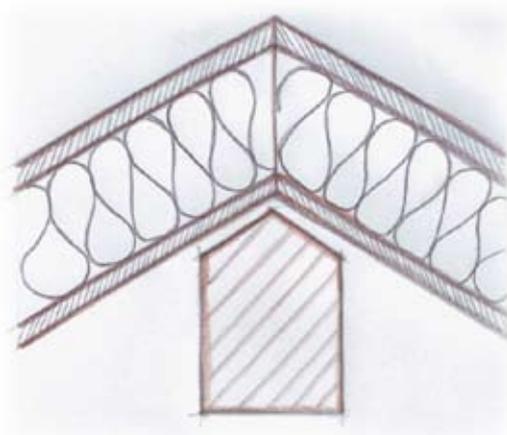


Panel Sándwich de Madera



Cubiertas diseño y puesta en obra

Juan Antonio Alonso Vera



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA
DE PANELES SÁNDWICH DE MADERA
CON NÚCLEO AISLANTE

Nota del Autor:

En primer lugar, quiero agradecer a AEPAM el encargarme la redacción de este manual, pues los paneles sándwich en general y, el de madera en particular, ha sido un campo de actividad al que he dedicado muchos años de mi actividad profesional. Por otro lado, este trabajo suponía un reto, dado que debía reflejar el conocimiento de estos empresarios y sus colaboradores, adquiridos a lo largo de muchos años de dura actividad profesional, pionera en un campo donde todo estaba por hacer, y ellos lo hicieron.

Quiero expresar mi agradecimiento a todos los que me han ayudado en esta tarea con su apoyo y colaboración como; Olga y Juan Manuel de FEIM, junta de AEPAM, y, especialmente, a mi mujer e hijos, que con su apoyo a lo largo de tantos años me han facilitado el ejercicio profesional, con las largas ausencias que conlleva, y la ampliación de mis estudios.

Por último y, quizás a los más entrañables; Remigio y Demetrio, quienes me marcaron el camino a seguir.

Juan Antonio Alonso Vera

Ingeniero de Materiales por la UPM

Arquitecto Técnico por la UPM

P.T.E.U. de la UPM

Una herramienta imprescindible

La Asociación de Fabricantes de Paneles Sándwich de Madera con Núcleo Aislante (AEPAM), en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid, ha realizado este Manual Técnico con el objetivo de trasladar al usuario de panel sándwich (prescriptor, constructor o instalador), unas técnicas constructivas que están siendo avaladas por la práctica a lo largo de los casi veinte años en los que el panel sándwich de madera forma parte de la construcción en España.

Apostando por el futuro y siendo conscientes de los nuevos retos que el sector de la edificación demanda, AEPAM quiere transmitir la filosofía de sus fabricados: el empleo de los paneles sándwich recoge nuevos conceptos de sostenibilidad, eficiencia energética, procesos industriales racionalizados, construcción en seco, ahorro de costes en la edificación ...

Dada la variedad de materiales en su composición, el panel sándwich es un elemento constructivo que satisface todas las necesidades que exige el actual CODIGO TÉCNICO DE EDIFICACION, sobre todo en sus vertientes de Ahorro de Energía (Documento Básico DB-HE) y en la protección frente al ruido (Documento Básico DB-HR).

Aunque la mayoría de las aplicaciones de este material están orientadas al cerramiento de cubiertas, cada vez más se proyecta y utiliza como paramento vertical y como forjado horizontal, debido a su versatilidad y la gran variedad de acabados que puede presentar. Sus campos de aplicación habituales son la vivienda unifamiliar y plurifamiliar y la rehabilitación, pasando por la edificación industrial y singular. Ejemplos claros de ello son construcciones como bodegas, iglesias, aeropuertos, mercados, piscinas, centros comerciales, viviendas, etc.

Todos los miembros de AEPAM estamos finalizando los trámites para la obtención de los DITE (Documentos Técnicos de Idoneidad), con el objeto de trasladar al prescriptor la máxima garantía, confianza y profesionalidad de que esta opción constructiva forma parte ya de la realidad como soporte de cobertura en la construcción.

*Julio Izquierdo,
Presidente de AEPAM*

Asociados



AMATEX, S.A.
Polígono Industrial "La Nava" N-234
42146 CABREJAS DEL PINAR (SORIA)
Telf.: 975 37 30 49 Fax: 975 37 31 73
www.amatex.es | www.arkus.es



CUBIERTAS ALIGERADAS TERMOACUSTICAS (CALIPLAC)
C/ Rio Cua, 27 24560 TORAL DE LOS VADOS (LEON)
Telf.: 987 544 845 Fax: 987 544 720
www.caliplac.com | E-mail: info@caliplac.com



ONDULINE INDUSTRIAL S.A
Polígono Industrial "El Campillo", Fase 2 Parcela 12
48500 GALLARTA (VIZCAYA)
Telf: 946 369 444 Fax: 946 369 103
www.onduline.es | E-mail: comercial-onduline@onduline.es



META ZINCO, S.A.
Polig. Ind. de Olloniego (Parc. C-1)
33660 OLLONIEGO (ASTURIAS)
Tel.: 985 676 000 Fax: 985 692 000
www.metazinco.com | E-mail: metazinco@metazinco.com



AISLAMIENTOS PAÍS, S.L. (PAISLANT)
Polig. Ind. de Barros, Parc. 29-9 y 29-10
39408 LOS CORRALES DE BUELNA (CANTABRIA)
Tel.: 942 832 662 Fax: 942 832 784
www.paislant.com | E-mail: info@paislant.com



TEZNOCUBER COMPOSITES S.L.
Pol. Cantabria I C/ Majuelo 2 · 26006 LOGROÑO
Telf.: 974 260 846 Fax: 974 260 847
www.grupotezno.com
E-mail: grupotezno@grupotezno.com

Índice

I	PRESENTACIÓN DEL CATÁLOGO GENERAL	11
II	EL PANEL SÁNDWICH DE MADERA	12
1	DEFINICIÓN DE PANEL SÁNDWICH DE MADERA	13
2	¿POR QUÉ COLOCAR UN PANEL SÁNDWICH DE MADERA?	14
3	APLICACIONES DEL PANEL SÁNDWICH	18
3.1	VIVIENDAS UNIFAMILIARES	18
3.2	VIVIENDAS PLURIFAMILIARES	21
3.3	INSTALACIONES CIVILES	23
3.4	INSTALACIONES DEPORTIVAS	26
3.5	REHABILITACIÓN	28
3.6	BODEGAS	31
III	PANEL SÁNDWICH DE MADERA EN CUBIERTAS INCLINADAS	34
1	TERMINOLOGÍA	35
2	CUBIERTA. GENERALIDADES	38
2.1.	DEFINICIÓN	38
2.2.	TIPOLOGÍA	38
2.2.1	En función de la pendiente	38
2.2.1.1	Cubiertas planas	38
2.2.1.2	Cubiertas inclinadas	38
2.2.2	En función de su comportamiento higrotérmico	39
2.2.2.1	Cubiertas calientes o no ventiladas	39
2.2.2.2	Cubiertas frías o ventiladas	39
2.3.	COMPONENTES	40
2.3.1	Soporte resistente	41
2.3.2	Soporte de cobertura	41
2.3.3	Aislamiento térmico	43
2.3.4	Cobertura	43
2.3.5	Sistema de evacuación de aguas	43
2.3.6	Otros componentes	43
3	ELEMENTOS DEL SISTEMA	44
3.1.	PANEL SÁNDWICH	44
3.1.1	Proceso de fabricación	44
3.1.2	Tipología	45
3.1.2.1	Paneles especiales	45
3.1.2.2	Paneles simples	46

4	CRITERIOS DE PROYECTO	49
4.1.	SEGURIDAD ESTRUCTURAL	49
4.2.	CONDICIONES HIGROTÉRMICAS	50
4.3.	PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD	50
4.4.	PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO	50
4.5.	SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO	51
5	CRITERIOS DE CÁLCULO	53
5.1.	COMPROBACIÓN RESISTENTE DE SECCIONES	53
5.1.1	Acciones	53
5.1.2	Hipótesis de carga	54
5.1.3	Comprobación de secciones del panel	54
5.1.3.1	Valores de cálculo de las propiedades de los componentes del panel	55
5.1.3.2	Dimensionado de la sección	56
5.1.3.3	Comprobación de la flecha	57
5.2.	COMPROBACIÓN HIGROTÉRMICA DE LA CUBIERTA	58
5.2.1	Transmitancia térmica	59
5.2.2	Condensaciones	60
5.2.2.1	Condiciones del ambiente exterior	60
5.2.2.2	Condiciones del ambiente interior	61
5.2.2.3	Condensaciones superficiales	61
5.2.2.4	Condensaciones intersticiales	61
5.3.	CANALONES Y BAJANTES DE PLUVIALES	64
5.3.1	Canalones	64
5.3.2	Bajantes de pluviales	65
5.4.	PROTECCION FRENTE AL RUIDO	66
5.4.1	Opción simplificada	66
5.4.2	Método general	69
6	EJECUCIÓN	70
6.1.	SUMINISTRO	70
6.2.	APILADO Y MANIPULADO EN OBRA	71
6.3.	TRABAJOS PREVIOS	72
6.4.	COLOCACIÓN DE LOS PANELES	74
6.5.	FIJACIÓN DE LOS PANELES	74
6.5.1	Fijación sobre estructuras de madera	76
6.5.2	Fijación sobre estructuras metálicas	77
6.5.3	Fijación sobre estructuras de hormigón	78

6.6.	COLOCACIÓN DE LOS MATERIALES DE CUBIERTA	78
6.6.1	Enrastrelado	79
6.6.2	Teja curva	81
6.6.3	Teja mixta, plana y pizarra	82
6.6.4	Chapas metálicas (Acero, Zinc, Cobre)	82
7	PUNTOS SINGULARES	83
7.1.	CUMBRERA	83
7.2.	LIMATESA	85
7.3.	BORDE LATERAL	85
7.4.	ENCUENTRO CON CANALÓN	86
7.5.	LIMAHOYA	87
7.6.	ENCUENTRO CON PARAMENTOS VERTICALES	88
7.6.1	Encuentro con el paramento en la parte superior del faldón	88
7.6.2	Encuentro con el paramento en la parte inferior del faldón	89
7.6.3	Encuentro lateral con un paramento	90
7.7.	ENCUENTRO CON CONDUCTOS Y CHIMENEAS	91
7.8.	LUCERNARIO	92
7.9	CAMBIO DE PENDIENTE DEL FALDÓN	93
8	DOCUMENTOS DEL PROYECTO	95
8.1.	MEMORIA	95
8.2.	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES	95
8.3.	PLANOS	97
9	CONTROL DE LA EJECUCIÓN	98
10	MANTENIMIENTO, USO Y REPARACIÓN	99
10.1.	MANTENIMIENTO	99
10.2.	USO	100
10.3.	REPARACIÓN	100
11	NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN	101

Índice de tablas

[Tabla 2.1]	Pendientes cubiertas planas	42
[Tabla 2.2]	Pendientes de cubiertas inclinadas	42
[Tabla 4.1]	Valor el aislamiento acústico a ruido aéreo $D_{2m,nT,Atr}$ entre un recinto protegido y el exterior	51
[Tabla 5.1]	Valores máximos de la transmitancia térmica (U en W / m ² K) de cubierta	59
[Tabla 5.2]	Valores de R_{se} y R_{si} en m ² K / W	60
[Tabla 5.3]	Diámetro de canalón semicircular, para un régimen pluviométrico de 100 mm/h	65
[Tabla 5.4]	Diámetro de bajantes de pluviales, para un régimen pluviométrico de 100 mm/h	65
[Tabla 5.5]	Parámetros acústicos de cubiertas para recintos protegidos	67
[Tabla 10.1]	Operaciones de mantenimiento	99

Índice de figuras

[Fig 2.1]	Esquema de cubierta caliente o no ventilada	39
[Fig 2.2]	Esquema de cubierta fría o ventilada	40
[Fig 2.3]	Componentes de la cubierta	40
[Fig 3.1]	Diagrama de producción del panel sándwich de madera	45
[Fig 5.1]	Sección tipo de panel	56
[Fig 5.2]	Distribución de temperaturas en una cubierta de n capas	61
[Fig 5.3]	Diagrama de presiones de vapor en una cubierta de n capas	63
[Fig 5.4]	Gráficas de condensaciones	64
[Fig 5.5]	Detalle C.13.3 del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE	68
[Fig 6.1]	Ejemplo de señalizaciones de frágil y protección lluvia	71
[Fig 6.2]	Descarga de paneles del palet	71
[Fig 6.3]	Fijación sobre apoyo	72
[Fig 6.4]	Superficie de apoyo nivelada	72
[Fig 6.5]	Elementos de una cubierta inclinada con panel sándwich de madera	73
[Fig 6.6]	Juntas longitudinales de paneles	74
[Fig 6.7]	Distribución general de fijaciones	75
[Fig 6.8]	Tornillo tipo para apoyo de madera	76
[Fig 6.9]	Apoyo metálico	77
[Fig 6.10]	Enrastrelado	79
[Fig 6.11]	Enrastrelado con placa asfáltica ondulada	80
[Fig 7.1]	Cumbrera con paneles a tope y sin perfil perforado de caballete	83
[Fig 7.2]	Cumbrera con paneles cortados a testa y con caballete de perfil perforado	84
[Fig 7.3]	Remate de borde lateral	85
[Fig 7.4]	Canalón	86
[Fig 7.5]	Limahoya	87
[Fig 7.6]	Encuentro superior con paramento vertical	88
[Fig 7.7]	Encuentro inferior con paramento vertical	89
[Fig 7.8]	Encuentro lateral con paramento vertical	90
[Fig 7.9]	Encuentro con conductos	91
[Fig 7.10]	Encuentro lateral con lucernario provisto sistemas de estanqueidad	92
[Fig 7.11]	Encuentro superior e inferior con lucernario. Sistema de estanqueidad realizado en obra	93
[Fig 7.12]	Cambio de pendiente en el faldón	93
[Fig 7.13]	Cambio de pendiente en el faldón	94



Presentación

Presentación

Tiene usted en sus manos el Catálogo general de Panel sándwich de madera. El presente impreso responde a la necesidad que el sector de la construcción ha manifestado a los fabricantes en lo que se refiere a las características de este material, así como a su manipulación y puesta en obra.

