10 cm (normalmente se recomienda de 15 a 20 cm), que irá reforzado en su cara inferior con un mallazo de reparto.

La cara superior de la solera debe quedar a una cota entre 15 y 20 cm sobre el nivel del terreno, con el fin de facilitar la protección de la madera.

En la junta perimetral de la solera con

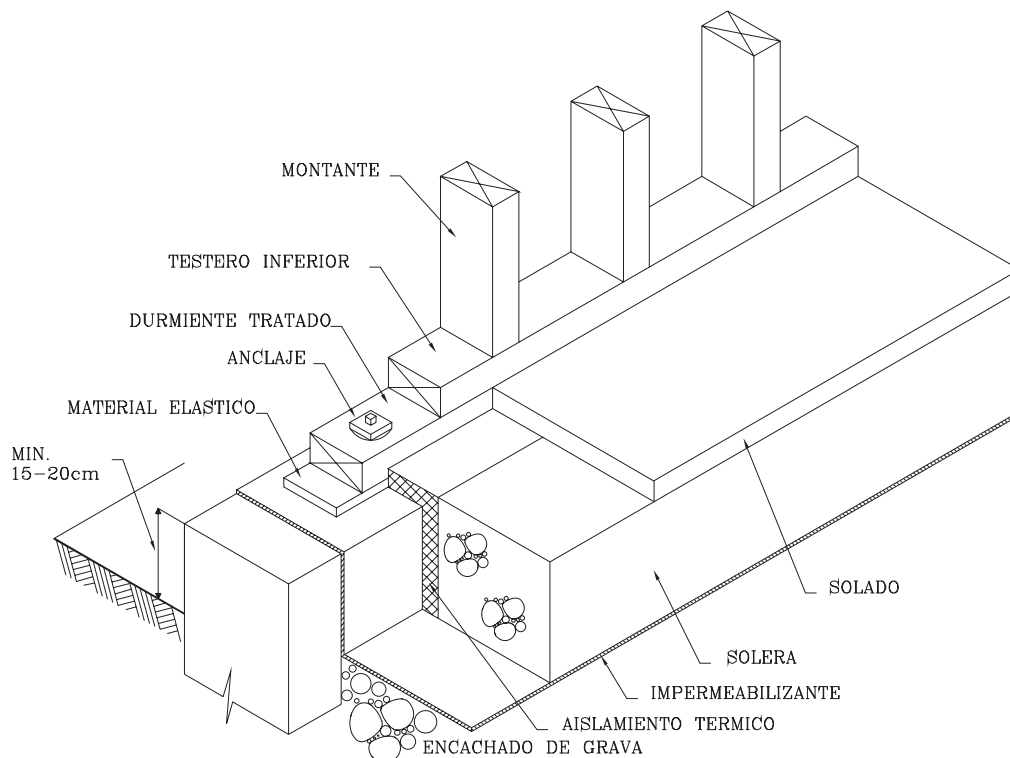


Figura 4

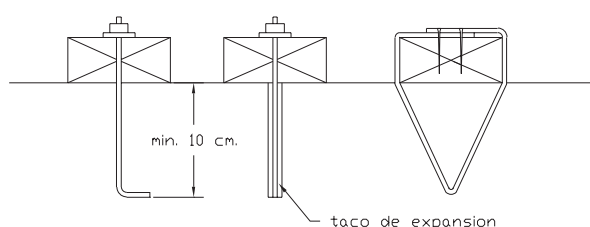
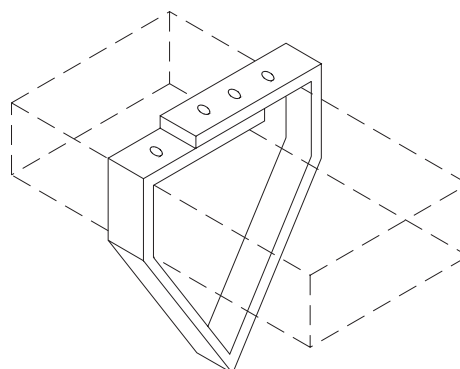


Figura 5

el muro que arranca de la cimentación, debe colocarse una capa de material aislante que evite el puente térmico con el exterior (Figura 4).

#### **Enlace con el muro entramado**

Se realiza a través de un durmiente de madera tratada en profundidad (generalmente con productos hidrosolubles,



como sales de CCA- cobre, cromo y arsénico).

Entre el durmiente y el cemento deberá colocarse una barrera antihumedad y una tira de material elástico (por ejemplo espuma de célula cerrada), para conseguir un mejor asentamiento y un sellado de la junta (ambos materiales tienden a unificarse en la práctica).

El durmiente se ancla al murete de arranque mediante elementos metálicos: pernos en el hormigón con la parte superior roscada y con tuerca de sujeción, o pletinas metálicas ancladas igualmente al hormigón y clavadas al perfil de madera al que abrazan.

La separación entre puntos de anclaje no será superior a 180 cm (60 cm en la esquina de la cimentación). La profundidad mínima del anclaje será de 10 cm (Figuras 5 y 6).

La posición que ocupa el durmiente sobre la cabeza del murete depende de los siguientes factores:

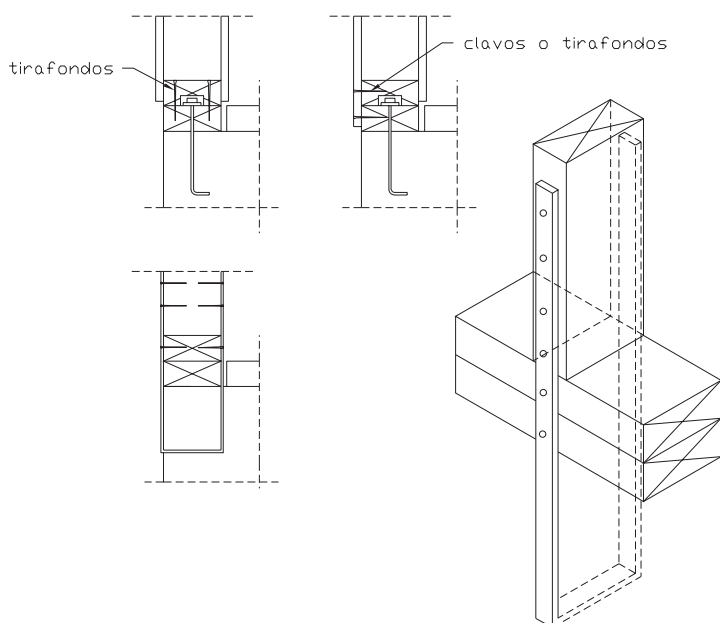


Figura 6





Si el murete es de hormigón, lo normal es colocar el durmiente enrasado con la cara exterior, facilitando así el desagüe (Figura 7).

Si el murete es de ladrillo o bloque, el recibido del anclaje, obliga a centrar algo más el durmiente (Figura 8). En este caso el problema de desagüe se debe solucionar de otra manera, por ejemplo desplazando el revestimiento o con babero.

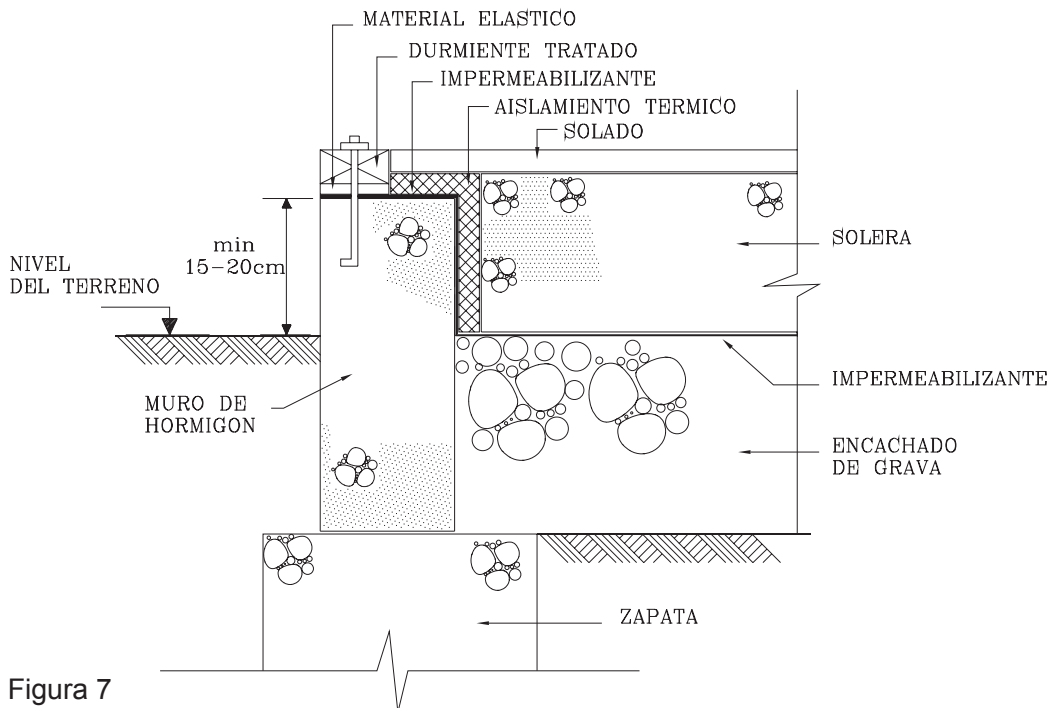
Finalmente, en el caso de utilizar un revestimiento de ladrillo, el durmiente quedará situado enrasado al interior para dejar el espacio necesario de apoyo del cerramiento de ladrillo y la cámara de aire (ver Anexo 4.1.4).

### Forjado con cámara de aire

Esta solución consiste en construir un forjado, que queda sobreelevado con respecto al nivel del terreno, dejando una cámara de aire ventilada que evita condensaciones y acumulación de humedad. La cámara ventilada tendrá una altura mínima de 30 cm.

Las aberturas para ventilación deben protegerse con rejilla y situarse a una altura adecuada para evitar la posibilidad de entrada de agua. La sección mínima de las aberturas es de 15 cm<sup>2</sup> por metro lineal.

El forjado puede ser de hormigón o de viguetas de madera y pueden disponerse muretes intermedios para acortar la luz.



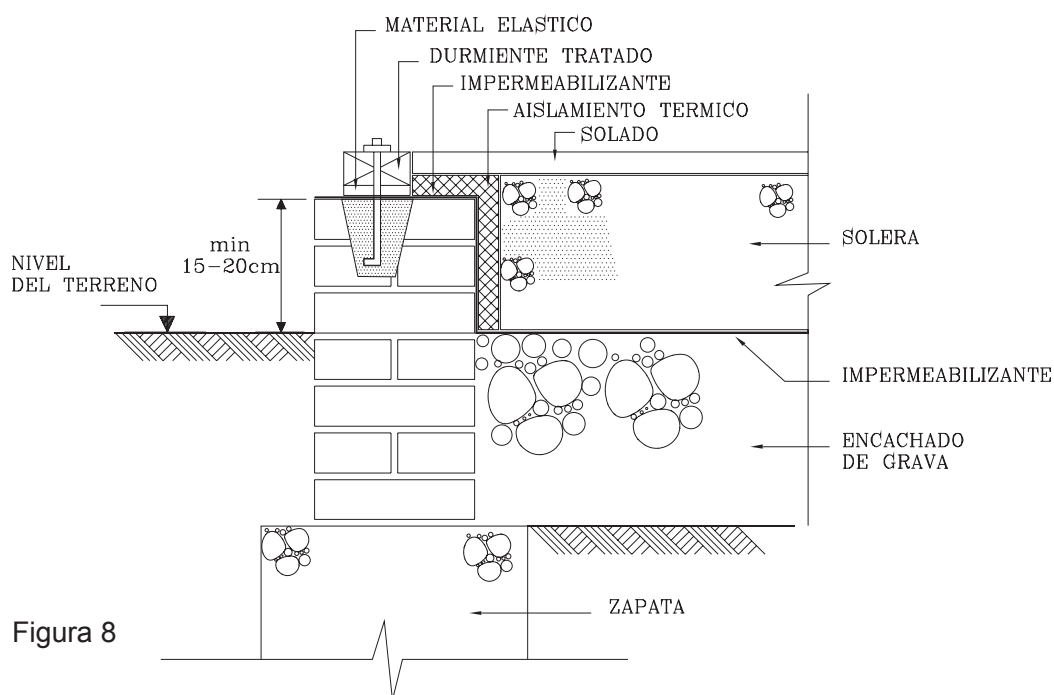


Figura 8

### Muretes de hormigón

El espesor mínimo del muro es de 150 a 200 mm. La cota superior del mismo

quedará levantada sobre el nivel del terreno en el exterior un mínimo de 150 a 200 mm. (Figura 9).

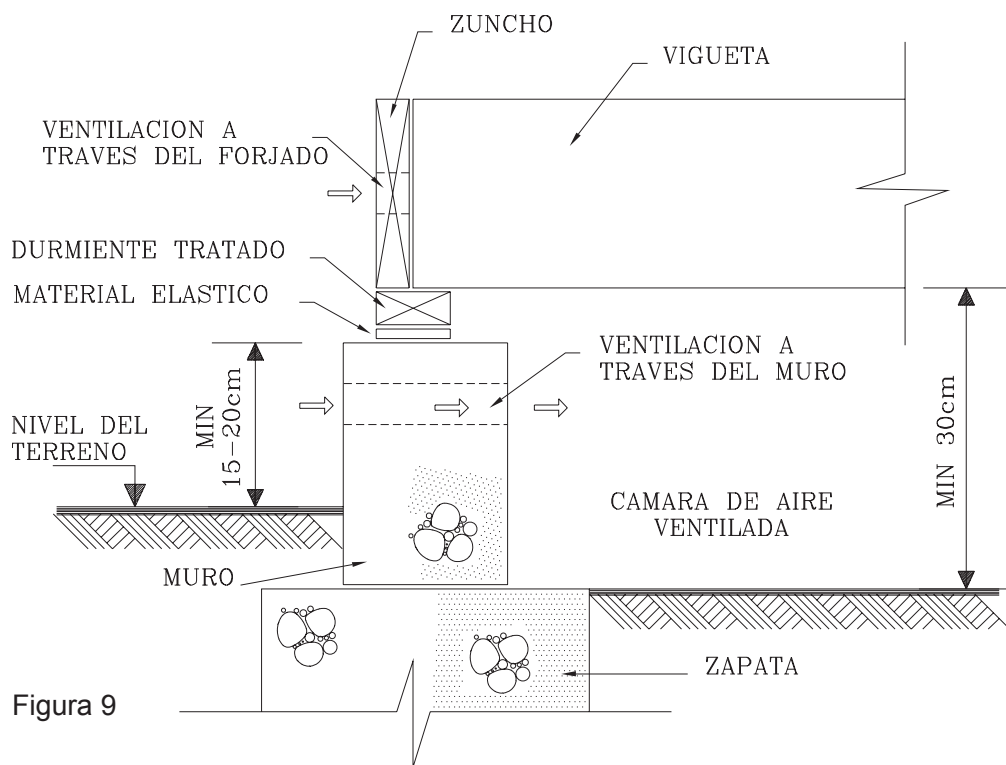


Figura 9



Entramado ligero



### Muretes de fábrica de ladrillo o bloque

El espesor mínimo recomendado es de 200 mm y los requisitos de altura sobre el terreno son los mismos que para el hormigón (150 a 200 mm) (Figura 10).

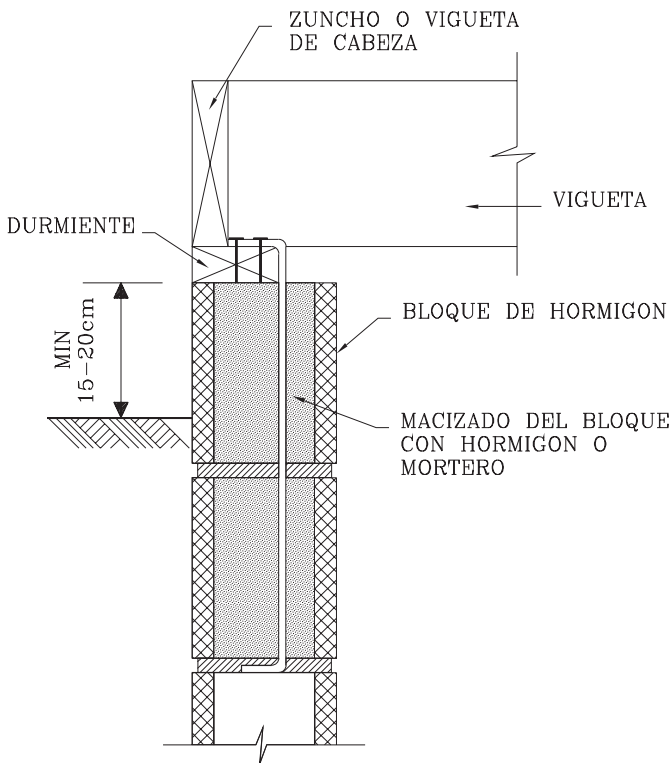


Figura 10

chapado. De esta forma se eluden los problemas de fraguado del hormigón.

#### *Elementos y dimensiones*

Son los mismos que para los entramados de muro: montantes de madera aserrada separados, según determine el cálculo (300, 400, ó 600 mm), traveseros, y cerramiento de tablero contrachapado (con un espesor mínimo de 12,7 mm).

### Muretes de entramado de madera tratada

Pensando en países extremadamente fríos se han desarrollado sistemas de cimentación prefabricados de entramado de madera aserrada y tablero contra-

#### *Puesta en obra*

El murete se apoya sobre una base de grava, cuidadosamente nivelada, a través de un durmiente o zapata corrida de madera. La profundidad de la cimentación dependerá de la capacidad portante del terreno.

En los países de clima muy frío, el nivel de apoyo deberá encontrarse por debajo del nivel de helada.



El tablero contrachapado que hace de cerramiento en el perímetro sólo llegará hasta 50 cm por debajo del nivel del terreno (Figura 11).

Otra posibilidad es que los montantes del muro llegaran directamente hasta la cimentación (Figura 12). En este caso el forjado apoya sobre un cargadero entre montantes. Esta solución reproduce el sistema de globo.

#### Protección

El espacio de la cámara debe estar convenientemente ventilado y protegido de la humedad del terreno con una lámina

impermeabilizante. Esta se coloca sobre el relleno de grava o bajo el forjado.

Tanto los montantes como el tablero contrachapado y el durmiente deben tratarse en profundidad con productos fungicidas.

El tablero contrachapado se clavará con la dirección de la fibra perpendicular a los montantes y se impermeabilizará en su cara exterior.

Las juntas (a media madera o machihembrada) irán selladas.

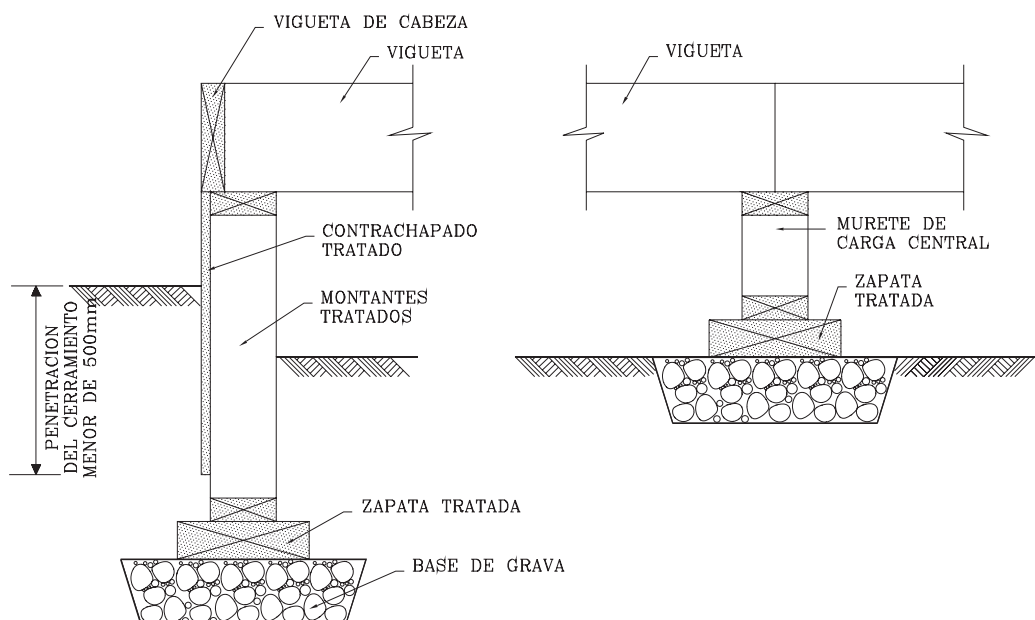


Figura 11



Entramado ligero



Entramado ligero

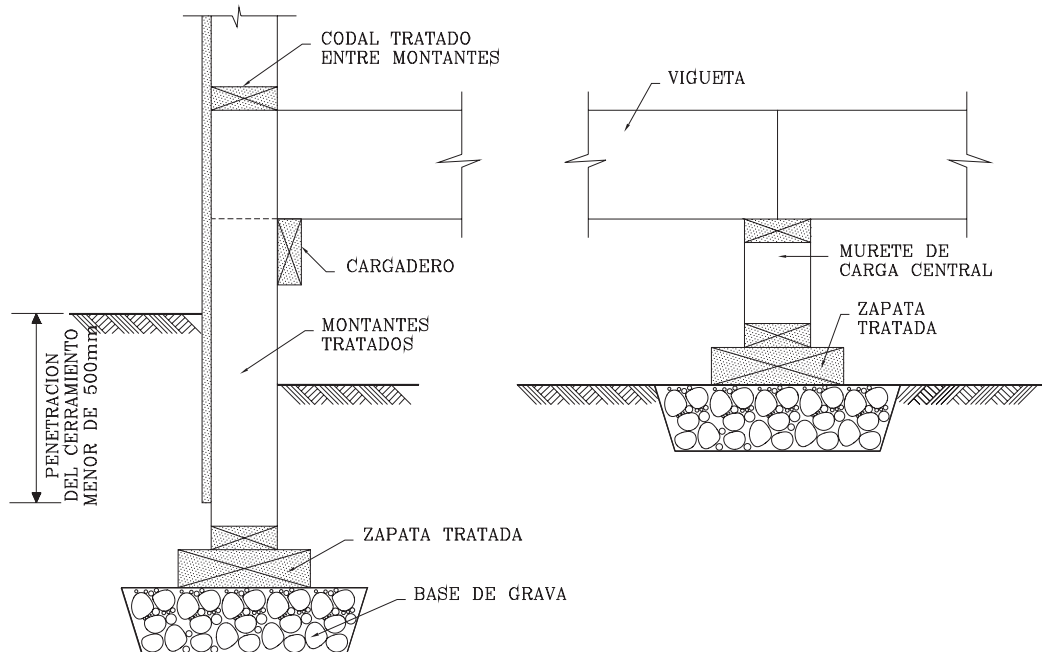


Figura 12

## Cimentaciones para construcciones con sótano

En las construcciones con sótano la ejecución no difiere respecto a la edificación tradicional. En norteamérica se utiliza además el sistema de muros de madera tratada. La excavación se realiza en talud que se rellena posteriormente con un enchado de grava disponiendo un sistema de drenaje en la parte inferior. Las dimensiones del talud dependen de la altura del muro y del tipo de terreno, pero se aconseja una separación mínima en su parte inferior de 250 mm entre arranque del talud y muro.

## Solera

La construcción de la solera es similar a los casos anteriores. Tendrá un espesor mínimo de 100 mm (normalmente entre 150 y 200 mm) y se apoya sobre un enchado de grava gruesa (con espesor de 15 a 30 cm) disponiendo una lámina impermeable entre ambos materiales.

En este caso la solera suele quedar sobre la cara superior de la zapata, para evitar una excavación más profunda. Entre el muro y la solera se dejará una junta de 25 mm que se sellará o se rellenará de arena (Figura 13).

La superficie de la solera debe tener una cierta pendiente hacia los puntos de desagüe.

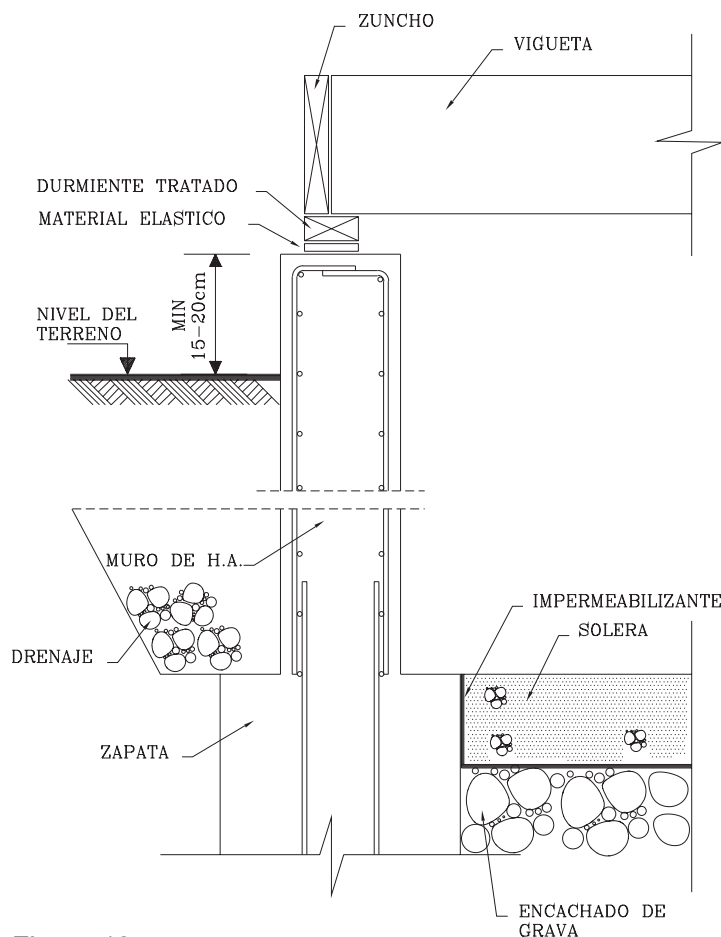


Figura 13

## Muro de contención

El muro va desde la zapata hasta su parte superior que debe sobresalir del terreno entre 150 y 200 mm protegiendo así la fachada.

Como en los casos anteriores los muros de contención pueden ser de hormigón armado, de fábrica de ladrillo o de bloque y de entramado de madera tratada.

### Muros de hormigón

No difieren en nada de la construcción tradicional.

### *Dimensiones*

Los distintos Códigos establecen unas dimensiones mínimas dependiendo de las condiciones de carga y altura que varían entre 150 y 300 mm. Algunos criterios para el predimensionado se exponen en las tablas del Anexo 5.

### *Encofrado*

Se utiliza normalmente tablero contrachapado pero no se excluyen otros materiales tradicionales. Los métodos de sujeción, separadores, juntas y apeos temporales del encofrado son también comunes a la construcción tradicional.



Entramado ligero



**Enlace con el entramado**

Los elementos de conexión con el resto del edificio suelen ser pernos metálicos embutidos en la cabeza del muro. Su pata tiene forma de garfio y su cabeza va roscada. Los pernos tienen un diámetro aproximado de 12,7 mm (1/2") y van separados unos 1800 mm, estando embebidos en el hormigón al menos 100 mm. Los pernos sujetan el durmiente de enlace sobre el que son recibidas las viguetas de forjado (Figura 14).

Cuando las vigas apoyan directamente en la cabeza del muro, han de dejarse unos cajeados especiales (Figura 15).

**Impermeabilización**

Se coloca una lámina impermeabilizante en la cara exterior del muro la cual tam-

bién cubrirá el vuelo de la zapata.

**Muros de bloque**

Los bloques son de hormigón vibrado y se fabrican con diferentes modulaciones, según los países.

**Puesta en obra**

El muro arranca directamente de la zapata con una capa de mortero un poco más gruesa de lo normal, pero nunca mayor de 2 cm.