Aunque posteriormente profundizaremos en ello, se podría definir el panel sándwich como un producto industrial formado por un núcleo aislante y, encolados a él, dos caras de tableros de madera (madera o derivados de ella principalmente). Detallamos en los capítulos posteriores los aspectos fundamentales de nuestro producto como parte del sistema constructivo de cubiertas inclinadas, para que todo aquél que quiera conocer el producto y su instalación, pueda hacerlo valiéndose del presente catálogo general.

Desde los inicios del panel sándwich en la construcción española en 1.989, hasta nuestros días, los fabricantes hemos ido desarrollando un sistema fiable para su instalación en las cubiertas que, junto a las mejoras en su producción, han permitido obtener los Documentos Técnicos de Idoneidad, DITE, que los respaldan como un material apto y apropiado para su instalación en las cubiertas inclinadas.

No se puede olvidar el buen hacer de los Técnicos de la construcción e instaladores que, con sus ideas, críticas y aportaciones han propiciado que el panel sándwich de madera haya evolucionado en consonancia a los requerimientos de la construcción y legislación vigente.

El objetivo de este catálogo es trasladar al usuario (arquitecto, aparejador, constructor o instalador), unas técnicas constructivas que han sido sancionadas por la práctica a lo largo de los casi 20 años de historia del panel sándwich de madera en España, como base de la cobertura en cubiertas inclinadas. Queremos dejar claro que todos los dibujos y detalles de materiales que acompañan al panel sándwich, tanto de cobertura (tejas, pizarras, chapas metálicas, evacuación de aguas etc.) como estructurales (madera, metálica, hormigón), no son objeto de estudio del presente catálogo. Entendemos que todos ellos forman parte del sistema constructivo de cada cubierta en estudio, pero tienen sus propias normas de uso y colocación a las que deberán dirigirse los técnicos e instaladores, tanto en la fase de proyecto como en la de ejecución.

El Panel Sándwich de madera



1. Definición Panel Sándwich de madera

Los paneles sándwich son productos industriales formados por un alma de un material aislante (poliuretano, poliestireno extruído, poliestireno expandido, lana de roca, etc.), y dos caras de tableros derivados de la madera (aglomerados hidrófugos, contrachapados fenólicos o decorativos, tarima de madera, aglomerados con cemento, de fibras de celulosa, etc.), aunque también se incluyen paneles en los que una de sus caras es una placa de cartón yeso.



2. ¿Por qué colocar un panel sándwich de madera?

Acabado interior, aislamiento y soporte en un único producto.

Al colocar un panel sándwich sobre la estructura se colocan tres materiales a la vez:

- a) Estética: El acabado interior que se va a ver desde el interior de la vivienda (normalmente suelen ser tableros de madera, aunque existe gran variedad de acabados)
- b) Aislamiento: Núcleo aislante de diferentes espesores para su colocación en función del zona a colocar el producto.
- c) Soporte: Tablero superior (normalmente de tableros de aglomerado hidrófugo) que hará de soporte para colocar los elementos de impermeabilización y cobertura.



Ligereza

El panel sándwich es un material muy ligero que posibilita no sobrecargar las cubiertas. Es ideal tanto para obra nueva como para rehabilitaciones. La manipulación de productos ligeros en cubierta contribuye a reducir el riesgo de siniestros en la obra.

Colocación Fácil y Rápida

La fijación del panel sándwich al soporte es mecánica. La ligereza del producto y la versatilidad de corte para adaptarlo a la forma de cada cubierta, hace que su colocación sea muy sencilla sobre cualquier tipo de soporte (madera, metálico, hormigón).



Además de fácil es un proceso rápido. Basta con fijar mecánicamente los paneles al soporte (ver apartado de “Ejecución”) y se puede continuar con la colocación del resto de elementos que compongan la cubierta. No hay tiempos de espera como sucede con otros sistemas de construcción (fraguados de hormigón).

Solución económica

La rapidez de colocación del producto en cubierta hace que un sólo gremio y en un plazo record de tiempo finalice la cubierta. A la hora de evaluar el coste real por m² de cubierta terminada, esta rapidez de ejecución repercute en un abaratamiento de la obra, sobre todo teniendo en cuenta que no hay que enlucir por dentro de la vivienda como sucede con otros sistemas constructivos (falsos techos de escayola y pintado del mismo con forjados de hormigón)

Acabado al gusto del consumidor

Aunque la gran mayoría de los paneles tienen acabados en madera, existe una amplia variedad de acabados de panel sándwich



Adaptabilidad del grado de aislamiento térmico

Los diferentes espesores de aislamiento que puede incluir el panel hacen que el producto se adapte a las necesidades de aislamiento térmico que cada zona geográfica requiera. Un correcto aislamiento repercutirá en un ahorro energético en la vivienda en el futuro (calefacción y aire acondicionado)

Producto optimizado para rehabilitaciones

La ligereza y rapidez de colocación son dos factores fundamentales en las rehabilitaciones de cubiertas. El panel sándwich es un producto ideal para este tipo de obras



3. Aplicaciones del Panel Sándwich

3.1.- VIVIENDAS UNIFAMILIARES

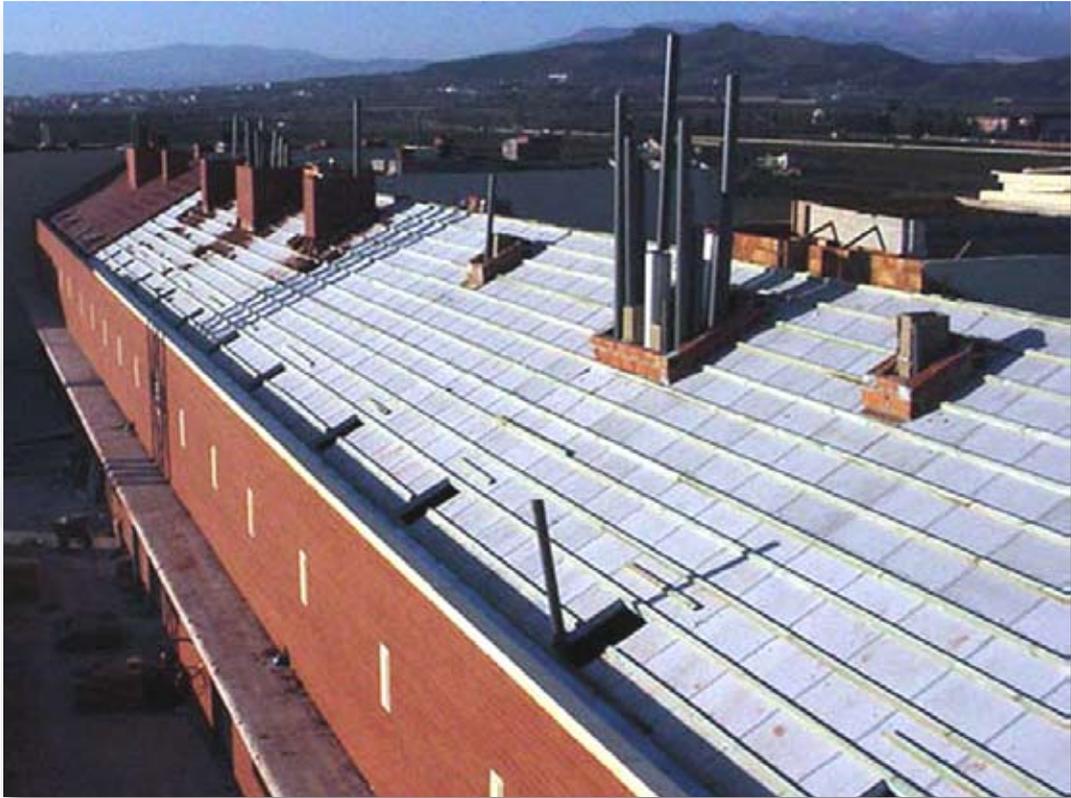




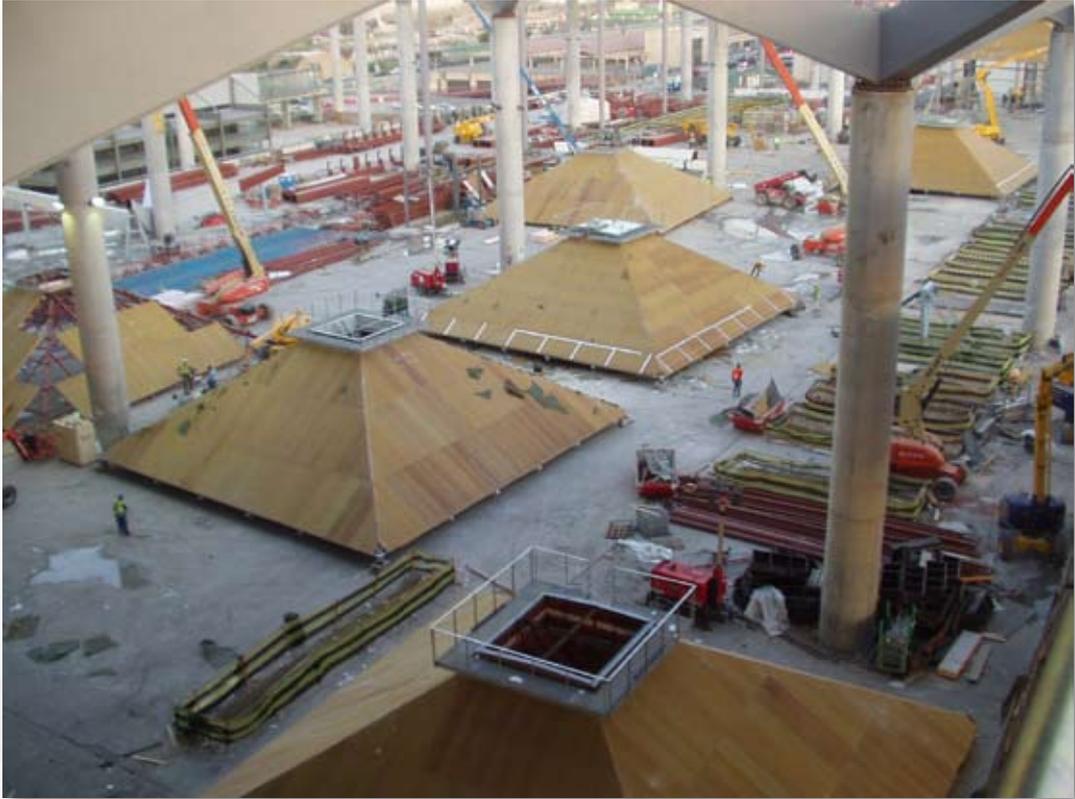


3.2.- VIVIENDAS PLURIFAMILIARES





3.3.- INSTALACIONES CIVILES

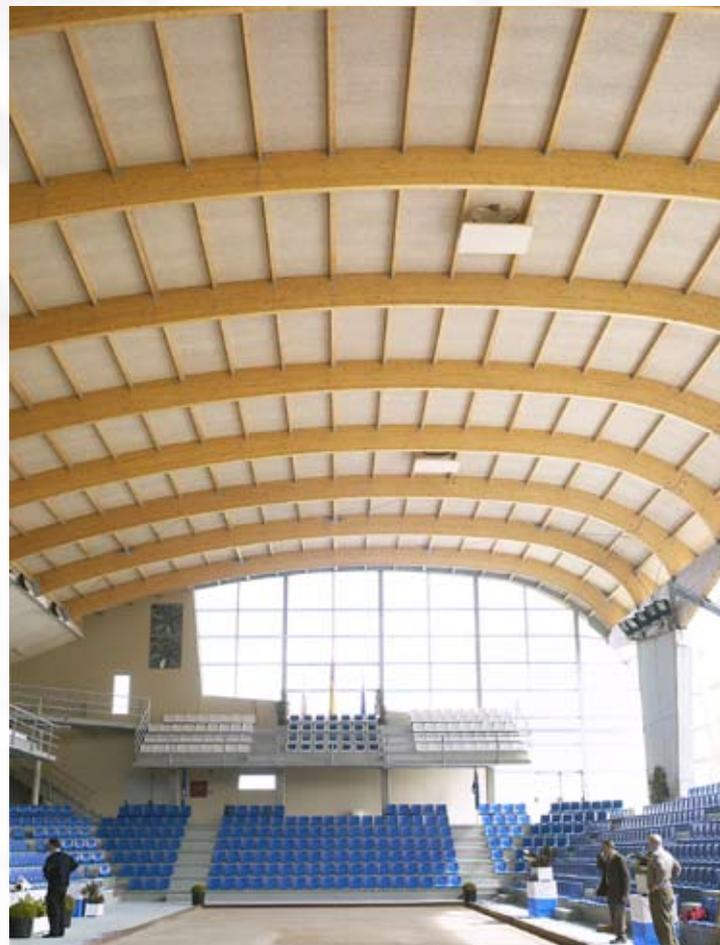




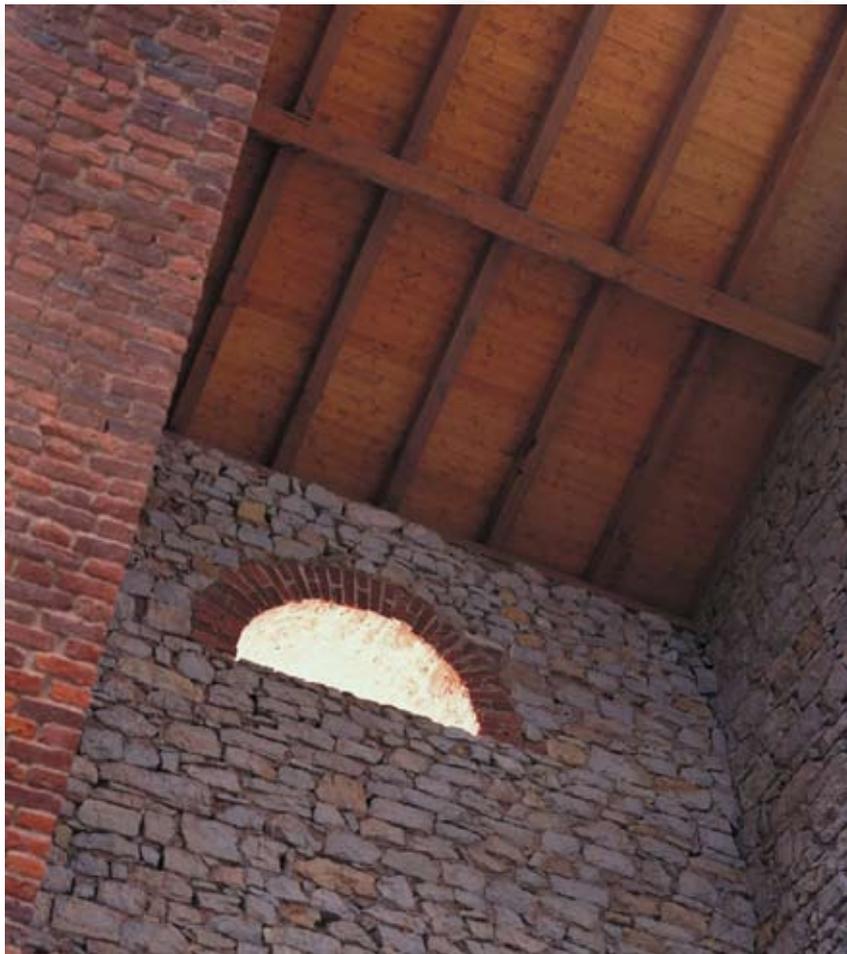


3.4.- INSTALACIONES DEPORTIVAS





3.5.- REHABILITACIÓN

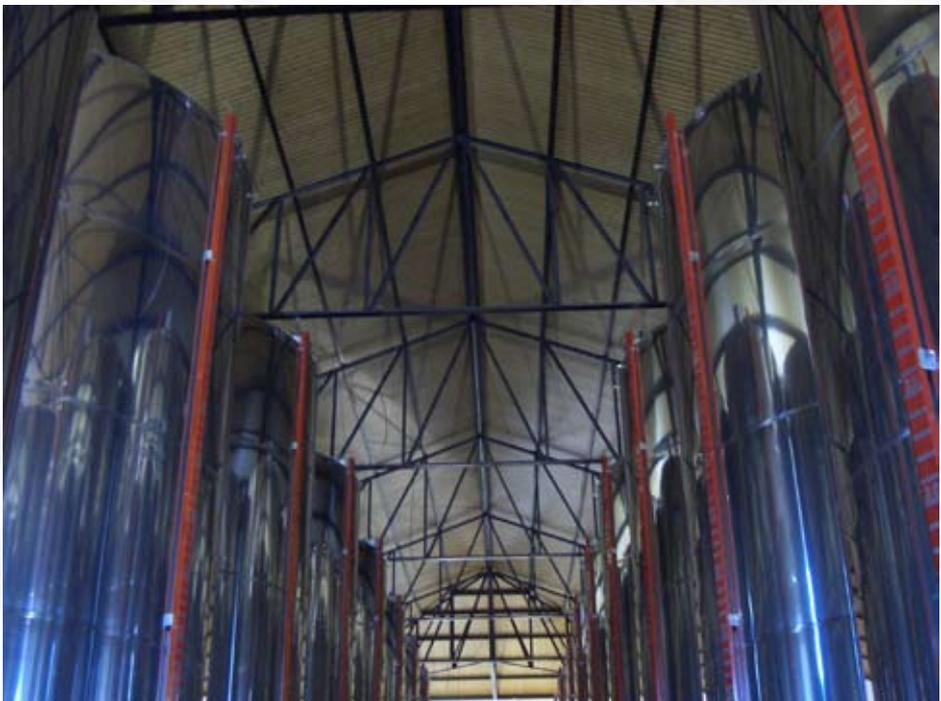






3.6.- BODEGAS







Panel Sándwich de madera en cubiertas inclinadas



1. Terminología

A continuación se definen una serie de términos a los que se hará mención en este manual, procurando, cuando proceda, dar las del Código Técnico de la Edificación.

Alero: Extremo inferior en voladizo de la vertiente de un tejado.

Aislante no hidrófilo: Material aislante con una absorción de agua a corto plazo por inmersión parcial, menor de $1 \text{ Kg} / \text{m}^2$ según ensayo UNE-EN 1609-1997, o una absorción de agua a largo plazo por inmersión total, menor del 5% según ensayo UNE-EN 12087-1997.

Aislante térmico: Elemento que tiene una conductividad térmica menor de $0,060 \text{ W} / \text{m}\cdot\text{K}$, y una resistencia térmica mayor de $0,25 \text{ m}^2 \cdot\text{K} / \text{W}$.

Área efectiva de una abertura: Área de la sección perpendicular a la dirección del movimiento del aire, que está libre de obstáculos.

Barrera de vapor: Elemento que tiene una resistencia a la difusión del vapor mayor de $10 \text{ MN}\cdot\text{s} / \text{g}$, equivalente a $2,7 \text{ m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa} / \text{mg}$.

Borde lateral: Es el remate lateral del faldón de la cubierta que no se encuentra protegido por ningún elemento superior.

Código Técnico de la Edificación (CTE): Es un instrumento normativo que fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones. Publicado por Real Decreto 314/2.006 de 17 de marzo. En adelante nos referimos a él como CTE.

Capa separadora: Capa que se intercala entre elementos del sistema de impermeabilización.

Componente: Cada una de las partes de las que consta un elemento constructivo.

Correa: Vigüeta que se coloca perpendicular a la pendiente, y que forma parte de la armadura que constituye el soporte resistente de la cubierta.

Cumbrera: Es la línea horizontal, resultado del encuentro; faldón con faldón (cubierta a dos aguas), o faldón con un plano vertical (cubierta a un agua).

Documento Básico del CTE (DB): Son la segunda parte del CTE, y su adecuada utilización garantiza el cumplimiento de las exigencias del CTE. En adelante nos referimos a ellos como DB.

Elemento constructivo: Parte del edificio con una función independiente, por ejemplo la cubierta.

Elemento pasante: Elemento que atraviesa un elemento constructivo, como las chimeneas y bajantes.

Faldón: Cada uno de los planos inclinados que definen la cubierta.

Fijación: Es el proceso de unión del material de cobertura con el soporte. En función de la pendiente se pueden utilizar clavos, tornillos, ganchos, grapas, morteros o adhesivos específicos para esta función.

Grado de impermeabilidad: Número indicador de la resistencia al paso del agua de una solución constructiva. Crece al crecer la resistencia por lo que, a mayor número, mayor resistencia.

Hastial: Muro testero delimitado superiormente por la cubierta.

Higroscopicidad: Propiedad de un material de absorber o ceder agua, en función de la humedad relativa del ambiente en que se encuentra.

Impermeabilización: Procedimiento destinado a evitar el mojado o absorción de agua de un material o elemento constructivo.

Impermeabilizante: Producto que evita el paso de agua a través de los materiales tratados con él.

Limahoya: Línea de intersección de dos vertientes de cubierta, que se juntan formando un ángulo cóncavo.

Limatesa: Línea de intersección de dos vertientes de cubierta, que se juntan formando un ángulo convexo.

Línea de máxima pendiente: Es la trayectoria que describe la caída libre del agua sobre un faldón.

Listón o cabio: Listón de madera o metálico paralelo a la línea de máxima pendiente que sirve de apoyo a los rastreles.

Par: Vigüeta que se coloca paralela a la pendiente del faldón, y que forma parte de la armadura que constituye el soporte resistente de la cubierta.

Permeabilidad al vapor de agua: Cantidad de vapor de agua que se transmite a través de un material de espesor unidad, por unidad de área, unidad de tiempo y de diferencia de presiones parciales de vapor de agua. Se expresa en: g.m / MN.s ó en g.cm / mmHg.m².día.

Rastrel: Listón de madera, metal o plástico, que sirve de apoyo al material de cubrición.

Solución constructiva: Elemento constructivo caracterizado por los componentes concretos que lo forman, junto con otros elementos del entorno ajenos a él, y cuyas características influyen en el nivel de prestación proporcionado.

Transmitancia térmica: Es el flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.

2. La Cubierta. Generalidades

2.1.- DEFINICIÓN

De una manera general puede definirse la cubierta como el conjunto de elementos constructivos que forman el cerramiento superior de una edificación.

Por otro lado el Código Técnico de la Edificación (en adelante CTE) en el Documento Básico (en adelante DB) DB-HE Ahorro de Energía, define la cubierta como: el elemento constructivo que comprende los cerramientos superiores en contacto con el aire, cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal.

2.2.- TIPOLOGÍA

En general, las cubiertas se clasifican bajo dos criterios diferentes

- a) Atendiendo a la pendiente de la cubierta.
- b) En función de su comportamiento higrotérmico.

2.2.1.- En función de la pendiente

El CTE en el DB - HS Salubridad, clasifica las cubiertas en función de su pendiente en:

- Cubiertas Planas.
- Cubiertas inclinadas.

2.2.1.1.- Cubiertas Planas

Con pendientes entre el 1 y el 5%, aunque admite, en algunos casos, hasta el 15%.

2.2.1.2.- Cubiertas inclinadas

Cuando se superan los valores indicados para las cubiertas planas.

2.2.2.- En función de su comportamiento higrotérmic

El comportamiento higrotérmico de una cubierta depende en buena medida de la existencia o no de ventilación. En función de ello, las cubiertas se clasifican en:

- Cubiertas calientes o no ventiladas.
- Cubiertas frías o ventiladas.

2.2.2.1.- Cubiertas calientes o no ventiladas

Compuesta por una sola hoja que está formada por varias capas, sin que exista una cámara de aire intermedia o bien, de existir, no está ventilada. Este tipo de cubiertas está sometido a fuertes variaciones de presión de vapor y temperatura, por lo que en la mayoría de los casos exige la colocación de una barrera de vapor.

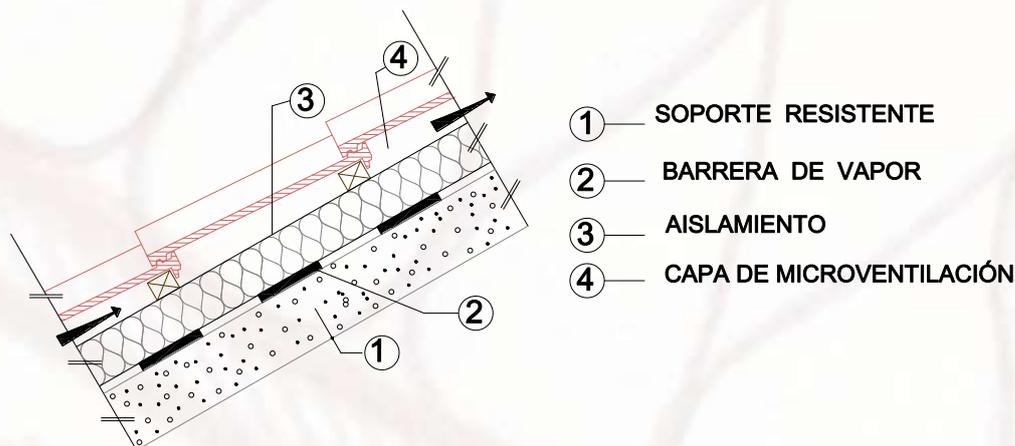


Fig [2.1]. Esquema de cubierta caliente o no ventilada

2.2.2.2.- Cubiertas frías o ventiladas

Son aquellas en las que existe una cámara de aire ventilada en el cerramiento de la cubierta. El DB-HS define la cámara ventilada como: “el espacio de separación en la sección constructiva de una cubierta, que permite la difusión del vapor de agua a través de aberturas al exterior de forma que garantice la ventilación cruzada”. La difusión del vapor de agua evita las condensaciones en la cámara.