Puede llevar embebidos pilares o machones, según lo requieran el cálculo y la estabilidad.

Para la apertura de huecos se utilizan las piezas especiales con que se pue-

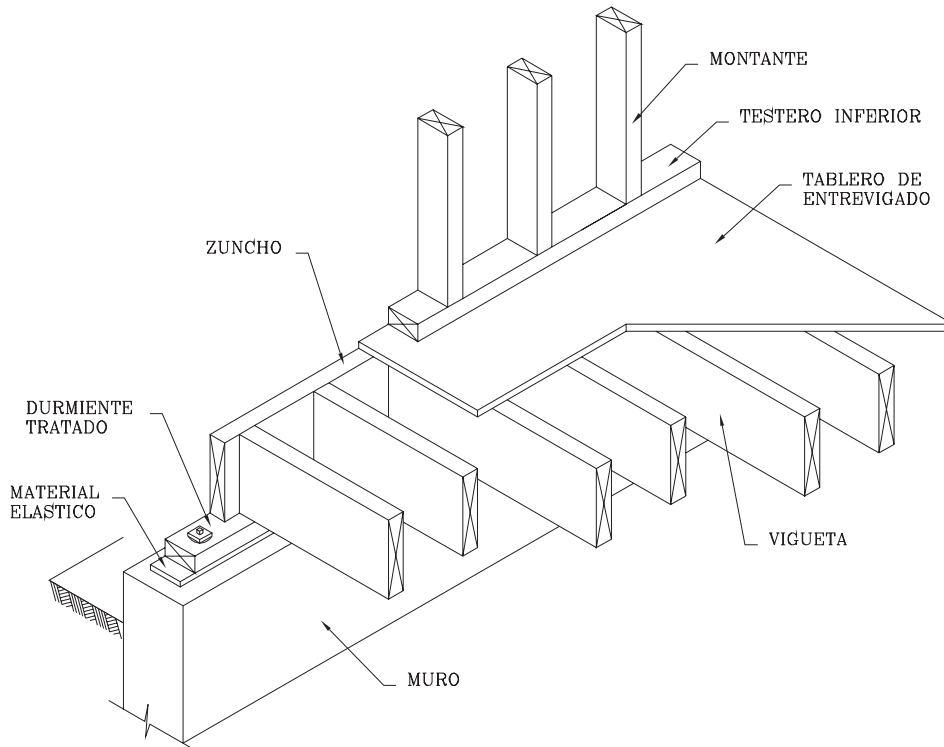


Figura 14

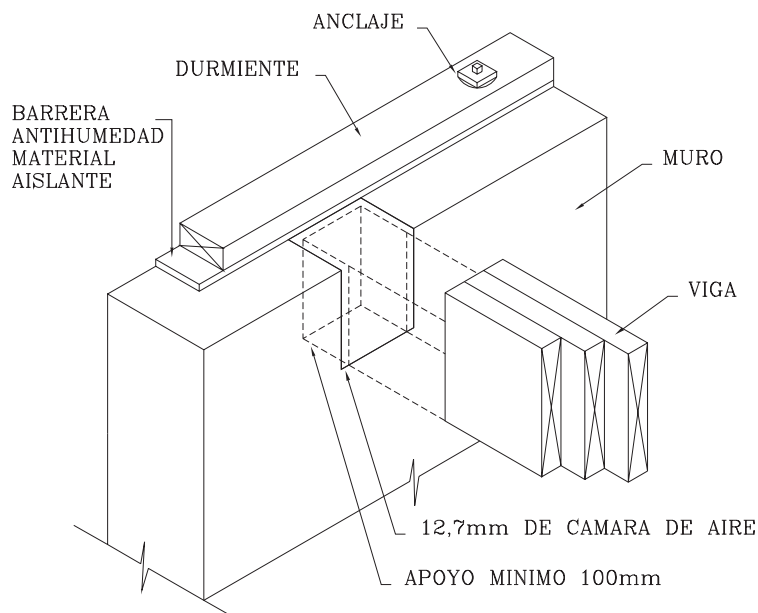


Figura 15

den configurar dinteles y jambas.

#### *Enlace con el entramado*

La hilada superior debe compactarse para atar mejor el conjunto y recibir el durmiente. Esto puede conseguirse macizando con hormigón vertido o utilizando piezas macizas especiales.

El anclaje se colocará en esa hilera compactada o en las juntas, cada dos bloques. Tendrá una longitud mínima de 400 mm y un grosor de 12,7 mm (1/2"). (Figura 10).

#### *Impermeabilización*

Se colocará una lámina impermeabilizante en la cara exterior del muro sobre una capa de mortero, y también cubrirá el vuelo de la zapata.

#### *Aislamiento térmico*

Se colocará horizontalmente y sirviéndose de unos rastreles de madera que

hacen de guía. Para más detalles ver Anexo 7.

#### **Muros de madera tratada**

Los muros de madera tratada están teniendo mucha aceptación en algunas regiones septentrionales, ya que ofrecen ventajas sobre el hormigón y la fábrica:

1. Se instalan más fácilmente en climas muy fríos, debido a su sistema de construcción en seco.
2. Se coloca más fácilmente la impermeabilización, el aislamiento térmico y demás conducciones.
3. Es prefabricable, por lo que puede colocarse por módulos.
4. Consigue una mayor continuidad con el resto del edificio de madera.





**Elementos y materiales**

Se utilizan los mismos que en el resto de los entramados de madera: montantes, traveseros y cerramientos de tablero estructural.

Los montantes han de ser de madera aserrada dimensionada (ver Anexo 1) y se colocan separados a 300 mm. Los tableros de cerramiento suelen ser de contrachapado, con la dirección de la fibra perpendicular al montante y con un

grosor mínimo de 12,7 mm (Figura 16).

En la figura 17 se describe este tipo de muro cuando soporta una fachada de ladrillo.

**Impermeabilización**

Tanto los montantes como el tablero y el durmiente, deben ser tratados en profundidad con protectores fungicidas.

El tablero además irá revestido en su

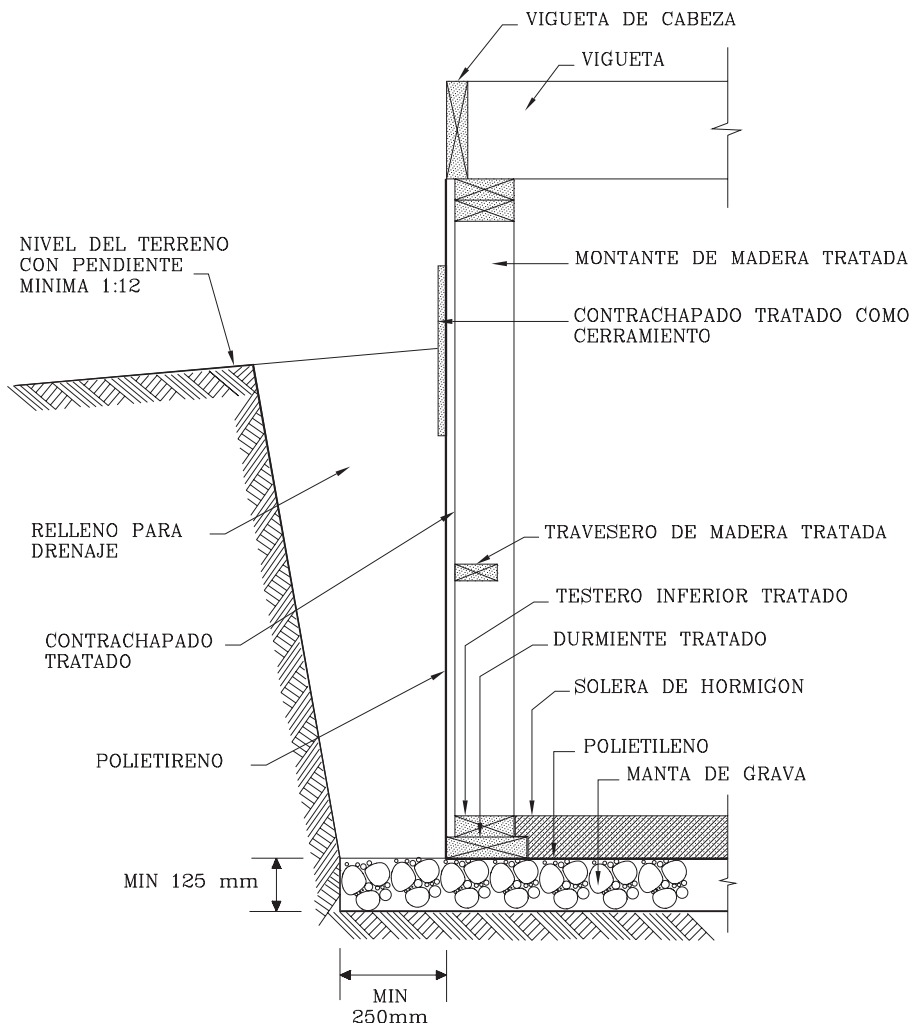


Figura 16

cara exterior con un impermeabilizante, y sus juntas (a media madera o machihembrada) deberán sellarse.

#### *Aislamiento térmico*

El aislamiento térmico se coloca en el hueco entre montantes, de la misma forma que en el resto de los muros del

edificio (Ver Anexo 7).

#### *Puesta en obra*

Los módulos prefabricados se colocan y fijan sobre un durmiente y se apean temporalmente hasta que se instale el forjado de la primera planta, que lo arriostrará definitivamente.

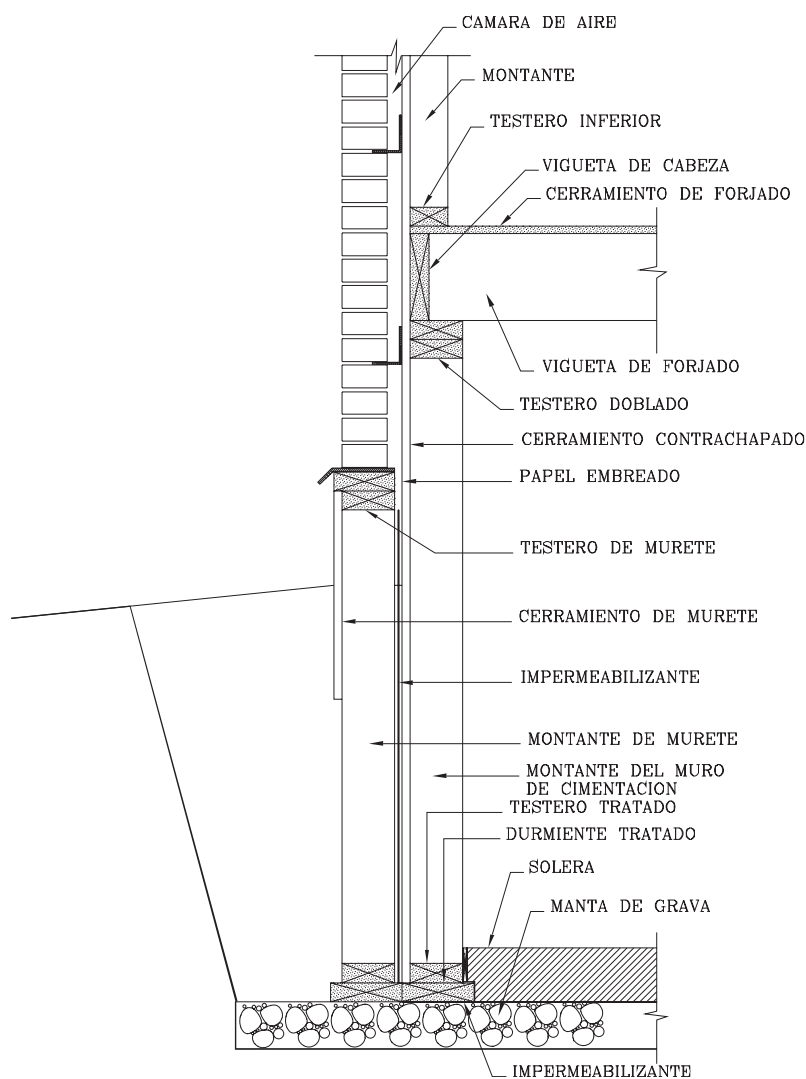


Figura 17



Entramado ligero



# Forjados

## Generalidades

La plataforma que constituye el forjado se arma con los siguientes elementos: viguetas y cerramiento de tablero. Se apoya sobre muros o vigas (Figura 18).

En el Anexo 2 se profundiza en todos los componentes y en su comportamiento estructural.

## Viguetas

### Viguetas de madera aserrada

Las viguetas del forjado tradicionales son piezas de madera aserrada, clasificadas estructuralmente y con escuadrías normalizadas, distintas en cada país.

En general se escogen calidades y especies de madera muy ajustadas a las exigencias requeridas lo que se traduce

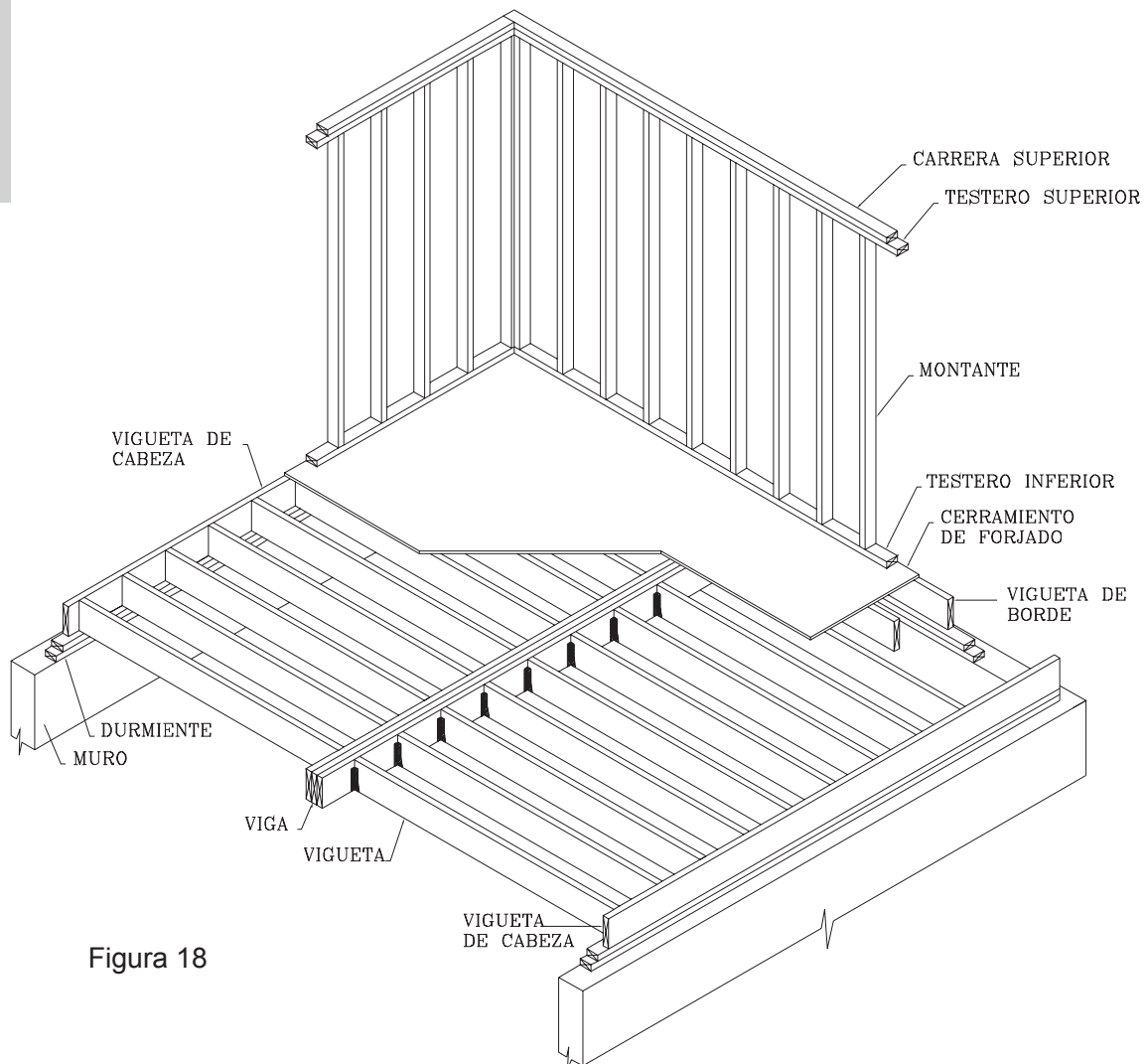


Figura 18



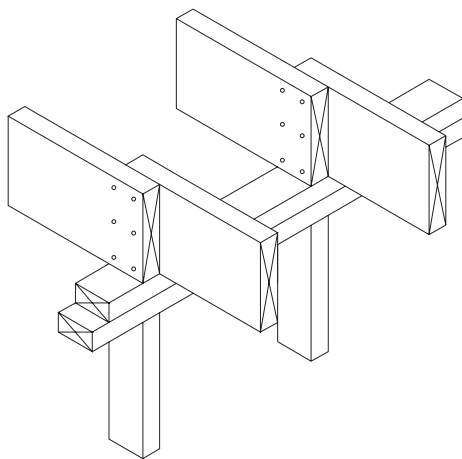
en una economía de material.

Los diferentes sellos de calidad de algunos países (EE.UU., Canadá y Escandinavia) permiten especificar perfectamente la madera aserrada a emplear.

Su contenido de humedad debe controlarse recomendándose no superar el 15%. Además no deben mezclarse piezas secas con piezas húmedas, aunque tengan la misma resistencia estructural, para evitar movimientos del entramado.

### **Viguetas en doble T**

En la actualidad cada vez se emplean más las viguetas prefabricadas con sección en doble T. Están fabricadas con cabezas de madera microlaminada o maciza, y alma de tablero o de chapa metálica. Estas viguetas presentan la ventaja de su mayor longitud con lo que es fácil conseguir forjados continuos y luces mayores (ver Anexo1).



UNION DE VIGUETAS TRASLAPADAS

Figura 19

Para obtener más información consultar el Anexo 1.

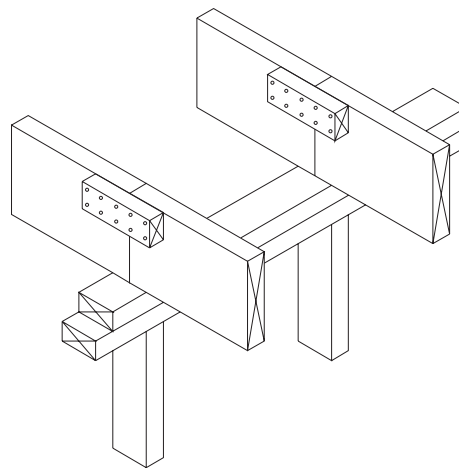
### **Organización y dimensionado**

La separación habitual de las viguetas es de 400 mm. Esta puede aumentarse a 600 mm con cargas y flechas más suaves, o reducirse a 300 mm ante condiciones más exigentes.

Por razones de diseño se tiende a utilizar la misma modulación en forjados y muros.

Las viguetas se empalman o unen siempre sobre elementos de apoyo: muros o vigas (Figuras 19 y 20).

En el Anexo 5 se muestran las luces aconsejables en las distintas clases y secciones de viguetas con diferentes condiciones de carga.



UNION DE VIGUETAS A TESTAS



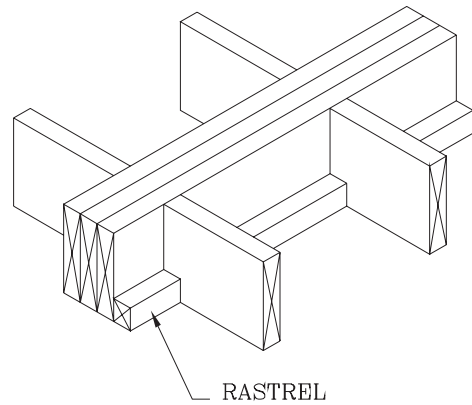
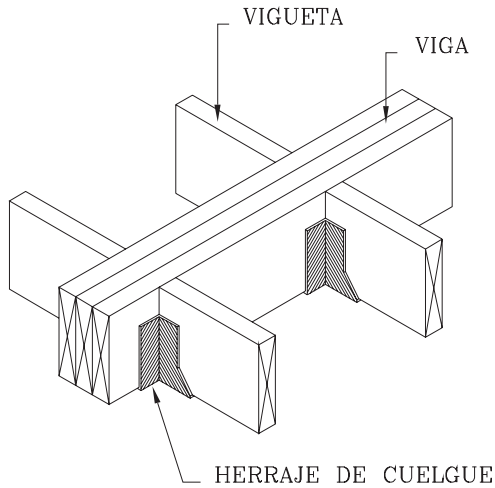


Figura 20

### Vigas y cargaderos

Se pueden utilizar madera y productos derivados además de vigas metálicas.

#### Cargaderos y vigas de madera

Pueden ser de una sola pieza o formarse por la agregación de perfiles de madera aserrada. Este último sistema es el más habitual ya que se ejecuta con material muy accesible en obra. La viga normalmente se compone con 3 ó más perfiles clavados y las juntas de testa se realizan traslapadas preferiblemente sobre las superficies de apoyo o en un margen cercano al cuarto de la luz salvada.

Cuando las cabezas se empotran en muros (por ejemplo en el caso de la cimentación) debe cuidarse la ventilación dejando una pequeña holgura entre el perfil y el muro.

Además de la madera maciza puede utilizarse madera laminada encolada, que presenta la ventaja de no tener limitación de longitud, pero es más cara. Normalmente se utiliza madera laminada cuando se va a dejar vista.

#### Vigas de materiales derivados de la madera

Existen otros materiales a base de madera que se utilizan cada vez más frecuentemente como vigas u otros elementos estructurales: la madera microlaminada (LVL) y la madera laminada en tiras (PSL), cuyas características se detallan en el Anexo 1.

Con estos productos es posible dejar vanos de mayor luz y sustituyen con ventaja a la viga metálica.

En el Anexo 5 pueden encontrarse unas tablas de predimensionado para estos materiales.

### **Vigas metálicas**

Ofrece la posibilidad de un menor canto, lo cual puede interesar en algunos casos.

### **Perforación de vigas y viguetas**

Para el paso del cableado eléctrico, fontanería y aire acondicionado es necesario perforar piezas individuales y en serie.

Los taladros pequeños (cableado eléctrico y fontanería) no exigen refuerzo especial bastando con que la perforación se efectúe a una separación mínima de los bordes superior e inferior de 50 mm.

Los taladros y cajeados para el paso de instalaciones con mayores dimensiones se especifican en el Anexo 2.

### **Cerramiento del forjado o entrevigado**

El cerramiento se soluciona habitualmente con tableros de distinto tipo, cuyos grosores dependen del material empleado y la separación de viguetas.

Las juntas se harán coincidir sobre éstas y se clavarán con separaciones en torno a 150 mm en los bordes y 300 mm en el interior. Además se desplazarán alternativamente y, dependiendo del canto del tablero, pueden resolverse con juntas a media madera, machihembrado o a tope (Ver Anexo 5).

También pueden utilizarse tablas. Una información más detallada puede encontrarse en el Anexo 3.

### **Armado del forjado**

La plataforma se arma disponiendo la vigería a la separación de ejes elegida y rematada en las testas con la vigueta de cabeza.

En las soluciones de entrevigado con tablero contrachapado, éste se clava al borde superior de la vigueta de forma continua y en algunos casos, además, se encola.

Si se quiere que el tablero actúe como diafragma, además del clavado, deberá contarse con cubrejuntas en la dirección perpendicular a las viguetas, o bien resolverse el encuentro con junta machihembrada y encolada. Cuando se cumplen estas condiciones no es preciso añadir arriostramientos en el vano del forjado. Sin embargo es recomendable éste para facilitar el montaje porque sirven a la vez de guía para la modulación y estabilizan temporalmente las viguetas.

Cuando esto no es así, por ejemplo, cuando se utiliza un entablado u otra solución que no cumpla las condiciones anteriores, se deberán incorporar arriostramientos con los siguientes sistemas:

1. Cruces de S. Andrés (del orden de 19 x 64 mm ó 38 x 38 mm).
2. Codales del orden de 38 mm de grueso.



Entramado ligero



### Situaciones especiales

#### Forjado sobre el que apoyan muros de carga

Cuando el muro es paralelo a las viguetas debe soportarse con una viga.

Cuando el muro es perpendicular a las viguetas no debe separarse más de

100 mm del apoyo del forjado. En otros casos debe recurrirse al cálculo.

#### Forjado sobre el que apoyan paredes sin carga

Si la pared es paralela a las viguetas, en la zona superior se colocarán travesaños intermedios de 38 x 89 mm, separados entre sí a una distancia inferior a 120 mm para poder fijarlo (figura 21).

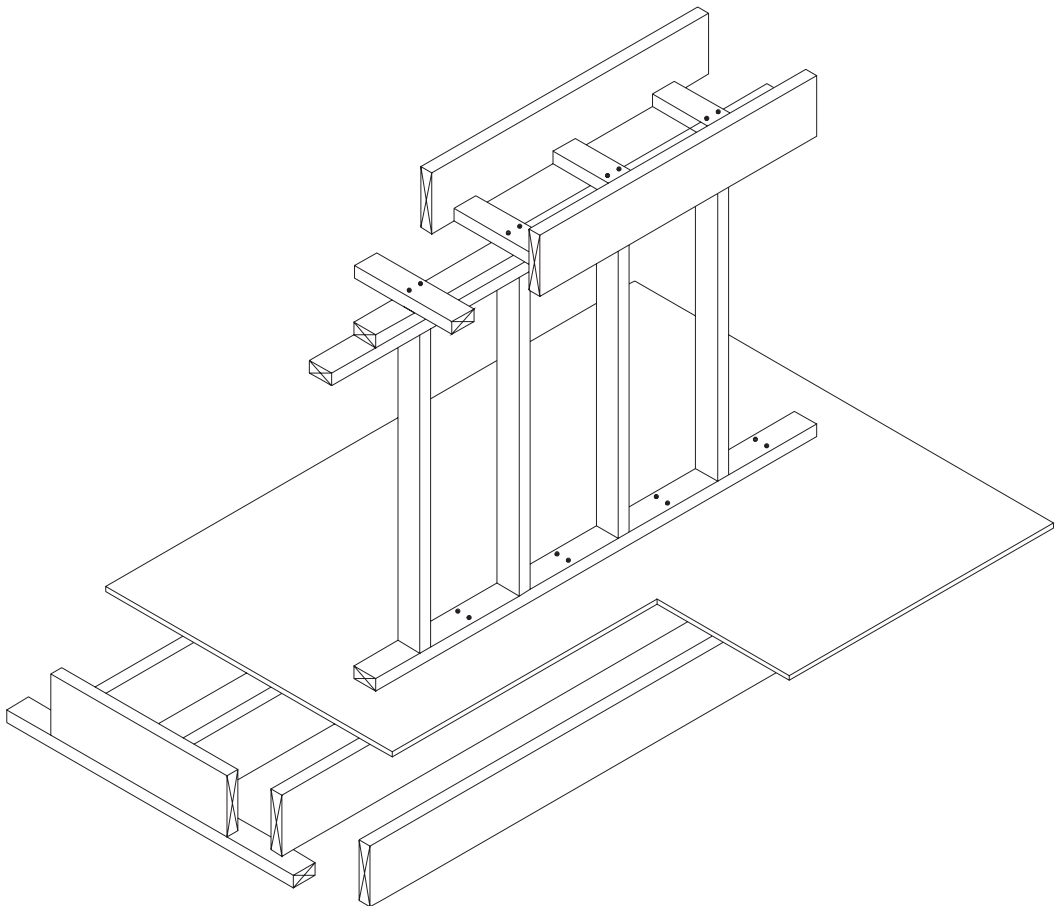


Figura 21

Si fuera necesario se colocará una viga o vigueta que la soporte. Si es perpendicular, simplemente se comprobará la capacidad portante de la vigueta, considerando esta carga.