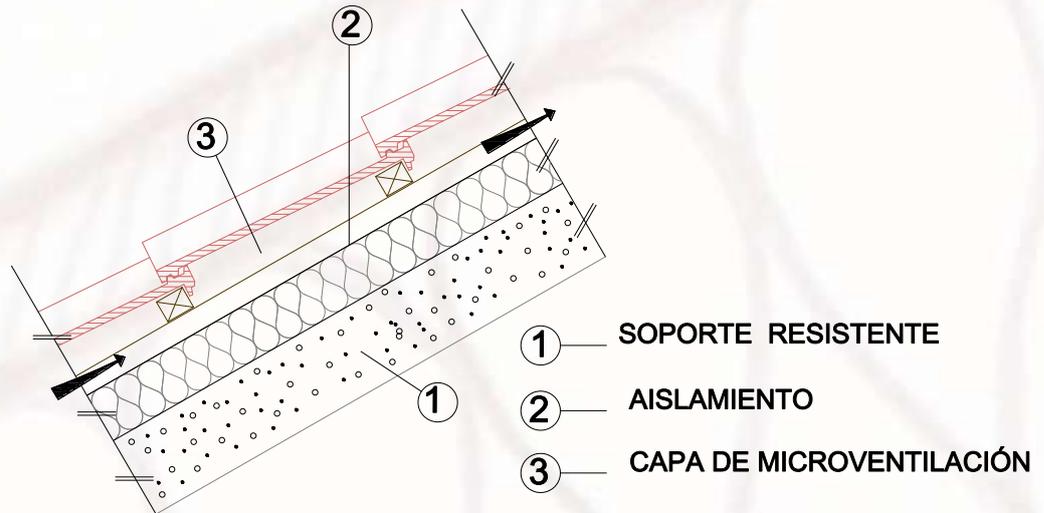


Fig [2.2]. Esquema de cubierta fría o ventilada

Así mismo se establece que esta cámara debe de estar en el lado exterior del aislante térmico, y que las aberturas de ventilación deben de cumplir lo siguiente:

$$30 > \frac{S_s}{A} > 3 \quad [3.1]$$

S_s = Área total efectiva de las aberturas en cm^2 .

A_c = Área total de la cubierta en m^2 .

2.3.- COMPONENTES

En general una cubierta estará formada por los siguientes elementos principales:

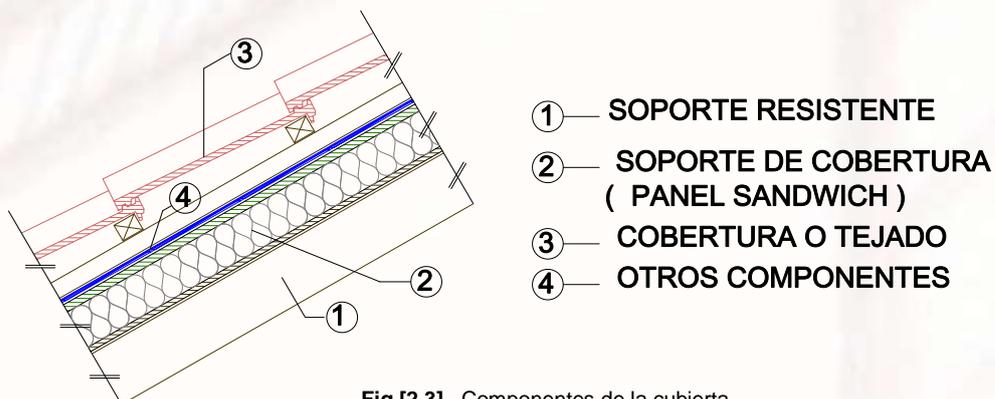


Fig [2.3]. Componentes de la cubierta.

1. Soporte resistente.
2. Soporte de cobertura.
3. Aislamiento térmico.
4. Cobertura.
5. Sistema de evacuación de aguas.
6. Otros componentes.

2.3.1.- Soporte resistente.

Parte de la cubierta que ha de absorber los esfuerzos a los que está sometida la cubierta. Está formada por una estructura metálica, de madera u hormigón, sobre la que se fijará el soporte de la cobertura.

2.3.2.- Soporte de cobertura

Es un sistema constructivo situado sobre el soporte resistente, y que tiene la pendiente necesaria para facilitar la evacuación de agua. La cobertura o tejado irá recibida sobre él o sobre un sistema interpuesto entre ambos. El panel sándwich de madera es el que constituye el sistema de cobertura.

El CTE en el DB-HS Salubridad, lo denomina como: “Sistema de formación de pendientes”, y establece las pendientes mínimas para cubiertas inclinadas y, mínimas y máximas para las planas. En las Tablas 2.1 y Tabla 2.2 (Tablas 2.9 y 2.10 CTE DB-HS), se indican las pendientes mínimas que ha de tener la cubierta, en función del material de cobertura, a partir de las cuales no se necesitan impermeabilizar el soporte de cobertura.

Tabla 2.1 Pendientes cubiertas planas (Tabla 2.9 CTE DB - HS)

USO	PROTECCIÓN	PENDIENTE
Transitables	Para Peatones	Solado fijo 1 - 5% ⁽¹⁾
		Solado flotante 1 - 5%
No Transitable	Para vehículos	Capa de rodadura 1 - 15%
		Grava 1 - 5%
	Lámina autoprotegida	1 - 15%
Ajardinadas	Tierra vegetal	1 - 5%

(1) Para rampas no se aplica la limitación de pendiente máxima

Tabla 2.2 Pendientes de cubiertas inclinadas (Tabla 2.10 CTE DB - HS)

COBERTURA (TEJADO) ^{(1) y (2)}		PENDIENTE MINIMA en %
Teja ⁽³⁾	Teja curva	32
	Teja mixta y plana monocanal	30
	Teja plana marsellesa o alicantina	40
	Teja plana con encaje	50
Pizarra		60
Cinc		10
Fibro cemento	Placas simétricas de onda grande	10
	Placas asimétricas de nervadura grande	10
	Placas asimétricas de nervadura media	25
	Perfiles de ondulado grande	10
	Perfiles de ondulado pequeño	15
Sintéticos	Perfiles de grecado grande	5
	Perfiles de grecado medio	8
	Perfiles nervados	10
	Perfiles de ondulado pequeño	15
Galvanizados	Perfiles de grecado o nervado grande	5
	Perfiles de grecado o nervado medio	8
	Perfiles de nervado pequeño	10
Aleaciones ligeras	Paneles	5
	Perfiles de ondulado pequeño	15
	Perfiles de nervado medio	5

- (1) En caso de cubiertas con varios sistemas de protección superpuestos se establece como pendiente mínima, la menor de las pendientes para cada uno de los sistemas de protección.
- (2) Para los sistemas y piezas de formato especial las pendientes deben establecerse de acuerdo con las correspondientes especificaciones de aplicación.
- (3) Estas pendientes son para faldones de menos de 6,5 m., una situación de exposición normal y una situación climática desfavorable. Para condiciones diferentes a éstas, se debe tomar el valor de la pendiente mínima establecida en la norma UNE 127.100 ("Tejas de hormigón. Código de práctica para la concepción y el montaje de cubiertas con tejas de hormigón"), ó en la norma UNE 136.020 ("Tejas cerámicas. Código de práctica para la concepción y el montaje de cubiertas con tejas cerámicas").

2.3.3.- Aislamiento térmico

Para reducir las pérdidas y ganancias de calor, y cuyo espesor ha de ser tal que se ajuste a lo establecido en el DB-HE Ahorro de Energía. Forma parte del panel sándwich de madera.

2.3.4.- Cobertura

Es el elemento que está en contacto con los agentes atmosféricos, y tiene que proteger al resto de la cubierta de su acción. Puede ser de elementos discontinuos (tejas, pizarra, chapas metálicas, etc.) para cubiertas inclinadas y, entonces el CTE la denomina tejados, o bien de elementos continuos para cubiertas planas.

2.3.5.- Sistema de evacuación de aguas

Necesario para evacuar las aguas pluviales que recibe la cubierta y que puede estar formado por: canalones, sumideros, y rebosaderos dimensionados según el DB-HS Salubridad.

2.3.6.- Otros componentes

Elementos que pueden formar parte de la cubierta en función de las exigencias higrotérmicas o de las características de los materiales. Son:

- Barreras antihumedad.
- Elementos de impermeabilización y protección.

3. Elementos del sistema

La realización de una cubierta inclinada con paneles sándwich de madera exige colocar otros materiales diferentes de éste y, que en su conjunto, conforman el sistema para la ejecución de este tipo de cubiertas. Entre ellos:

- Panel sándwich de madera.
- Fijaciones.
- Material para el sellado de juntas.
- Barrera antihumedad.
- Barrera paravapor.
- Elementos de impermeabilización y protección.

3.1.- PANEL SANDWICH

Los paneles sándwich son productos industriales formados por un alma de un material aislante (poliuretano, poliestireno extruído, poliestireno expandido, lana de roca, etc.), y dos caras de tableros derivados de la madera (aglomerados hidrófugos, contrachapados fenólicos o decorativos, tarima de madera, aglomerados con cemento, de fibras de celulosa, etc.), aunque también se incluyen paneles en los que una de sus caras es una placa de cartón yeso.

3.1.1.- Proceso de fabricación

No puede decirse que exista un solo sistema de fabricación pues cada fabricante tiene su tecnología, con equipos de producción desarrollados para su proceso.

Las colas empleadas son todas resistentes a la humedad, y varían sus tiempos abiertos así como la presión y temperatura de prensado. Antes de ser introducidas en el proceso de producción, las materias primas son sometidas a un proceso de control de calidad visual, y los paneles que tienen una cara formada por friso de madera, éste se suele ensamblar 24 horas antes de pasar a formar parte del panel.

En la Figura [4.1], se puede ver el proceso general de producción del panel sándwich.

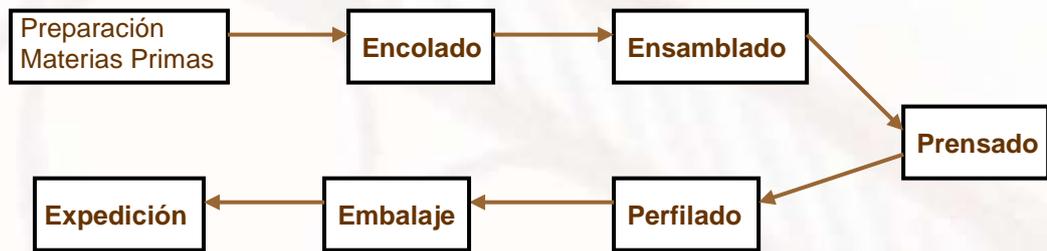


Fig [3.1]. Diagrama de producción del panel sándwich de madera.

3.1.2.- Tipología

En una primera clasificación, se podría hablar de:

- Paneles especiales.
- Paneles simples.

3.1.2.1.- Paneles especiales

Son paneles que mejoran algunas de las propiedades de los paneles normales, como el aislamiento térmico, propiedades mecánicas, etc. Cada fabricante dispone de algún tipo de panel especial, diseñados para aplicaciones concretas, tales como:

- Con cámara de aire:

El panel incorpora la cámara de aire, formada por la inclusión de rastreles o por la forma especial dada al aislamiento.

- Aislamiento acústico mejorado:

El panel sándwich, en su composición, incluye componentes que mejoran el aislamiento acústico.

- Mejora en la resistencia del panel, a la tracción paralela a las caras:
Mediante la incorporación de materiales que lo refuerzan.
- Preparados para recibir directamente morteros:
La cara de acabado es de un material cerámico.
- Autoportantes:
Llevan elementos resistentes de madera, de tal manera, que puedan colocarse directamente sobre la estructura primaria de la cubierta.
- Grandes luces:
El diseño de su sección, así como de sus componentes, les permiten alcanzar luces de apoyo superiores a los 4 m.
- Ecológicos:
Todos sus componentes son biodegradables, y tratados con insecticidas, fungicidas y protección hidrófuga de base acuosa.

3.1.2.2.- Paneles simples

Puede hacerse una primera clasificación de estos paneles, en función de si atendemos a los materiales que forman el alma, o a los que componen sus caras.

a) Por los materiales aislantes del alma:

- Poliuretano.
- Poliestireno extruído.
- Poliestireno expandido.
- Lana de roca.

b) Por los materiales que forman sus caras:

- Aglomerado hidrófugo.



- Contrachapado fenólico.