### **Huecos en el forjado**

En la apertura de huecos normales (escaleras, conducciones, etc) debe procurarse hacer coincidir éstos con la modulación y basta con doblar las viguetas (Figura 22).

### **Voladizos**

El sistema plataforma permite pequeños voladizos, aunque estos no deben exceder de 400/600 mm dependiendo del canto de las viguetas empleadas.

Para otro tipo de voladizos habrá de recurrirse al cálculo. En el Anexo 2 se muestran las soluciones constructivas más interesantes.

### **Aislamiento térmico del forjado**

Cuando sea requerido por las condiciones del local inferior (sótano, cámara de aire o locales no calefactados) se deben incorporar materiales aislantes, cuyas características y condiciones de instalación se detallan en el Anexo 7.

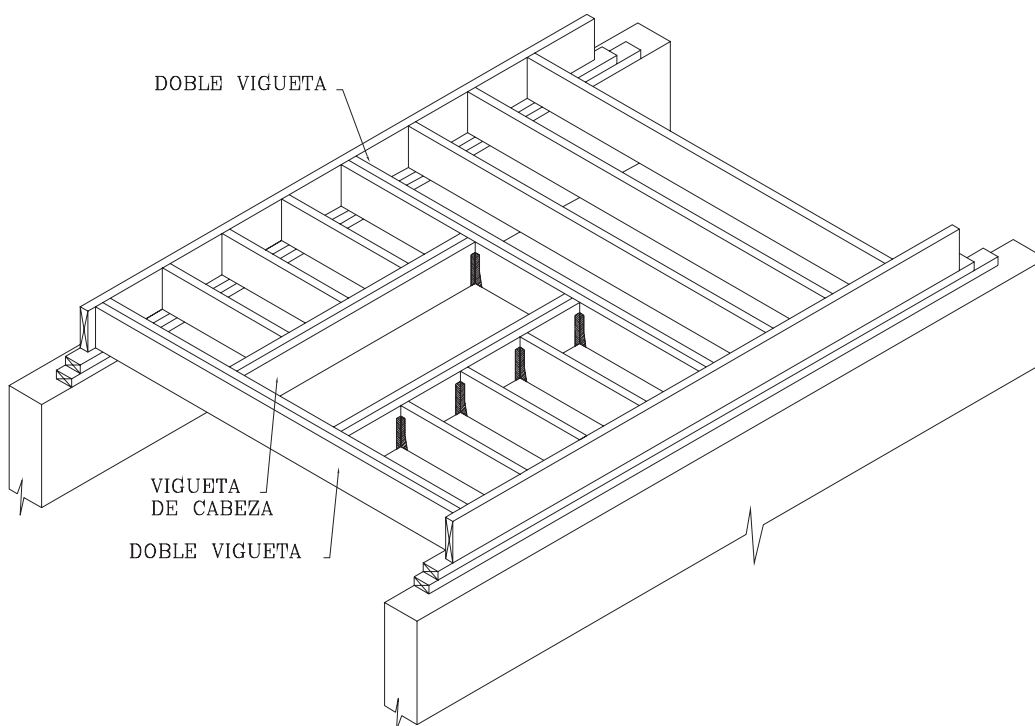


Figura 22





## Aislamiento acústico del forjado

Cuando se requiera aumentar el aislamiento acústico, habrá de recurrirse a otros materiales y diseños específicos cuyas características se detallan en el Anexo 7.

## Entramado de muros y paredes

El entramado de muros está constituido por todo el conjunto de piezas verticales, horizontales e inclinadas. Las piezas verticales se denominan montantes, las horizontales, travesaños (testeros superior e inferior, y dinteles), y las inclinadas, riostras (ver Anexo 2 y figura 23).

Generalmente los muros exteriores reciben un cerramiento en la cara exterior y un revestimiento interior, y los interiores

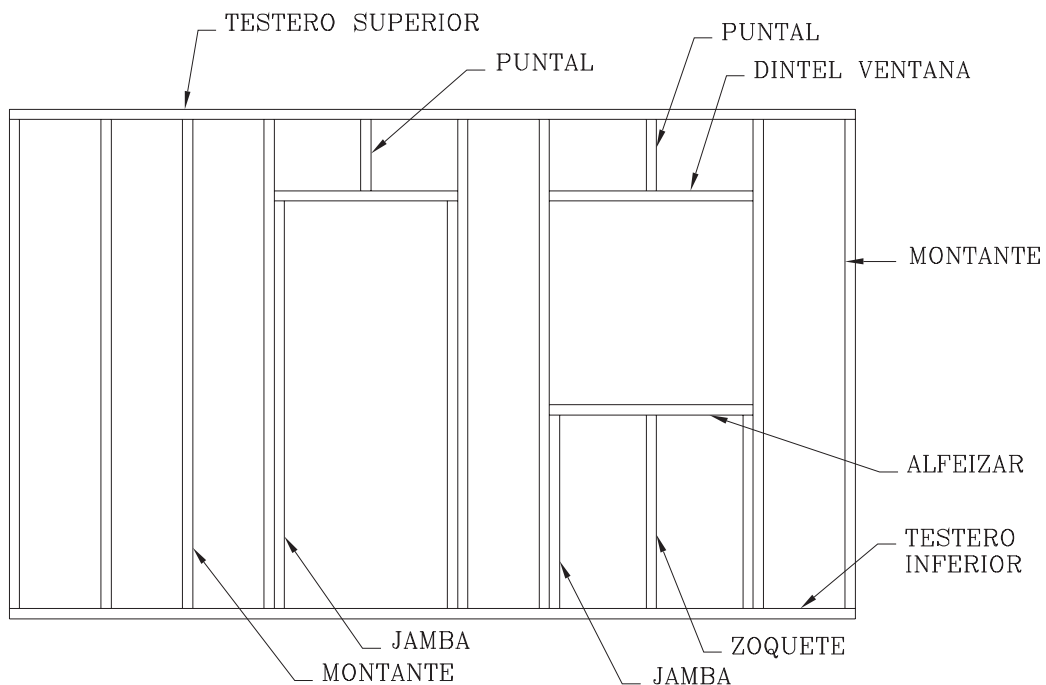


Figura 23

un revestimiento en ambas caras.

En el sistema globo (ballon frame) los montantes verticales tienen una altura de dos plantas y van clavados al durmiente que se ancla en la cimentación. Las viguetas de forjado se clavan a cada montante lateralmente. Cuando este entramado está armado, se clavan traveseros horizontales entre montantes para dar mayor capacidad resistente a la unión.

## Montantes

Son piezas de madera aserrada de dimensiones normalizadas clasificadas estructuralmente y dispuestas verticalmente.

### Características de los montantes

En general se escogen calidades y especies de madera muy ajustadas a las exigencias requeridas lo que se traduce en una economía de material.

Los diferentes sellos de calidad de algunos países (EE.UU., Canadá y Escandinavia) permiten especificar perfectamente la madera aserrada a emplear.

Su contenido de humedad no debería exceder del 15%. Además no deben mezclarse piezas secas con piezas húmedas, aunque tengan la misma resistencia estructural, para evitar movimientos del entramado.

## Cálculo

La separación a ejes habitual es de 400 mm aunque pueden aumentarse a 600 mm o disminuirse a 300, en función de las cargas a soportar y de las escuadrías disponibles. Se tiende a utilizar la misma modulación que en forjados y muros para facilitar el diseño y montaje.

Las escuadrías más típicas son 38 x 89 y 38 x 140 mm.

En el Anexo 5 se muestran las separaciones para diferentes escuadrías y condiciones de carga, tanto en muros exteriores como interiores.

## Armado de los muros

Los módulos de paredes se arman, generalmente, antes de su erección (bien in situ o en fábrica).

Aunque puede hacerse posteriormente, lo habitual es que, una vez armados los elementos, se coloque el cerramiento. Además de que el clavado es más sencillo, se evitan descuadres durante la instalación. También es conveniente colocar en ese momento el aislamiento.

Todas las piezas han de tener el mismo ancho y, preferiblemente, el mismo grueso.

Los huecos para puertas y ventanas pueden ejecutarse en esta fase, aunque lo normal es que se practiquen al final, cuando se vaya a recibir la carpintería.





## Cerramiento del muro

El cerramiento es la cara exterior del entramado y se clava directamente a éste. Sirve de soporte del revestimiento exterior y recibe el aislamiento.

El cerramiento se soluciona con tableros (contrachapado o de virutas) o tablazón. En el Anexo 3 se establecen sus características y su separación entre montantes.

Los tableros se colocan, generalmente, de forma vertical para que coincida su dimensión con la altura total del muro. Si se disponen horizontalmente se han de alternar las juntas.

Las separaciones de clavado son similares a las de forjados: en torno a 150 mm en los bordes y 300 mm en el interior. Para la tablazón se siguen criterios similares a los de los forjados (ver Anexo 6).

## Erección de los muros

Como se ha dicho anteriormente, existen dos sistemas para erigir el entramado: con o sin cerramiento.

### Erección del entramado sólo

En este caso se debe rigidizar el entramado antes de levantarlo. Normalmente se consigue con riostras a 45°.

Tras colocarlo en su posición y aparlo temporalmente, se clava el testero superior al forjado.

Cuando los muros están escuadrados y aplomados, se unen entre sí trabando las esquinas e intersecciones con otros muros. Finalmente se añade un segundo testero o carrera de reparto superior cuyas juntas se desplazan respecto de las inferiores (ver Figura 24).

Este segundo testero normalmente solapa en las esquinas e intersecciones. Cuando esto no es posible, se utilizan placas metálicas clavadas.

Todos los muros y tabiques deben unirse de esta manera.

Finalmente se clava el cerramiento.



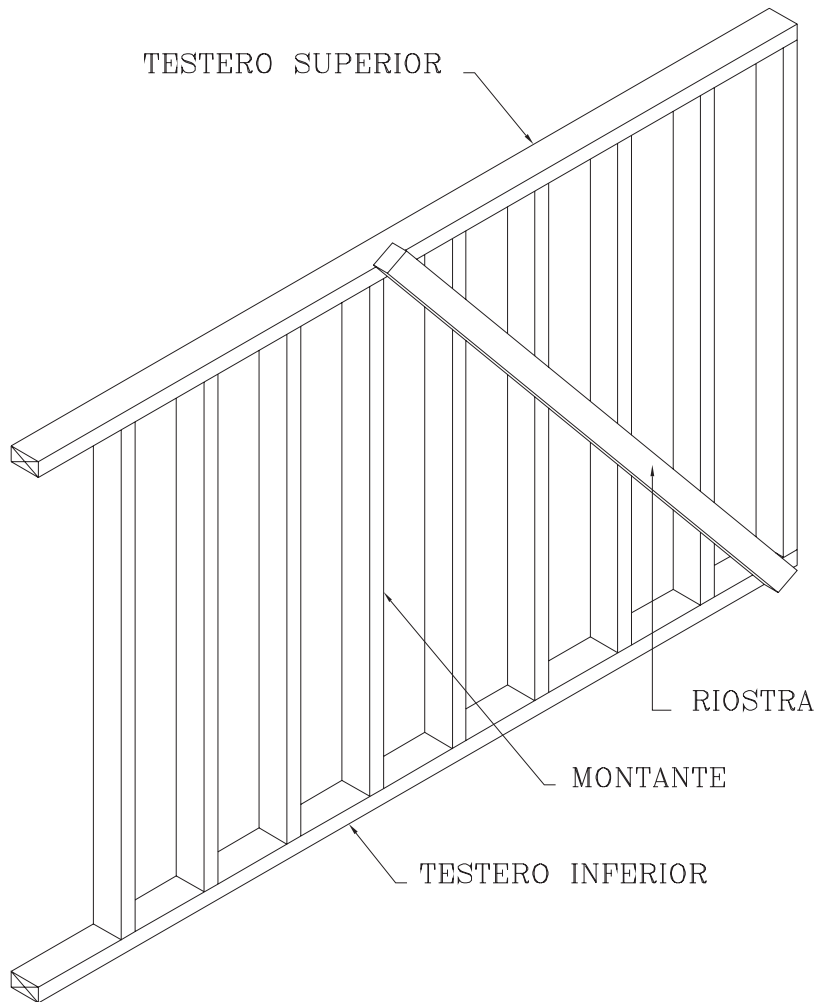


Figura 24





### **Erección de la plataforma completa**

Los muros se levantan enteros o por módulos y van completos (entramado, cerramiento, y en algunos casos aislamiento). Se apuntalan temporalmente mientras se ajustan los contiguos, con los que quedarán trabados. Los encuentros de esquina han de estudiarse con anterioridad, siguiendo los mismos criterios enunciados en el Anexo 3 (ver Figura 25).

Debe dejarse una junta de expansión de 2 a 3 mm entre tableros para evitar el abombamiento de las plataformas por efecto de la eventual hinchazón del tablero.

### **Enlace entre muros y forjados**

El forjado apoya directamente sobre la cabeza del muro de planta baja. Constituye una nueva plataforma sobre la que se levanta el muro de la siguiente planta (Figura 26).