- Contrachapado ranurado (abeto, roble, etc)



- Tableros de virutas orientadas OSB.



- Frisos de madera maciza (abeto, castaño, etc.).



- Tablero de fibras largas de madera aglomerados con cemento (Tipo Herakustik).



- Tablero de cemento reforzado con fibras de madera.



- Placas de cartón – yeso.

4. Criterios de Proyecto

La cubierta es un elemento constructivo que está expuesto a los agentes atmosféricos, por lo que, entre otras funciones, ha de proteger de ellos al edificio, y reunir las condiciones necesarias de seguridad estructural y frente a los incendios.

El panel sándwich de madera, como elemento constituyente del soporte de cobertura, tiene que cubrir unos requisitos que están regulados por el CTE en diferentes Documentos Básicos, tales como:

4.1.- SEGURIDAD ESTRUCTURAL

La cubierta de un edificio, y el panel sándwich de madera como parte integrante de ella, deberá tener la resistencia y estabilidad adecuada frente a las acciones previstas durante la fase de construcción y su uso previsto, así como, que los posibles eventos extraordinarios no produzcan consecuencias desproporcionadas.

Además, el confort de los usuarios, el aspecto visual del edificio y la aptitud de servicio, es decir, la capacidad de asegurar el funcionamiento de la obra, serán conformes con el uso previsto de la edificación.

Las acciones, y las hipótesis de combinación de acciones, están reguladas en los siguientes DB:

- DB – SE : Seguridad estructural.
- DB – AE : Acciones en la edificación

Para los paneles sándwich de madera, deberá tenerse en cuenta para su cálculo el:

- DB – SE M : Estructuras de madera.

4.2.- HIGROTÉRMICAS

El comportamiento higrotérmico de una cubierta realizada con paneles sándwich de madera, está condicionado, en gran medida, por las características del panel.

El DB – HE: Ahorro de Energía, establece que los edificios deberán tener una envolvente que limite la demanda energética necesaria para obtener el confort térmico deseado. Para la verificación del cumplimiento de éste DB, limita la transmitancia térmica de las cubiertas (U , en $W / m^2 K$) para cada zona climática, estableciendo que deben ser menores que las límites dadas en la Tabla 2.1 del DB – HE.

También limita las condensaciones, tanto superficiales como intersticiales. Estas últimas no pueden producirse en el material aislante y, si se producen en otra capa de la cubierta, tendrá que evaporarse en el periodo de un año, tanto o más vapor del condensado.

4.3.- PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD

El CTE en el DB – HS: Salubridad, establece una serie de soluciones constructivas de las cubiertas, para evitar lo riesgos de presencia inadecuada de agua o humedades en el interior del edificio o sus cerramientos.

Así mismo da unas tablas para el cálculo de las bajantes de pluviales y canalones.

4.4.- PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

Las cubiertas inclinadas han de cumplir unas condiciones acústicas que limiten el nivel del ruido en el interior del edificio, en condiciones normales de utilización de éste. Estas condiciones vienen reguladas por el DB – HR: Protección frente al ruido.

Para satisfacer las exigencias del DB – HR, en lo referente a la protección frente al ruido, se establecen unos límites mínimos de aislamiento acústico a ruido aéreo entre el recinto y el exterior, en dBA, que es la que afecta a la cubierta.

Tabla 4.1 Valor el aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, entre un recinto protegido y el exterior. (Tabla 2.1 CTE DB - HR)

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y Sanitario		Cultural, docente, administrativo y religioso	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

- L_d es el índice de ruido día, que puede obtenerse de las administraciones competentes y, cuando no se dispongan de datos oficiales puede aplicarse el valor de 60 dBA para un área acústica con predominio de suelo de uso residencial.
- Cuando se prevea que una fachada no va a estar expuesta directamente al ruido de automóviles, aeronaves, actividades industriales, deportivas o comerciales, se reducirá en 10 dBA el L_d de la zona.
- Cuando la zona donde se ubique el edificio el ruido exterior dominante sea el de aeronaves, el aislamiento acústico a ruido aéreo de la tabla se incrementará en 4 dBA.

Para cubiertas transitables, se establece también que no debe de superarse un nivel global de presión a ruidos de impacto, $L'_{nT,w}$, de 65 dBA.

4.5.- SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

El CTE, en su DB – SI Seguridad en caso de incendio, fija los siguientes requerimientos para los materiales que forman la cubierta de u edificio de viviendas, siempre que ésta no forme parte de un local o zona de riesgo especial.

Para zonas ocupables, los revestimientos de techos y paredes, (ver Tabla 4.1 del DB – SI), deberán tener la siguiente reacción al fuego: C – s2, d0

Por otra parte, deberá de consultarse la Tabla 4.2 del citado DB, donde se clasifican los locales y zonas de riesgo especial integradas en el edificio, a las que se les exige una resistencia al fuego mínima, según Tabla 2.2 del DB – SI.

Por último, hay que señalar que el panel sándwich de madera es un producto perfectamente preparado para alcanzar las diferentes clasificaciones de reacción al fuego, en función de las exigencias de cada tipo de edificación, disponiendo los diferentes fabricantes de un amplio abanico de posibilidades en este campo.

5. Criterios de cálculo

En este capítulo se desarrolla el proceso para verificar el cumplimiento de las condiciones resistentes e higrotérmicas del panel sándwich de madera como elemento de la cubierta, establecidas por los diferentes Documentos Básicos del CTE señalados en el capítulo anterior.

5.1.- COMPROBACIÓN RESISTENTE DE SECCIONES

El procedimiento utilizado se basa en el contenido del CTE, en particular en los siguientes Documentos Básicos:

- DB – SE: Seguridad Estructural.
- DB – AE: Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación.
- DB – SE M: Seguridad Estructural. Madera.

5.1.1.- Acciones

Se determinarán de acuerdo con el DB SE – AE. Por lo general en una cubierta se tendrán que considerar las siguientes acciones:

- **Acciones permanentes.** Será el peso propio de la cubierta y de cualquier elemento que gravite sobre ella.
- **Acciones variables.** Las más comunes en una cubierta son:
 1. *Sobrecarga de uso.* Apartado 3.1 del DB SE – AE.
 2. *Viento.* Apartado 3.3 del DB SE – AE.
 3. *Nieve.* Apartado 3.5 del DB SE – AE.

Así mismo, en algunos casos, se deberán considerar otras acciones variables tales como: sismo, acciones térmicas, etc.

5.1.2.- Hipótesis de carga. Combinación de acciones

El DB – SE: Seguridad Estructural, en el apartado 4.2.2, considera, para la comprobación de los Estados Límites Últimos (E.L.U), tres situaciones de carga de las cuales, la primera de ellas que corresponde a una situación persistente o transitoria, es la que se aplica normalmente a una cubierta.

5.1.3.- Comprobación de secciones del panel

Para calcular la sección necesaria para soportar los esfuerzos a los que está sometido el panel sándwich de madera, se asume la teoría, generalmente admitida, por la cual las caras del panel soportan las tensiones de tracción y compresión producidas por el Momento flector y, el núcleo, las tensiones tangenciales producidas por el esfuerzo cortante.

Siguiendo las directrices marcadas en el DB – SE: Seguridad Estructural se considera que hay suficiente resistencia de una sección, cuando se cumpla la siguiente condición:

$$E_d \leq R_d \quad [5.1]$$

Con:

E_d : valor de cálculo del efecto de las acciones.

R_d : valor de cálculo de la resistencia correspondiente.

Además deben de tenerse en cuenta las condiciones particulares que fija el DB – SE-M: Seguridad Estructural. Madera.

A continuación se expone el procedimiento de cálculo de la sección, una vez obtenidos los esfuerzos que actúan sobre ella (en general momento flector y esfuerzo cortante), a partir de las acciones de cálculo que soporta la cubierta, según lo indicado en los apartados 5.1.1 y 5.1.2.

5.1.3.1.- Valores de cálculo de las propiedades de los componentes del panel

El DB – SE-M: Seguridad Estructural. Madera, en el apartado 2.2.2, establece los factores que afectan al comportamiento estructural de la madera. A continuación se resume de forma práctica lo que afecta al panel sándwich.

Las propiedades de los tableros que conforman el panel dependen de un factor, k_{mod} , que es función de la clase de servicio y de la duración de la carga.

- a) *Clases de duración de las acciones.* (Tabla 2.2. DB – SE M)
- b) *Clases de servicio.* (Apartado 2.2.2.2. DB – SE M)

En general, para cubiertas normales de vivienda, se estará en una clase de servicio 2. Ver el Apartado citado.

El valor de cálculo de las propiedades de los tableros viene dado por la siguiente expresión:

$$X_d = k_{mod} \left(\frac{X_k}{\gamma_M} \right) \quad [5.2]$$

donde:

- X_d : Valor de cálculo de una propiedad resistente del material.
- X_k : Valor característico de la propiedad del material.
- γ_M : Coeficiente parcial de seguridad (Tabla 2.2 DB SE – M).
- k_{mod} * Factor de modificación (Tabla 2.4 DB – SE-M), para la combinación de acciones considerada.

* Si una combinación de acciones incluye acciones de diferente clase de duración, se tomará el factor k_{mod} correspondiente a la clase de carga de más corta duración.

5.1.3.2.- Dimensionado de la sección.

La rigidez* D de un panel sándwich cualquiera como el de la Figura [5.1], viene dada por la expresión [5.3]:

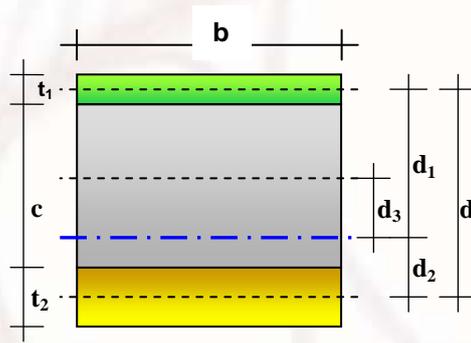


Fig [5.1]. Sección tipo de panel

$$D = E_{f1} \left(\frac{1}{12} b t_1^3 + b t_1 d_1^2 \right) + E_{f2} \left(\frac{1}{12} b t_2^3 + b t_2 d_2^2 \right) + E_a \left(\frac{1}{12} b c^3 + b c d_3^2 \right) \quad [5.3]**$$

Donde:

E_{f1} : Módulo de elasticidad medio de la cara de espesor t_1 .

E_{f2} : Módulo de elasticidad medio de la cara de espesor t_2 .

E_a : Módulo de elasticidad del núcleo del panel, de espesor c .

La sección será válida si se cumplen las expresiones [5.4],[5.5] y [5.6].

$$\frac{M_d \times E_{m,f1}}{D} \leq f_{m,f1,d} \quad [5.4]$$

$$\frac{M_d \times E_{m,f2}}{D} \leq f_{m,f2,d} \quad [5.5]$$

$$\frac{Q_d}{bc} \leq \tau_{a,d} \quad [5.6]$$

Expresiones en las que:

M_d : Momento flector de cálculo.

Q_d : Esfuerzo cortante de cálculo.

D : Rigidez de la sección calculada con la expresión [5.3].

$E_{m,f1}$: Módulos de elasticidad medio de la cara 1.

* La rigidez del panel se halla respecto a la fibra neutra, que se considerará que pasa por el centro de gravedad del panel.

** El tercer término de esta ecuación suele despreciarse por la poca influencia que tiene sobre el cómputo total de la expresión, debido al bajo valor del E_a del núcleo frente al de las caras

- $E_{m,f2}$: Módulos de elasticidad medio de la cara 2.
- $f_{m,f1,d}$: Resistencia de cálculo a flexión de la cara 1.
- $f_{m, f2,d}$: Resistencia de cálculo a flexión de la cara 2.
- $\tau_{a,d}$: Resistencia a esfuerzo cortante del núcleo del panel.
- b: Ancho de cálculo del panel (suele considerarse un metro).
- c: Espesor del núcleo del panel.

5.1.3.3.- Comprobación de la flecha.

Para comprobar la flecha en los elementos de madera, Estado Límite de Servicio (E.L.S), hay que tener en cuenta los efectos de la fluencia que incrementa las deformaciones elásticas iniciales. Así lo establece el DB – SE M, en el apartado 5.1 punto 4, introduciendo el factor k_{def} .

Por otro lado, en la madera tiene influencia la deformación producida por los esfuerzos cortantes, dada la gran diferencia que existe entre sus módulos de elasticidad longitudinal y transversal.

Por último, las limitaciones de flecha se fijan en el DB – SE, Apartado 4.3.3, para los tres casos de combinación de acciones del Apartado 4.3.2.

A continuación se expone un método aproximado para la comprobación de la flecha, del lado de la seguridad, para cada caso de combinación de acciones anteriormente indicado.

- a) La deformación elástica se obtiene mediante la expresión [5.7] suponiendo el panel como un elemento simplemente apoyado, con carga uniformemente repartida p , independientemente del número de apoyos que lleve el panel.

$$\delta_{u,ini} = \frac{5pl_v^4}{384D} + \frac{pl_v^2c}{8bd^2} \quad [5.7]$$

Con:

$\delta_{u,ini}$: Deformación inicial en mm.

p: Carga uniforme sobre el panel en N/mm.

l_v : Luz del vano en mm.

D: Rigidez obtenida con la expresión [5.3], en N·mm².

b: Ancho de cálculo del panel en mm. Ver Figura [5.1].

d: Distancia entre centro de las caras en mm.

c: Espesor del núcleo del panel en mm.

- b) Dado que un panel está constituido por dos caras y un alma que trabajan conjuntamente, se puede tomar un factor de fluencia:

$$k_{def} = 2 \quad [5.8]$$

- c) La deformación final no podrá superar la admisible.

$$\delta_{u,fin} = \delta_{u,ini} (1 + k_{def}) \leq \delta_{adm} \quad [5.9]$$

Donde:

$\delta_{u,ini}$: Deformación inicial calculada con la expresión [5.7].

$\delta_{u,fin}$: Deformación final.

δ_{adm} : Deformación admisible según el DB – SE, Apartado 4.3.3, para los tres casos de combinación de acciones del Apartado 4.3.2.

k_{def} : Factor de fluencia, indicado en [5.8].

5.2.- COMPROBACIÓN HIGROTÉRMICA DE LA CUBIERTA

El DB – HE: Ahorro de energía, establece las condiciones higrotérmicas que ha de cubrir la cubierta, limitando su transmitancia térmica, así como la presencia de condensaciones intersticiales y superficiales. A continuación se resumen los cálculos necesarios para su comprobación, de acuerdo con el citado Documento Básico.

5.2.1.- Transmitancia térmica

El cálculo de la transmitancia térmica U , se realiza de acuerdo con el procedimiento indicado en el Apéndice E del DB – HE.

Los valores límites de la transmitancia térmica establecidos en el CTE se dan en la Tabla [5.1], Tabla 2.1 del DB – HE, a partir de la zona climática en la que se sitúa la cubierta del edificio en estudio, obtenida en el Apéndice D del DB – HE.

Tabla 5.1 Valore máximos de la transmitancia térmica (U en $W / m^2 K$) de cubierta (Tabla 2.1 CTE DB - HE)

ZONA CLIMÁTICA				
A	B	C	D	E
0,65	0,59	0,53	0,49	0,46

La transmitancia térmica de una cubierta viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad [5.10]$$

Donde:

R_T : Resistencia térmica total de la cubierta en: $m^2 K / W$, obtenida por la expresión [5.11].

$$R_T = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n} + R_{se} \quad [5.11]$$

Con:

R_{si} : Resistencia superficial interior en: $m^2 K / W$,
Tabla 5.2 (Tabla E.1 del DB – HE).

e_1, e_2, \dots, e_n : Espesor de cada capa en m.

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$: Conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, en: $W / m K$.

R_{se} : Resistencia superficial exterior en: $m^2 K / W$,
Tabla 5.2 (Tabla E.1 del DB – HE).

R_i^* : Resistencia térmica de cada capa de la cubierta en: $m^2 K / W$,

* La resistencia térmica de las cámaras de aire se encuentran en el punto 6 del Apartado E.1.1 del DB – HE.

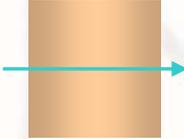
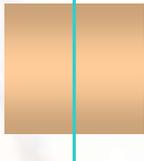
siendo:

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} \quad [5.12]$$

Considerando la expresión [5.12], la [5.11] queda de la siguiente manera:

$$R_T = R_{se} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{si} \quad [5.13]$$

Tabla 5.2 Valores de R_{se} y R_{si} en $m^2 K / W$
(Tomadas de la Tabla E.1 CTE DB - HE)

Posición cerramiento y sentido flujo calor	R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $> 60^\circ$ y flujo horizontal. 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente 	0,04	0,10

5.2.2.- Condensaciones

La condensaciones se producen cuando en un punto cualquiera, la presión de saturación es superior a la de vapor. Su cálculo se realiza siguiendo el procedimiento indicado en el Apéndice G del DB – HE.

5.2.2.1.- Condiciones del ambiente exterior.

La temperatura θ_e , y humedad relativa ϕ_e , del ambiente exterior para los diferentes meses del año de las capitales de provincia, vienen señaladas en la Tabla G.2 del DB – HE, tomándose para el cálculo la del mes de enero. Para otras localidades de la provincia, se determinarán siguiendo el proceso indicado en el Apartado G.1.1.

5.2.2.2.- Condiciones del ambiente interior.

Se definen en el apartado G.1.2.2 del DB – HE y, para espacios residenciales los valores son:

Temperatura interior: $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ [5.14]

Humedad relativa interior* : $\phi_i = 55\%$ [5.15]

5.2.2.3.- Condensaciones superficiales.

En el Apartado 3.2.3.1. del DB – HE, punto 3, se establece que si se cumplen los valores de transmitancia máxima fijados en la Tabla 5.1 de este manual (Tabla 2.1. del DB) se asegura para los espacios de clase de higrometría 4 o inferiores la no presencia de condensaciones superficiales. Los puentes térmicos, o los espacios de otra clase de higrometría se comprobarán según el método indicado en el apartado G.2.1.

5.2.2.4.- Condensaciones intersticiales.

Para el cálculo de condensaciones intersticiales se procederá según el Apartado G.2.2. del DB – HE, que a continuación se expone de forma resumida.

a) Distribución de temperaturas en la cubierta.

Para una cubierta formada por n capas, la temperatura en cada una de ellas viene dada por las expresiones [5.16]:

$$\begin{aligned} \theta_{se} &= \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T}(\theta_i - \theta_e) \\ \theta_1 &= \theta_{se} + \frac{R_1}{R_T}(\theta_i - \theta_e) \\ \theta_2 &= \theta_1 + \frac{R_2}{R_T}(\theta_i - \theta_e) \\ &\dots\dots\dots [5.16] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_n &= \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T}(\theta_i - \theta_e) = \theta_{si} \\ \theta_i &= \theta_n + \frac{R_{si}}{R_T}(\theta_i - \theta_e) \end{aligned} \quad [5.17]$$

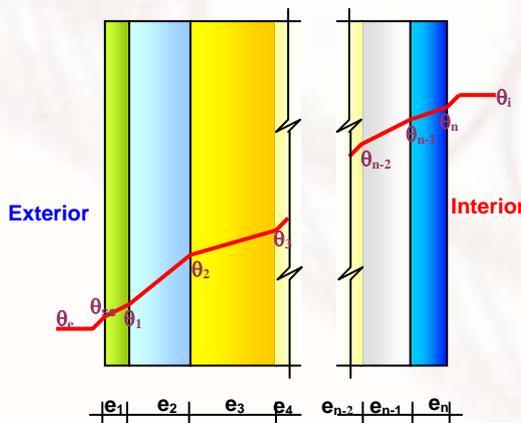


Fig [5.2]. Distribución de temperaturas en una cubierta de n capas

* Para otros espacios diferentes a los residenciales, ver la clase de higrometría, definida en el Apartado 3.1.2. punto 3, y obtener la humedad relativa interior en el Apartado G.1.2.2.

La expresión [5.17] puede valer como comprobación, dado que el valor final tiene que coincidir con el valor de partida de la temperatura interior en el mes de enero, que se fija de acuerdo con la situación de la localidad.

Los parámetros empleados en las expresiones anteriores son:

R_{se} : Resistencia térmica superficial del aire exterior, tomada de la Tabla 5.2.

R_{si} : Resistencia térmica superficial del aire interior, tomada de la Tabla 5.2.

R_T : Resistencia térmica total de la cubierta obtenida mediante la expresión [5.13]

R_1, R_2, \dots, R_n : Resistencia térmica de cada capa calculada con la expresión [5.12].

θ_{se} : Temperatura superficial exterior en °C.

θ_{si} : Temperatura superficial interior en °C.

θ_e : Temperatura exterior de la localidad en °C.

θ_i : Temperatura interior en °C, expresión [5.14].

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$: Temperatura en cada capa en °C.

b) Distribución de la presión de vapor.

Para hallar la distribución de presiones de vapor de saturación, exige calcular previamente:

b.1.- *Presión de vapor del aire interior* P_i en Pa:

- Para temperatura interior $\theta_i = 20^\circ\text{C}$: $P_i = \phi_i \cdot 610 e^{\frac{17,269\theta_i}{237,3+\theta_i}}$ [5.18]

ϕ_i : Humedad relativa del ambiente interior, en tanto por uno.
Expresión [5.15].

b.2.- Presión de vapor del aire exterior P_e en Pa:

- Para temperatura exterior $\theta_e \geq 0^\circ\text{C}$: $P_e = \phi_e 610e^{\frac{17,2690}{237,3+\theta_e}}$ [5.19]

- Para temperatura exterior $\theta_e < 0^\circ\text{C}$: $P_e = \phi_e 610e^{\frac{21,8750}{265,5+\theta_e}}$ [5.20]

ϕ_e : Humedad relativa del ambiente exterior, en tanto por uno.

b.3.- Espesor de aire equivalente de cada capa S_{d1}, \dots, S_{dn} en m.

El espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, viene dado por:

$$S_{dj} = e_j \mu_j \quad [5.21]$$

S_{dj} : Espesor de aire equivalente de la capa j en m.

e_j : Espesor de la capa j en m.

μ_j : Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua

Distribución de presiones de vapor en cada capa en Pa

$$P_1 = P_e + \frac{S_{d1}}{\sum_{j=1}^n S_{dj}} (P_i - P_e)$$

$$P_2 = P_1 + \frac{S_{d2}}{\sum_{j=1}^n S_{dj}} (P_i - P_e) \quad [5.22]$$

.....

$$P_{n-1} = P_{n-2} + \frac{S_{d(n-1)}}{\sum_{j=1}^n S_{dj}} (P_i - P_e)$$

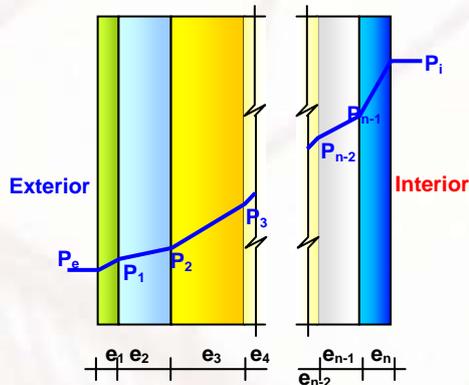


Fig [5.3]. Diagrama de presiones de vapor en una cubierta de n capas

c) Presiones de saturación.

La presión de saturación en las diferentes capas de la cubierta, se obtienen mediante las expresiones [5.23] o [5.24].

- Para temperatura de la capa $\theta^* \geq 0^\circ\text{C}$: $P_{sat} = 610e^{\frac{17,2690}{237,3+\theta}}$ [5.23]

- Para temperatura de la capa $\theta^* < 0^\circ\text{C}$: $P_{sat} = 610e^{\frac{21,8750}{265,5+\theta}}$ [5.24]

* La temperatura de cada capa son las obtenidas mediante la expresión [5.16].

Para terminar y, aunque ya se ha dicho anteriormente, la condición para que no se produzcan condensaciones intersticiales es que la presión de vapor sea superior a la presión de saturación.

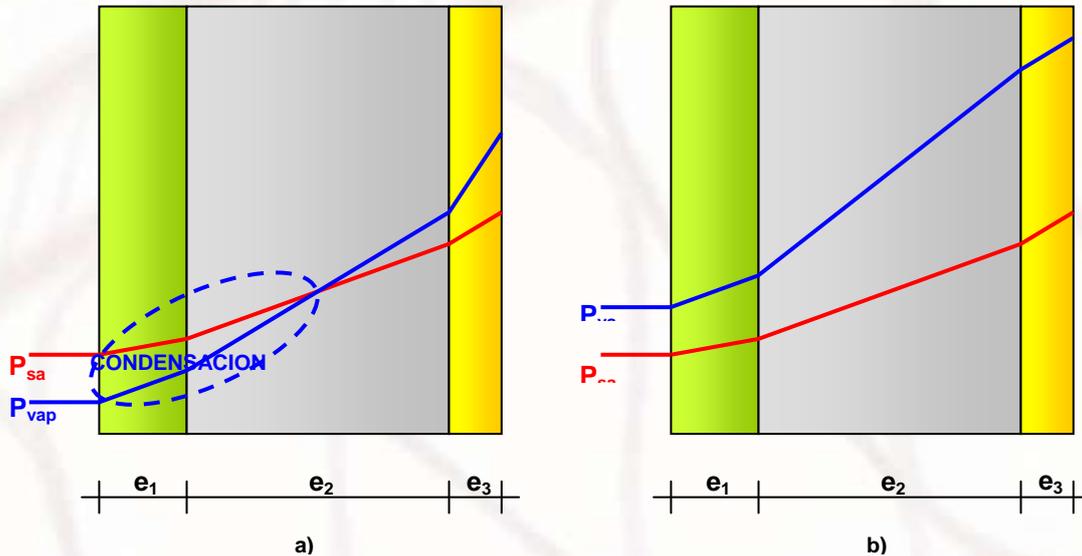


Fig [5.4] a) y b). Graficas de condensaciones: a) con condensaciones. b) sin

5.3.- CANALONES Y BAJANTES DE PLUVIALES

Como se indica en el apartado 4.3 de este manual, el CTE en el DB – HS: Salubridad, da unas tablas para el cálculo de las bajantes de pluviales y canalones, en su capítulo HS5, apartado 4.2.2. y 4.2.3.