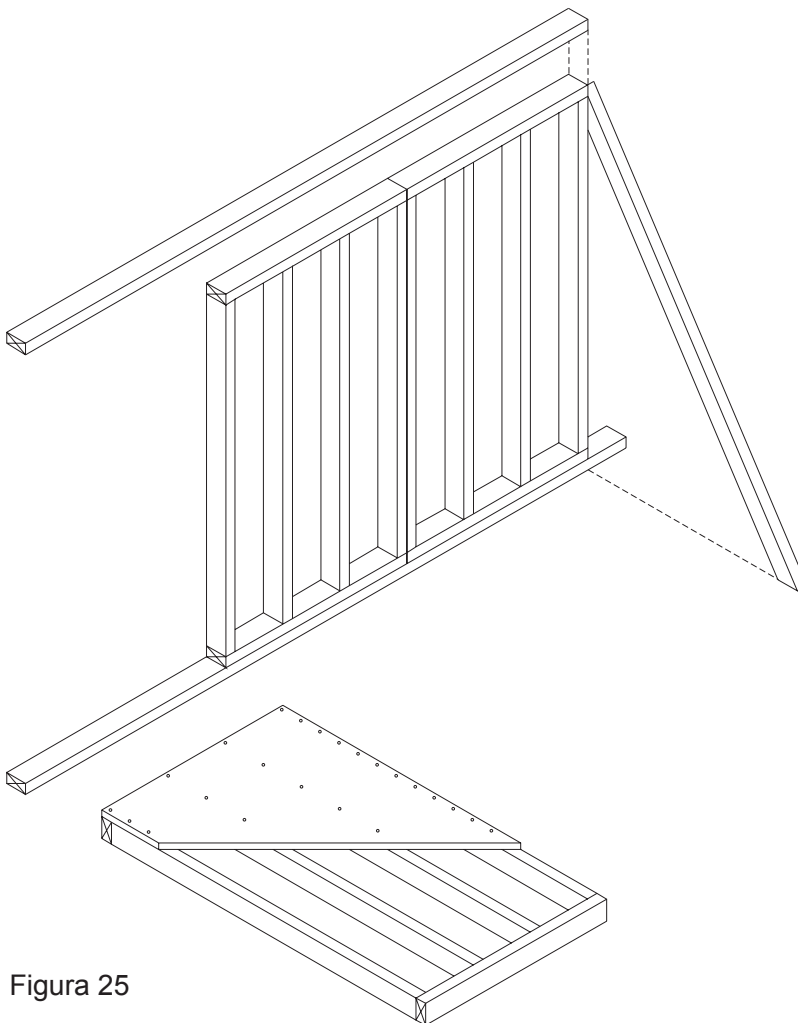


Figura 25

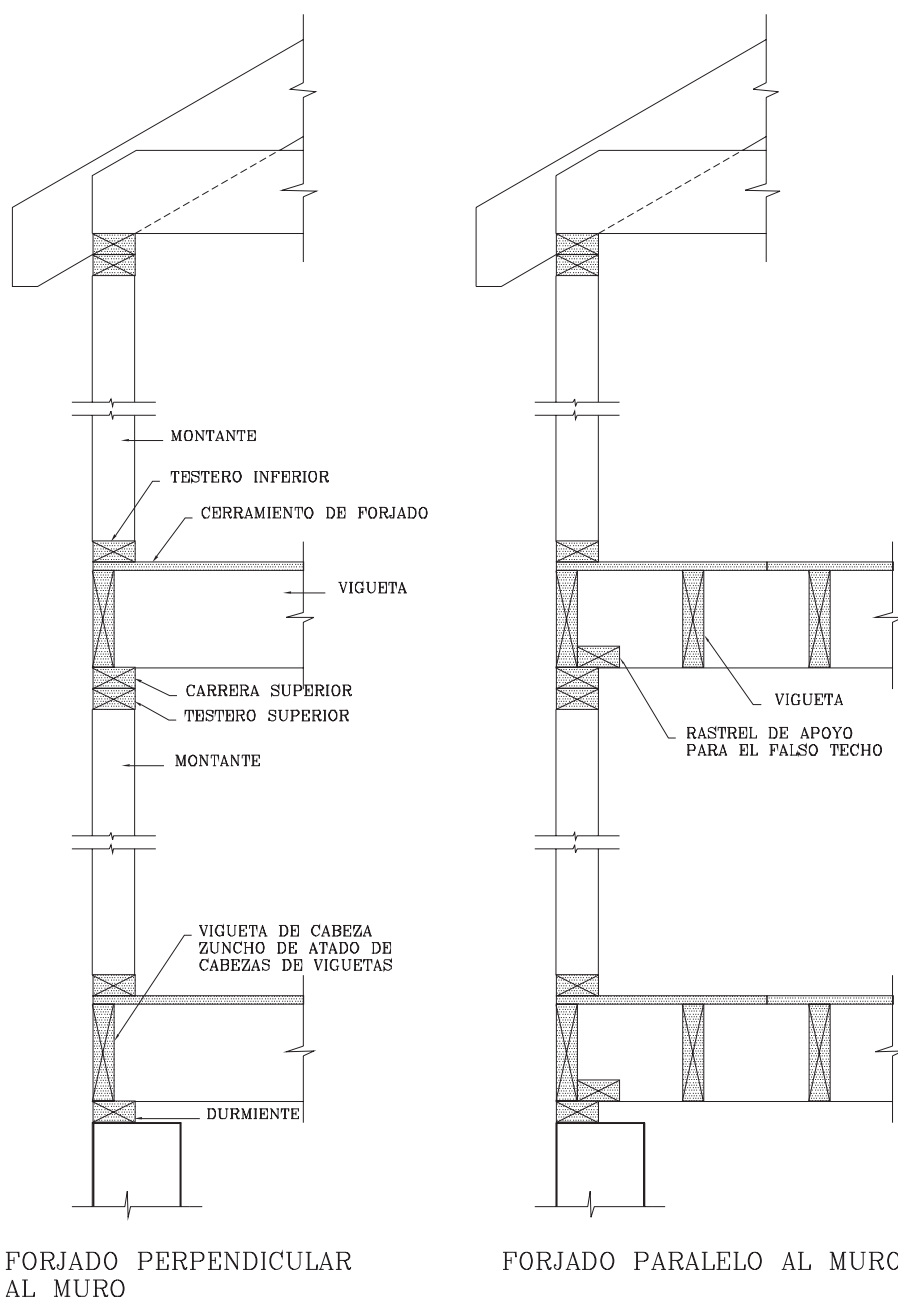


Figura 26





Entramado ligero

El apoyo del forjado en el muro se describe en la figura 27, y en la 28 y 29 se indican dos posibles soluciones del encuentro del forjado en el borde paralelo a las viguetas.

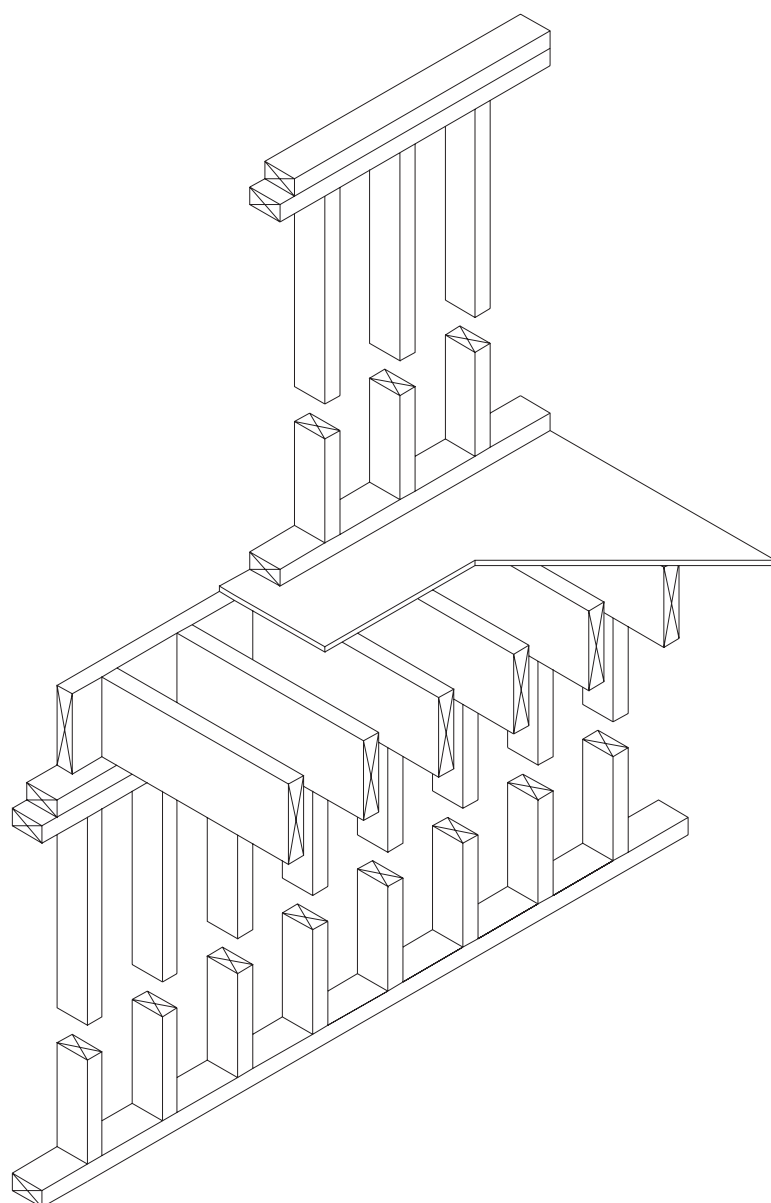


Figura 27

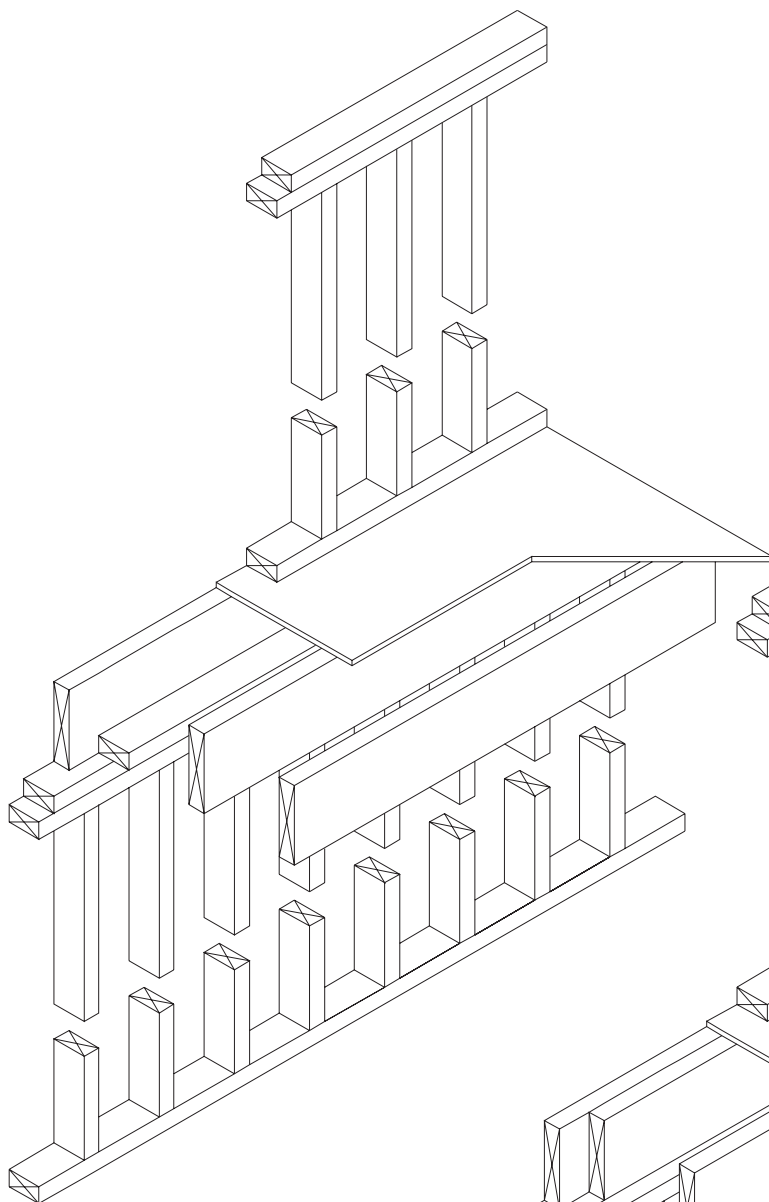


Figura 28

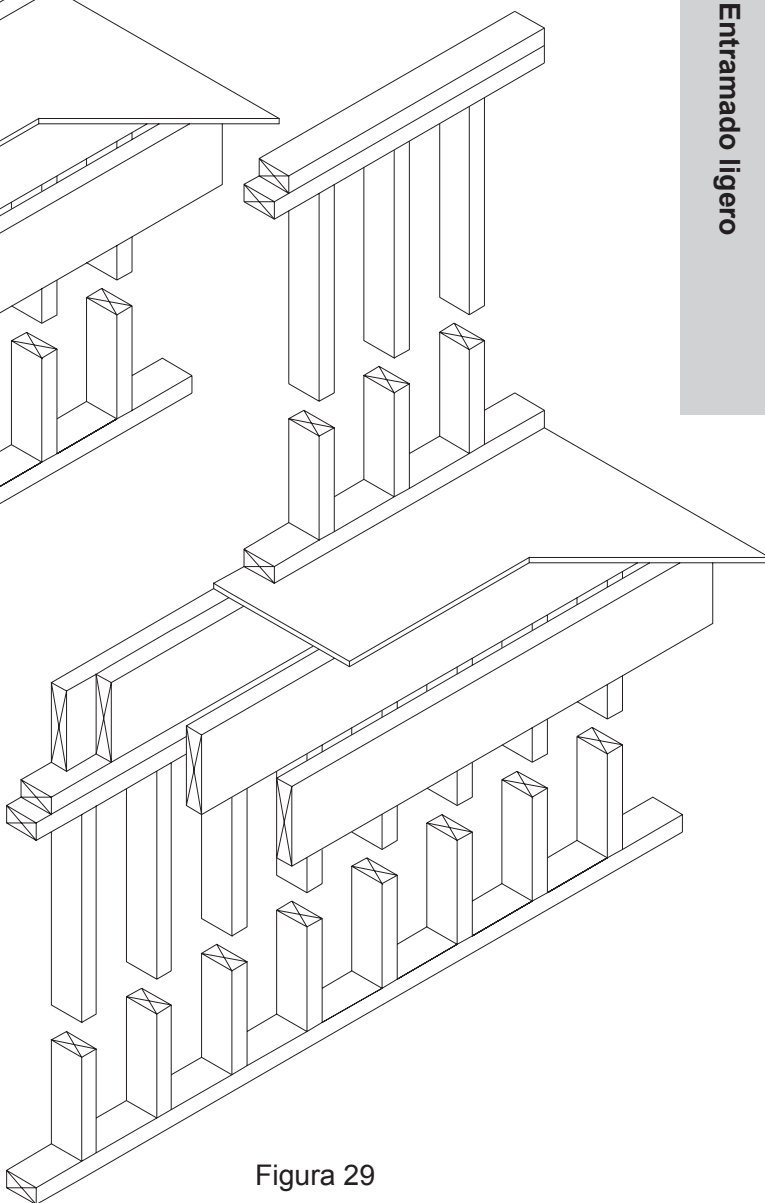


Figura 29





## Aislamiento térmico

Las dimensiones habituales de muros permiten un aislamiento suficiente, rellenando la cavidad del entramado con una manta de aislante. En situaciones especiales pueden arbitrarse otras soluciones, como por ejemplo, añadir un aislante rígido en la cara exterior de los montantes o incrementar el ancho del montante para colocar una manta más gruesa.

El aislante se tiende a fijar antes de la erección para evitar dañar la manta durante su manipulado.

El Anexo 7 recoge más información sobre este tema.

## Barrera al aire

En climas muy fríos o con factor de viento importante es preciso instalar una lámina que evite el flujo de aire hacia el interior originado por la diferencia de presiones. Puede instalarse en cualquier punto del muro y debe permitir el paso de la humedad.

Si esta membrana se identifica con la barrera de vapor debe aumentarse su grosor y colocarse en la parte más cálida del muro, delante del aislante. Evidentemente ya no debe ser permeable al vapor.

El material más corriente es el polietileno en láminas. Ver Anexo 7 para ampliar esta información.

## Papel respirante

El paramento debe revestirse con una lámina resistente al agua pero permeable al vapor. Su función es proteger al cerramiento proporcionando una segunda barrera tras el revestimiento frente a la lluvia y el viento.

Debe ser permeable al vapor de agua para permitir su difusión en el caso de que, eventualmente, éste haya penetrado en la cavidad del muro.

Generalmente se utiliza una lámina de papel tipo Kraft que se coloca horizontalmente con solapes de 100 mm en las juntas. La disposición vertical es también posible.

Cuando cerramiento y revestimiento se identifican, se precisan dos láminas de papel respirante. Ambas se grapan (en este caso verticalmente) con solapes de 100 mm.

También puede utilizarse papel asfáltico y papel de láminas de aluminio.

Algunos tableros vienen ya de fábrica con esta lámina adherida.

Para más información puede acudir al Anexo 7.

## Revestimiento exterior de muros

Los revestimientos son de vital importancia para el aspecto final y la durabilidad de la edificación. La envolvente exterior determina la expresión formal

de lo diseñado y será importante la elección de un material y una textura adecuados para reforzar las intenciones del proyecto. Junto con la cubierta, es el elemento que está más expuesto a las condiciones atmosféricas, por lo que debe tener una resistencia adecuada.

detallan en el Anexo 7.

### **Materiales de revestimiento**

Debido a su gran influencia en la apariencia del edificio y el coste de mantenimiento, se debe seleccionar con especial atención.

Se pueden utilizar materiales tradicionales como entablados de madera, tableros contrachapados, tejuelas de madera, enfoscados, fábrica de piedra y ladrillo, o materiales sintéticos como revestimientos vinílicos, chapas metálicas, etc.

Debido a que el revestimiento se encuentra expuesto a la humedad, debe dejarse una distancia de seguridad de 200 mm sobre el nivel del terreno y 50 mm a la superficie de la cubierta más próxima (por ejemplo en encuentros de muro y faldón).

Los métodos de cubrición de paredes y las características de sus materiales se describen en el Anexo 4.

### **Aislamiento acústico**

En algunos muros, especialmente interiores, se precisa aumentar esta característica.

Algunas soluciones constructivas se



Entramado ligero



## Cubiertas y tejados

Existen dos tipos básicos de cubiertas: las planas y las inclinadas siendo las primeras las que tienen una inclinación menor de 1:6.

### Cubiertas inclinadas

Se solucionan normalmente con cerchas prefabricadas.

### Cerchas prefabricadas

Ofrecen muchas ventajas, tales como la fiabilidad, la rapidez de ejecución y la economía de material.

Proporcionan un entramado para el cerramiento y una cavidad para el aislamiento. Su ventilación es sencilla a través de los sofitos de los aleros y de las aberturas en los muros piñones.

Generalmente salvan la luz total sin apoyos intermedios, con la consiguiente flexibilidad del diseño interior (Figura 30).

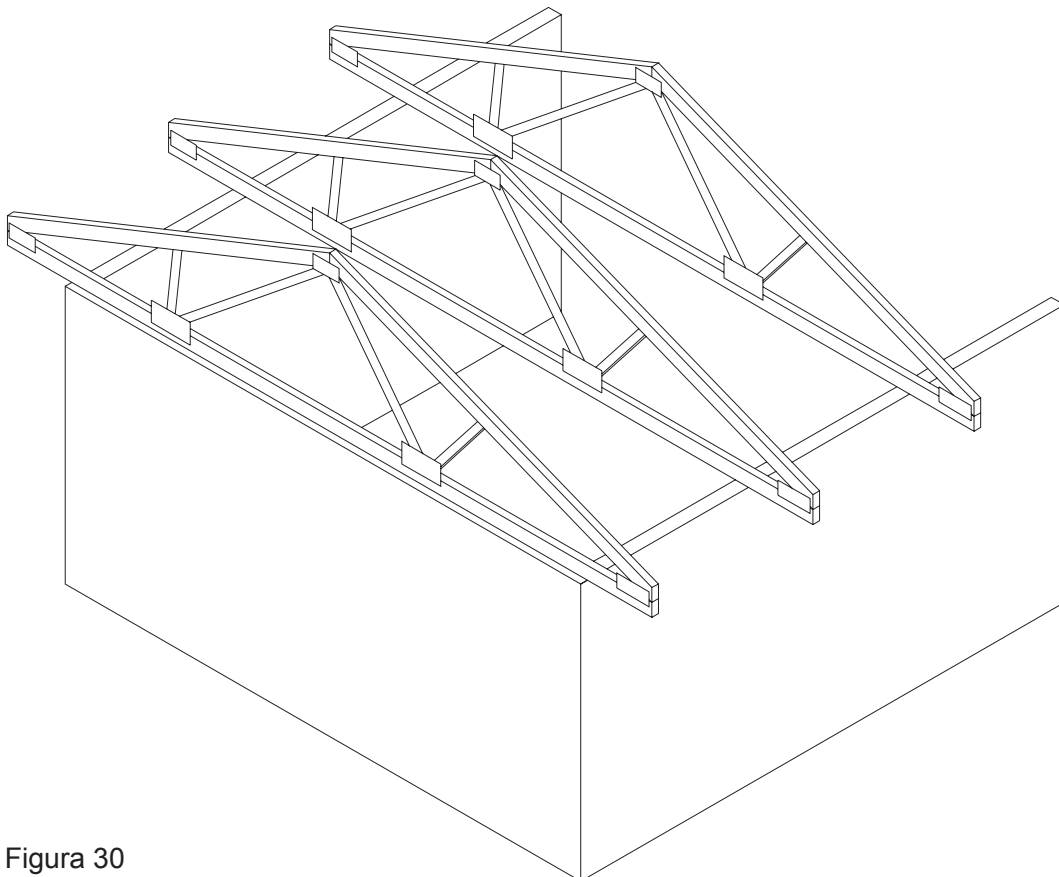


Figura 30



Existen piezas especiales de catálogo para porches, mansardas, voladizos y otras soluciones-tipo.

La escasa separación entre las armaduras, hace que no sea preciso un segundo orden de piezas (correas) y pueda salvarse la luz sólo con un cerramiento de tableros. El arriostramiento en el plano de cubierta se consigue con el propio tablero de cerramiento, que forma un diafragma.

La cercha está compuesta por pares, tirante y barras de celosía.

Las piezas son de madera aserrada y se enlazan en los nudos mediante placas metálicas dentadas armadas en fábrica. La solución con cartelas de tablero contrachapado clavadas sigue estando vigente y es fácil de realizar en obra.

Se escogen especies y calidades con las exigencias mínimas para cada aplicación, buscando el ahorro de material (ver Anexo 1). Existen diferentes Sellos de Calidad, con los que la madera puede seleccionarse para los requisitos resistentes de cada pieza.

El contenido de humedad no debe exceder del 19%, aunque el ideal es el 15% y no deben mezclarse maderas secas con húmedas, para evitar movimientos del entramado.

### Cálculo

Las cerchas prefabricadas salvan luces comprendidas entre 6 y 16 metros con separación variable entre ejes - 400, 600, 1200 mm - siendo 600 mm la más frecuente.

En algunas cubiertas, habitables parcialmente, el tirante de la cercha hace también de vigueta de forjado, aunque estas soluciones se limitan a cargas reducidas.

Cuando la luz a salvar es pequeña, se puede levantar la armadura de cubierta en obra. En este caso la solución estructural es de par e hilera, añadiendo el tirante que hace las veces de vigueta.

Este tirante-vigueta se coloca sobre los muros exteriores e interiores, anclándose a ellos. Después se adosan los pares a los tirantes clavados por el costado. De esta forma se resisten los empujes que provocan las piezas inclinadas (Figura 31). En algunos casos se añaden nudillos para acortar el vano de los pares.

### Colocación

El manejo de las cerchas requiere una serie de precauciones.

- El traslado y colocación debe hacerse siempre en posición vertical para evitar descuadres laterales.

- Si tienen menos de 6 m de luz pueden moverse a mano, pero para luces mayores se requieren varios operarios o el empleo de equipos mecánicos. Primero se instala la cercha correspondiente al muro piñón que se apuntala desde el suelo y después, sucesivamente, se colocan todas las demás.

- Todas las piezas se van clavando a la carrera de reparto o testero superior del entramado. Cada cierta distancia debe disponerse un arriostramiento .





- El enlace de las cerchas sobre el muro debe solucionarse mediante anclajes, para prevenir posibles efectos de succión del viento (Figura 32).

Algunos detalles constructivos para cubiertas se muestran a continuación: encuentro de lima tesa (figura 33), en-

cuentro de lima hoya (figura 34) y aleros (figura 35).

### Cubiertas planas

Este sistema es más caro y complicado de ejecución.

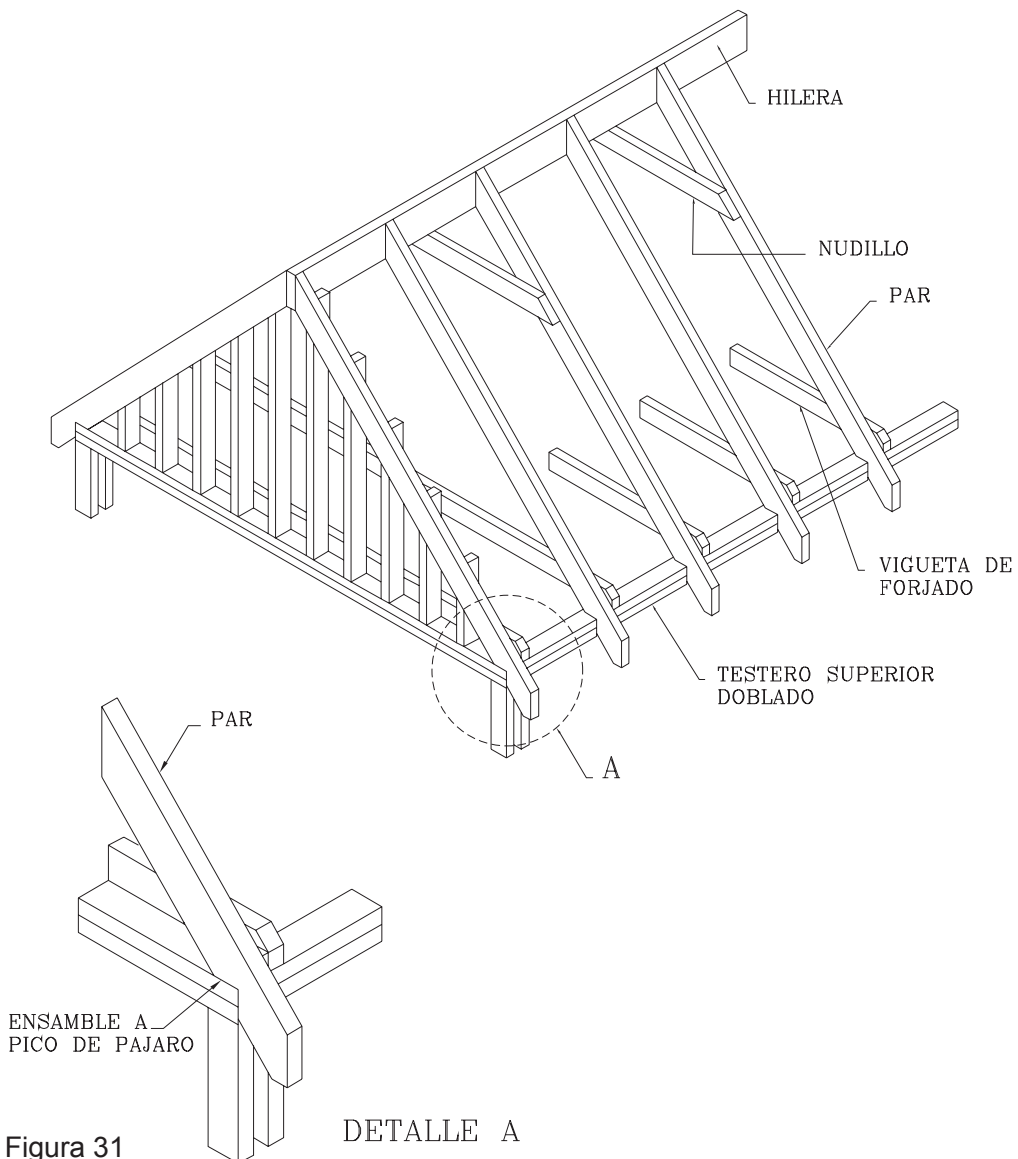


Figura 31

DETALLE A

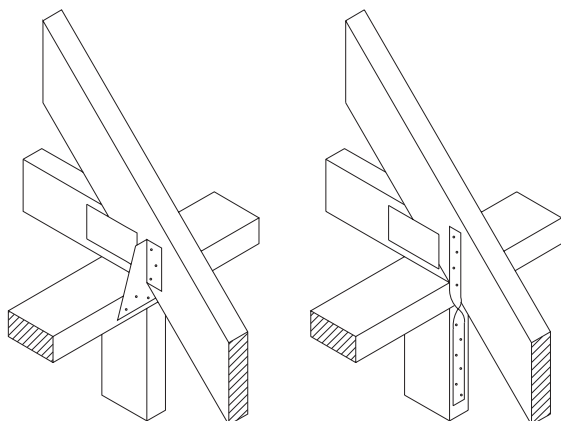


Figura 32

Estructuralmente no se distingue de un forjado normal salvo en su mayor canto (ya que ha de alojar una cámara de aire suficientemente ventilada) y en la pendiente para evacuar aguas.