5.3.1.- Canalones

En la tabla siguiente, se fija el diámetro del canalón semicircular para un régimen pluviométrico de 100 mm/h. Para otros casos distintos se tendrá en cuenta:

- a) Par régimen pluviométrico distinto del indicado, se aplica un factor de corrección a la superficie servida, f , dado por la expresión [5.24]:

$$f = \frac{i}{100} \quad [5.24]$$

- i: Intensidad pluviométrica que se considera.

- b) Cuando la sección no es semicircular, la sección cuadrangular equivalente de la sección considerada, deberá ser un 10% superior a la semicircular.

Tabla 5.3 Diámetro de canalón semicircular, para un régimen pluviométrico de 100 mm/h
(Tabla 4.7 CTE DB – HS5)

	Pendiente del canalón				Diámetro nominal canalón (mm)
	0,5%	1%	2%	4%	
Superficie de cubierta en proyección horizontal (m²)	35	45	65	95	100
	60	80	115	165	125
	90	125	175	255	150
	185	260	370	520	200
	335	475	670	930	250

5.3.2.- Bajantes de pluviales

También la tabla para determinar el diámetro de las bajantes de pluviales, están realizadas para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h. De igual manera, para otras intensidades se aplicará el factor de corrección dado para los canalones.

Tabla 5.4 Diámetro de bajantes de pluviales, para un régimen pluviométrico de 100 mm/h
(Tabla 4.8 CTE DB – HS5)

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

5.4.- PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

Para cumplir las exigencias establecidas en el DB – HR, Protección frente al ruido, respecto al aislamiento acústico a ruido aéreo entre un recinto protegido y el exterior, (ver Tabla 4.1, Tabla 2.1 del DB – HR), puede elegirse entre dos opciones: la simplificada o la general.

Para las dos opciones, la definición de un elemento constructivo que proporciona el aislamiento acústico a ruido aéreo, queda establecida cuando se conocen los siguientes parámetros acústicos:

- a) Masa por unidad de superficie: **m**
- b) Índice global de reducción acústica ponderado A: **R_A**

Los diferentes fabricantes de panel sándwich de madera, dan estos parámetros para los productos producidos por ellos.

5.4.1.- Opción simplificada

En esta opción, para cada uno de los elementos constructivos que conforman un recinto, entre ellos la cubierta, se fijan en tablas los valores mínimos de los parámetros acústicos (Tabla 3.4 del DB – HR para cubiertas). Además han de cumplirse las condiciones de diseño de las uniones entre elementos constructivos, que establece en su apartado 3.1.4.

- 1.- En primer lugar, se establece el índice de ruidos **L_d**

Puede obtenerse de la administración competente o consultando los mapas estratégicos de ruido. Si no se disponen de datos oficiales para zonas con predominio de suelo residencial, puede establecerse un valor de 60 dBA.

2.- Para el valor de L_d fijado, se obtiene el aislamiento acústico a ruido aéreo: $D_{2m,nT,Atr}$

Vienen reflejados en la Tabla 4.1 (Tabla 2.1 del DB –HR).

3.- A partir del $D_{2m, nT, Atr}$, y entrando en la Tabla 3.4 del DB –HR, se fijan los parámetros acústicos de la cubierta.

Para entrar en esa Tabla, se hace de la siguiente manera:

- Ejemplo 1: $L_d = 60$ dBA, dormitorio, cubierta sin huecos ni lucernarios

$L_d = 60$ dBA \Rightarrow Tabla 2.1: $D_{2m, nT, Atr} = 30$ dBA

Entramos en la tabla 5.5 para establecer el R_A de la cubierta.

Entrando con un: $D_{2m, nT, Atr} = 30$ dBA, obtenemos para una parte ciega del 100% (no hay huecos ni lucernarios), un $R_A = 33$ dBA.

Tabla 5.5 Parámetros acústicos de cubiertas para recintos protegidos
(Tomados de la Tabla 3.4 CTE DB – HR)

Límite exigido $D_{2m,nT,Atr}$ dBA	Parte ciega 100% R_A dBA	Parte ciega $\neq 100\%$ R_A dBA	$R_{A,tr}$ de la ventana y caja de persiana y $D_{n,e,Atr}$ del aireador				
			$\leq 15\%$	Porcentaje de huecos			
				De 16% a 30%	De 31% a 60%	De 61% a 80%	De 81% a 100%
30	33	35	26	29	31	32	
		40	25	28	30	31	33
		45	25	28	30	31	

- Ejemplo 2: $L_d = 60$ dBA, dormitorio, cubierta con un 20 % de lucernarios.

$L_d = 60$ dBA \Rightarrow Tabla 2.1: $D_{2m, nT, Atr} = 30$ dBA

Entrando con un: $D_{2m, nT, Atr} = 30$ dBA, podemos tener tres soluciones para una parte ciega $\neq 100\%$ (hay un 20% de lucernarios):

- a) La parte ciega con un $R_A = 35$ dBA
lucernarios con $R_A = 29$ dBA
- b) La parte ciega con un $R_A = 40$ dBA
lucernarios con $R_A = 28$ dBA
- c) La parte ciega con un $R_A = 45$ dBA
lucernarios con $R_A = 28$ dBA

4.- Con el valor de R_A obtenido para la parte ciega, se determina el panel necesario y la solución constructiva.

Para ello consultar al fabricante, si bien en el Catálogo de Elementos constructivos del CTE, puede verse en el apartado 4.1.13 los detalles para cubierta ligera no ventilada, donde entre otros aparece la masa m y el R_A , de un panel sándwich de madera.

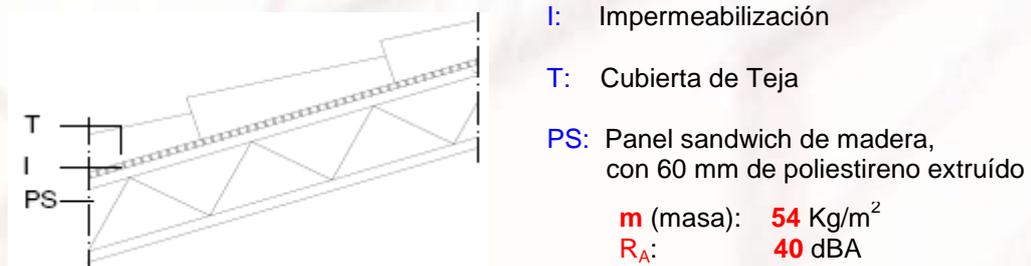


Fig [5.5]. Detalle C.13.3 del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.

Para otros casos, los fabricantes de los paneles proporcionan la masa m y el índice global de aislamiento acústico ponderado R_A .

También los lucernarios, huecos aireadores etc., deberán tener el R_A obtenido anteriormente

5.- Respetar las condiciones de diseño de las uniones entre elementos constructivos.

En el DB – HR, en el apartado 3.1.4 se fijan éstos, entre otros:

- a) Encuentros de elementos verticales de separación con la cubierta, fachada y forjados.
- b) Encuentros de elementos verticales con los conductos de instalaciones.
- c) Encuentros de los elementos de separación horizontales, con los elementos verticales y con los conductos de instalaciones.

5.4.2.- Método General

El método general de cálculo, se basa en la opción simplificada propuesta en la norma UNE EN 12354 partes 1,2 y 3. En él, se tienen en cuenta la transmisión acústica directa entre recintos (desde el exterior o entre recintos, ruidos aéreos o de impacto), así como las transmisiones indirectas por los flancos.

En esta opción se emplea para cada elemento constructivo su R' (Índice de reducción acústica aparente de un elemento constructivo medido in situ), o en su forma global R'_A .

Los fabricantes de los paneles facilitan estos parámetros procedentes de los ensayos, para los diferentes tipos que producen.

El CTE aporta una herramienta de cálculo para realizar las comprobaciones por la opción general.

6. Ejecución

En este Capítulo se trata el proceso general de ejecución de la cubierta con paneles sándwich de madera, pasando, en el siguiente, a tratar las disposiciones constructivas especiales y detalles de ejecución.

6.1.- SUMINISTRO

Los paneles se presentan paletizados, siendo la dimensión del palet función de la dimensión de los paneles.

En general los paneles se apilan de tal manera, que las caras del palet expuestas a los agentes exteriores (superficie superior e inferior), sean las de la cara resistente del panel (aglomerado hidrófugo o contrachapado) y no la decorativa.

El flejado se realiza sobre cantoneras de plástico o cartón de alta densidad, en esquinas, cantos o zonas en contacto con el fleje, recubriéndose posteriormente con una bolsa o film plástico.

Todos los palets irán etiquetados, figurando generalmente en la etiqueta los siguientes términos:

- Nombre y dirección empresa suministradora.
- nº de pedido.
- Fecha de empaquetado.
- Composición del panel.
- Medidas del panel.
- Nº de paneles por palet.

Además figurará la señalización de fragilidad y protección de la lluvia. En algunos casos, figuran también las instrucciones para su carga y descarga.



Fig [6.1]. Ejemplo de señalizaciones de frágil y protección lluvia.

6.2.- APILADO Y MANIPULADO EN OBRA

Los paneles de madera, una vez recibidos en obra, deben mantenerse en su palet sin desembalarlos hasta su puesta en obra, sin quitar ni plásticos ni flejes pues podrían arquearse los paneles. Los palets se almacenarán en lugares planos, limpios y protegidos. No se apilarán más de dos paletas.

Dado que la mayoría de los paneles tienen una cara decorativa, a la hora de desembalarlos deberá hacerse de tal manera que esta cara no se deteriore, evitando que un panel deslice sobre el otro, lo que podría rayarla.

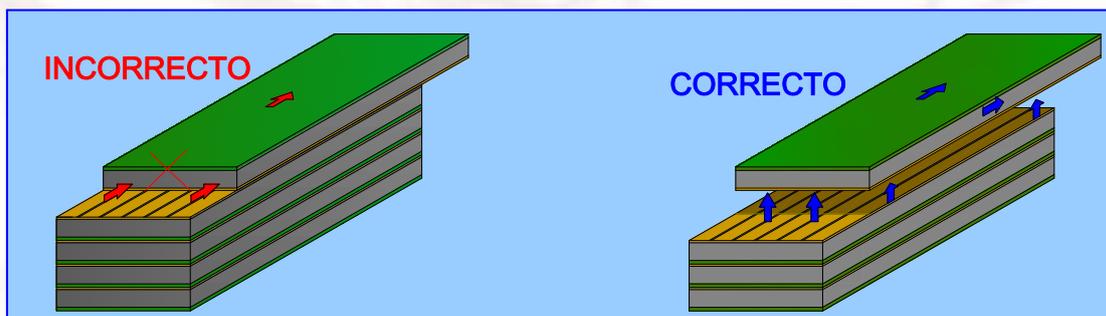


Fig [6.2]. Descarga de paneles del palet.

Los paneles que se hayan desembalado y que no se hayan colocado en la jornada laboral, así como los palets abiertos, deben protegerse de la intemperie y colocarse en la siguiente jornada.

Todos los elementos auxiliares del sistema (lengüetas, clavos y tornillos, material de sellado de juntas, barreras antihumedad), deben almacenarse en lugares protegidos y no desembalarlos hasta su uso.

Los paneles se manipulan con herramientas y medios de carpintería: serruchos, sierra circular, brocas de madera, etc.

Para el movimiento en obra de los palets, tanto para su traslado como elevación, se recomienda el empleo de horquillas. Deben tener una longitud de uñas superiores a 1 m., y estar separadas también 1 m. como mínimo.

Si se emplean para su elevación, cadenas, cables, eslingas, etc., hay que tener cuidado para no dañar los paneles, por lo que se deben de usar cantoneras resistentes en los puntos de contacto de esos elementos con los paneles.

6.3.- TRABAJOS PREVIOS

Durante la fase de proyecto han de tenerse en cuenta que las siguientes premisas:

1. Irán apoyados en un mínimo de tres apoyos.
2. Los paneles irán siempre apoyados en sus extremos, no debiendo volar sobre ellos.

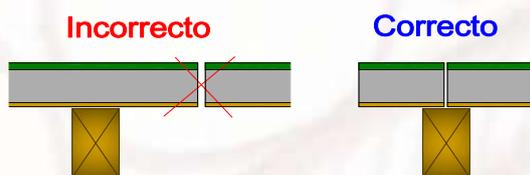


Fig [6.3]. Fijación sobre apoyo

Por tanto, las separaciones entre apoyos deben modularse para que se cumplan los dos puntos anteriores, siempre cubriendo las exigencias de resistencia.

Antes de colocar los paneles debe controlarse la planitud de los apoyos, asegurando el buen asiento de los paneles.

También hay que tener en cuenta que deben de respetarse las juntas de dilatación del edificio.