### Cerramiento de la cubierta

Se sigue el mismo proceso y se utilizan los mismos materiales que en muros exteriores (tablero contrachapado y de virutas o tablas de madera clavadas al entramado).

Este cerramiento sirve de soporte de la cubrición o tejado y ata lateralmente las cerchas que dan forma a la pendiente. (Figura 36).

### Colocación del cerramiento

Se usan tableros contrachapados y de virutas con la dirección de la fibra u orientación de virutas perpendicular a la dirección de las cerchas. Los tableros van clavados a los pares de la cercha y

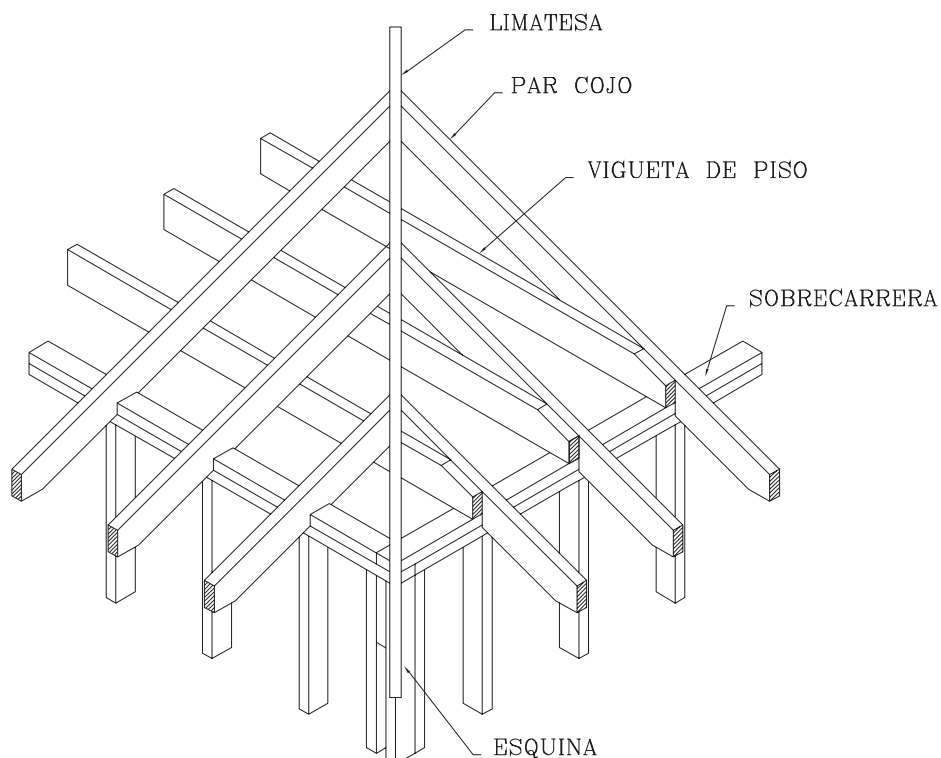


Figura 33



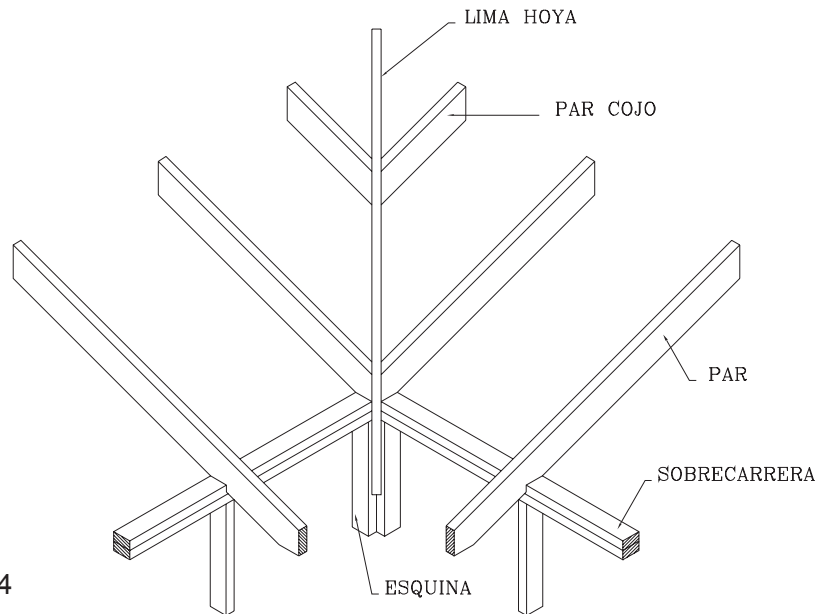


Figura 34

sus juntas coincidirán sobre éstos.

Estas juntas van desplazadas de una hilada a otra y se clavan con separaciones de 150 mm en el exterior y 300 mm en el interior. Debe dejarse una separación entre los tableros de 2 a 3 mm para que puedan moverse libremente.

El cerramiento también puede realizarse con entablado continuo o discontinuo dependiendo del tipo de recubrimiento.

Una información más completa puede encontrarse en el Anexo 3.

### Detalles constructivos especiales

#### Apertura de huecos

En los huecos de la chimenea el tablero debe estar separado unos 50 mm del

muro. Si la salida de la chimenea es exterior puede reducirse la separación a 12 mm.

#### Limatesas y limahoyas

El cerramiento debe ajustarse lo más posible para conseguir una junta adecuada con el revestimiento posterior.

### Revestimiento de la cubierta

El revestimiento de la cubierta se instala tan pronto como el cerramiento esté concluido y antes que ningún otro revestimiento del edificio. Esto proporciona un espacio de trabajo estanco y resguardado en el interior, además de proteger los propios materiales que integran la cubierta.

Los materiales empleados deben tener una larga durabilidad y ser resistentes al agua.

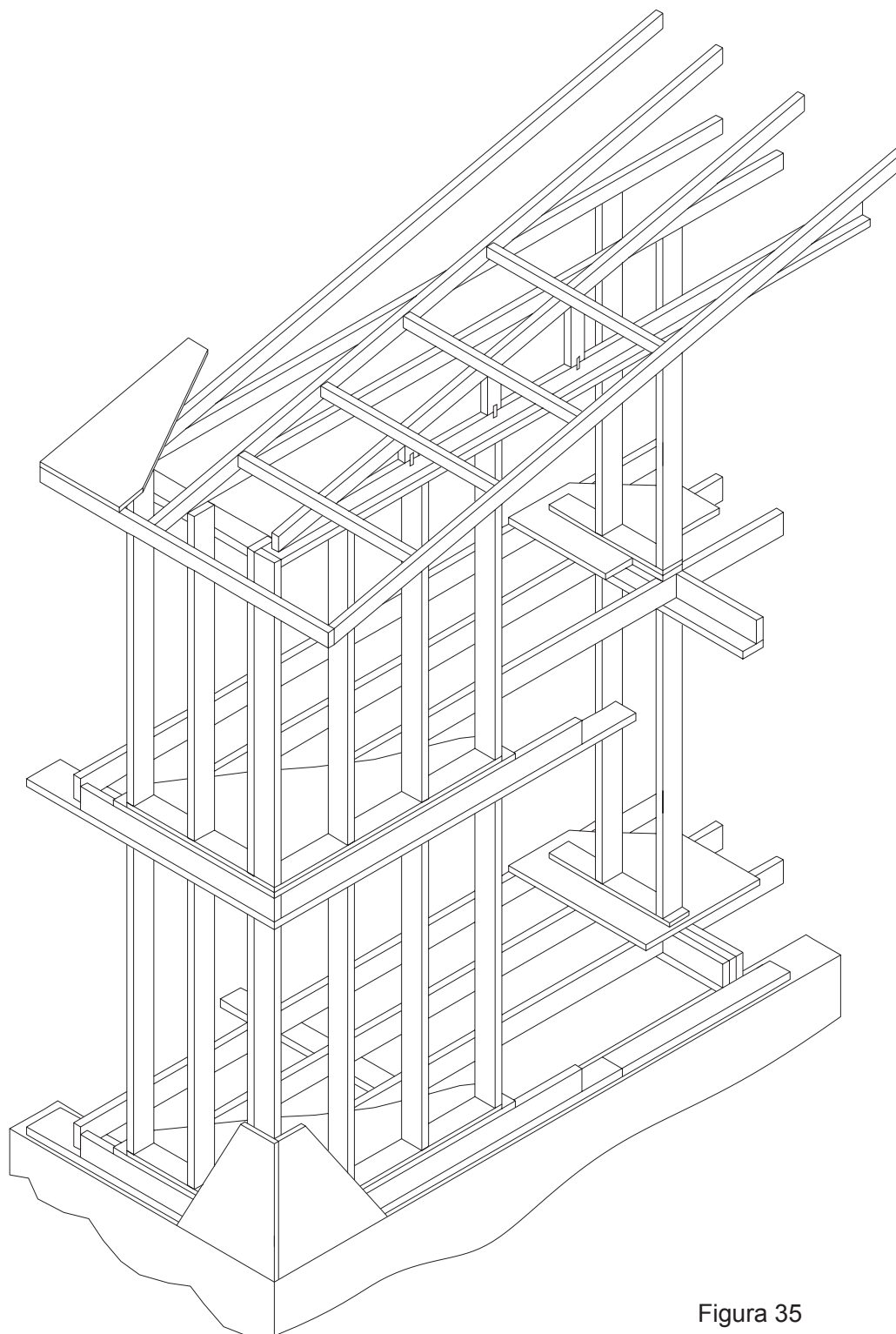


Figura 35



Entramado ligero

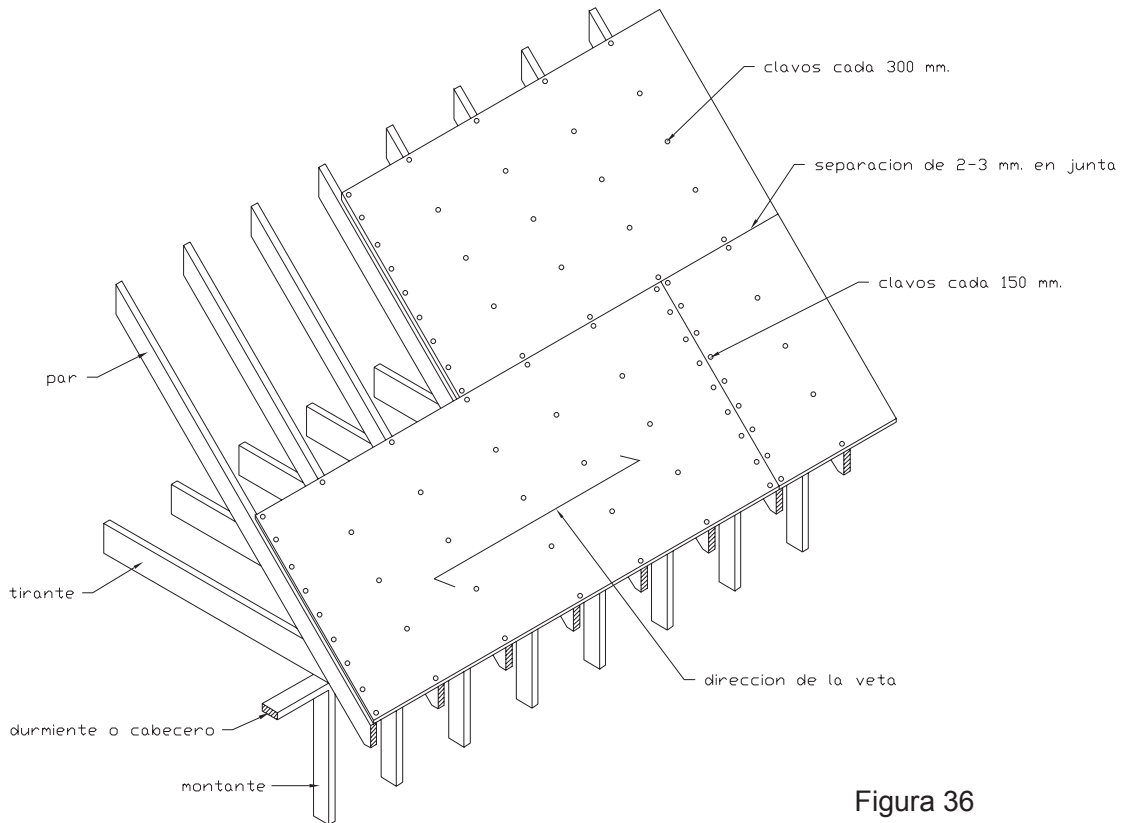


Figura 36

Las tejasas asfálticas y cerámicas y las chapas metálicas (acero galvanizado y aluminio) son los recubrimientos más frecuentes

Han de cuidarse dos aspectos: el solape y la superficie de exposición de cada pieza, así como la solución constructiva de los aleros.

En el Anexo 4 se da una información comparativa de los materiales convencionales.

### Aislamiento térmico de la cubierta

En la cubierta es donde con más faci-

lidad se produce la condensación por lo que es particularmente importante la ventilación y una barrera de vapor.

El aislante puede colocarse en la zona de los pares dejando aislada la cavidad bajo cubierta. El riesgo de condensación se da en el faldón.

La otra posibilidad, más frecuente por ser cerchas que no permiten crear una buhardilla, es colocar el aislante en el plano de los tirantes y se deja ventilada la cavidad, para evitar la condensación y mejorar el comportamiento térmico.

El cerramiento va protegido con una lámina impermeabilizante.