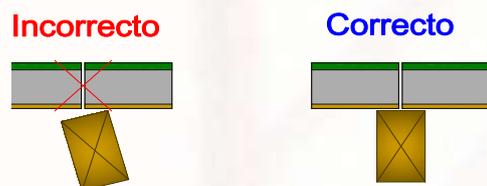


Fig [6.4]. Superficie de apoyo nivelada

Por último hay, el proceso de ejecución de una cubierta inclinada realizada con panel sándwich de madera como base de cubierta, comprende las siguientes grandes tareas:

1. Colocación del panel, con las fijaciones apropiadas.
2. Sellado de juntas.
3. Colocación de la barrera antihumedad *.
4. Enlistonado adaptado al material de cobertura.
5. Colocación del material de cobertura.

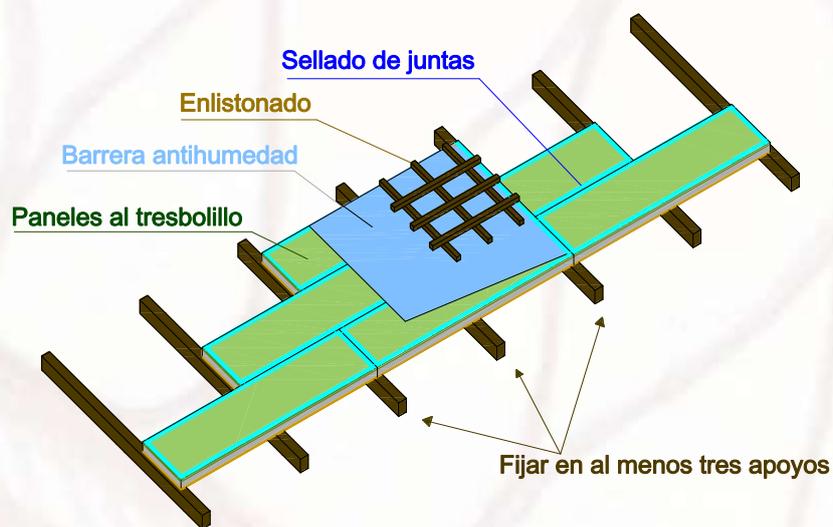


Fig [6.5]. Elementos de una cubierta inclinada con panel sándwich de madera

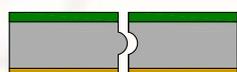


* En algunos casos se puede colocar una vez fijada la primera línea de listones.

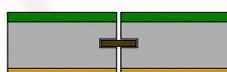
6.4.- COLOCACIÓN DE LOS PANELES

La colocación suele empezarse por la parte inferior del faldón, progresando hacia la cumbrera. Se aconseja que los paneles se coloquen al tresbolillo, evitando juntas continuas, lo que mejorará la estanqueidad de la cubierta ante posibles filtraciones de agua, así como la trabazón de la base de cubierta.

Con el fin de mejorar el ajuste entre paneles, todos llevan el canto mecanizado, por lo menos en sus dos lados mayores. Los tipos normales corresponden a un



Machihembrado



Ranura y Lengüeta

“machihembrado” o a “ranura y lengüeta”, siendo esta última normalmente de tablero de fibras de media densidad (DM).

Fig [6.6]. Juntas longitudinales de paneles

No deben de encolarse las juntas entre los paneles, pues perjudicará seriamente el funcionamiento de la cubierta.

Los ajustes dimensionales y remates de los paneles que se necesiten realizar, no deben ejecutarse en la cubierta, aconsejándose el uso de sierra circular trabajándolo sobre una mesa.

Se recomienda proteger los paneles con un film plástico cuando se tengan que interrumpir los trabajos y amenace lluvia, dado que podrían dañarse y absorber humedad, y el panel podría abarquillarse al irse secando.

6.5.- FIJACIÓN DE LOS PANELES

Los paneles pueden fijarse sobre cualquier tipo de soporte:

- Madera.
- Acero.
- Hormigón.

Para cualquiera de los soportes anteriores deben de respetarse las siguientes consideraciones: Fig. [7.9]

1. La fijación a la estructura se realizará mediante tornillería específica para cada tipo de soporte.
2. Las fijaciones irán separadas entre sí un máximo de 30 cm.
3. El elemento de fijación irá separado del extremo del panel un mínimo de 2 cm.
4. La planitud del faldón será tal que no se encuentren variaciones mayores de 5 mm.

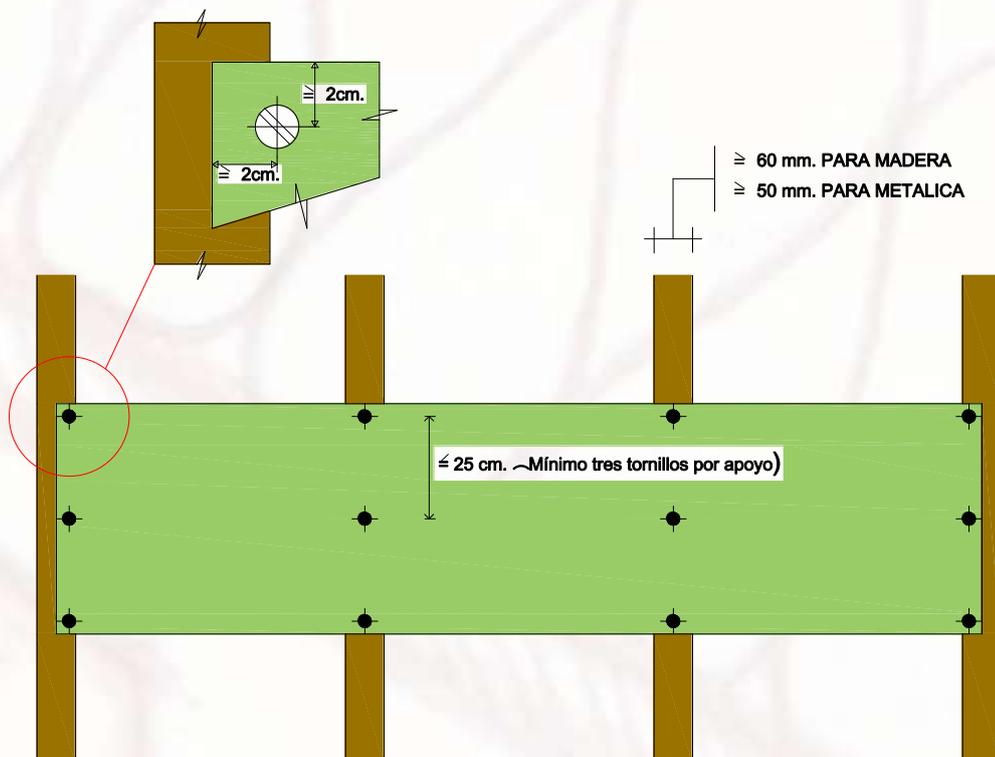


Fig [6.7]. Distribución general de fijaciones

Cuando se prevean acciones de succión del viento elevadas, en casos tales como: frente al mar, acantilados laderas expuestas, etc, así como en aleros, cumbres y porches, se recomienda una separación máxima de 15 cm.

Además de las fijaciones detalladas en los siguientes apartados, cada fabricante puede recomendar otras similares.

6.5.1.- Fijación sobre estructura de madera

La fijación de los paneles a una estructura de madera se realizará mediante tornillos con rosca madera, de acero al carbono con tratamiento anticorrosión o inoxidables. Puede tomarse como referencia los que cumplan la Norma DIN 1052, para tornillos de construcción y uniones de madera con cargas.

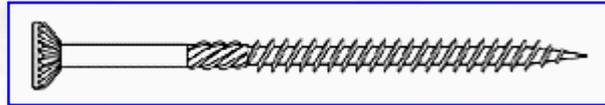


Fig [6.8]. Tornillo tipo para apoyo de madera

- Su longitud será tal que permita una penetración del panel en el elemento de apoyo de 30 mm. $L \geq \text{Espesor Panel} + 30 \text{ mm}$.
- Diámetro: $\phi \geq 6 \text{ mm}$.



6.5.2.- Fijación sobre estructura metálica

La fijación de los paneles a una estructura metálica se realizará mediante tornillos autotaladrantes de acero al carbono con tratamiento anticorrosión o inoxidable. Deberán tener rosca para madera, bajo la cabeza, de una longitud mayor o igual de 8 mm. Puede tomarse como referencia los que cumplan la Norma AISI 304. Deberán usarse arandelas y, se recomienda el uso de las de doble estanqueidad.

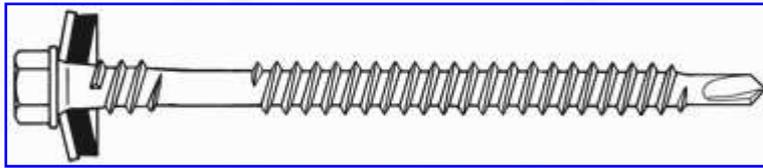


Fig [6.9]. Tpojo metálico

Las características geométricas mínimas serán:

- Su longitud será tal que permita una penetración en el elemento de apoyo del panel de 30 mm. $L \geq \text{Espesor Panel} + 30 \text{ mm}$.
- Diámetro: $\phi \geq 6,3 \text{ mm}$.



6.5.3.- Fijación sobre estructura de hormigón

La fijación directa de los paneles a una estructura de hormigón no suele realizarse habitualmente, dado que es mejor fijar a ésta una subestructura de madera y el panel a esta última.

Si se realiza, el panel se fijará a la estructura de hormigón mediante tornillos autotaladrantes de acero al carbono con tratamiento anticorrosión o inoxidable. Deberá realizarse un taladro previo en el panel y la vigueta de hormigón.

6.6.- COLOCACIÓN DE LOS MATERIALES DE COBERTURA

Sobre los paneles sándwich pueden colocarse los diferentes materiales de cobertura. Entre otros:

- Teja: Curva, mixta, plana.
- Pizarra.
- Metálicas: cobre, zinc, acero.

Si se emplea como cobertura tejas asfálticos (“shingles”), materiales continuos no transpirables, debe de cuidarse la producción de condensaciones, dado que estos materiales constituirán una barrera paravapor en la cara fría del panel, con el riesgo que conlleva.

En lo que se refiere a las técnicas de colocación de los materiales de cobertura, deben seguirse las indicaciones de los fabricantes de estos productos, y/o las indicaciones de las correspondiente NTE: QTT (Tejados de Tejas); QTP (Tejados de Pizarra); QTG (Tejados de Acero galvanizado); QTZ (Tejados de Zinc); QTL (Tejados de Aleaciones Ligeras).

En general, para colocar estos materiales, deberá de realizarse un doble enrastrelado sobre el panel, que ha de cumplir una serie de condiciones.

6.6.1.- Enrastrelado

La colocación de los materiales de cobertura exige, en general, colocar previamente un enrastrelado doble, que además permite la micro ventilación de la cubierta. Los rastreles pueden ser metálicos, plásticos o de madera. Si son de madera tienen que cubrir las siguientes especificaciones:

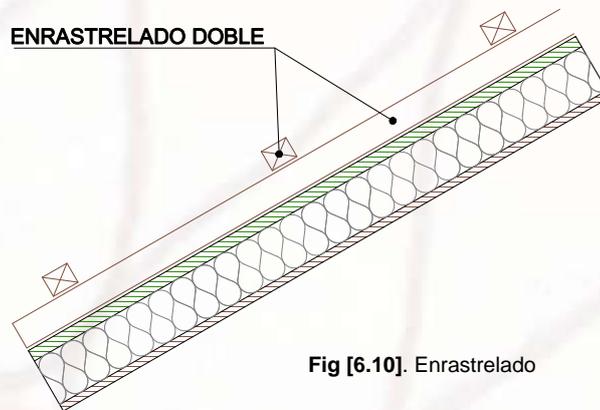


Fig [6.10]. Enrastrelado

- La madera deberá estar estabilizada, con un mínimo de seis meses de envejecimiento natural, y su humedad será:
 - ≤ 8 % en zonas de baja humedad.
 - ≤ 12 % en zonas litorales o de alta humedad.
- La resistencia mecánica será la adecuada y sin defectos localizados (nudos, acebolladuras, etc) que reduzcan más de un tercio su sección resistente.
- La escuadría mínima será de 35 x 45 mm.

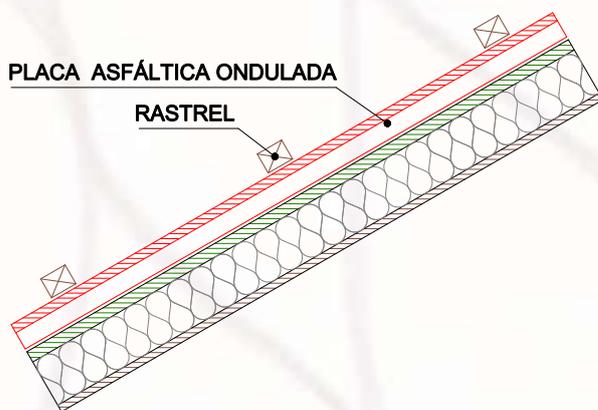
Además, ya sean metálicos, plásticos o de madera, deben de cumplir:

- La separación será la adecuada para fijar el material de cobertura, por lo que dependerá de las dimensiones y solapes de éste.

- Deberá tenerse en cuenta que para tejas curvas, mixtas, planas y pizarra, que la última pieza de un alero, limahoya , cambio de pendiente, etc., debe de volar 5 cm. lo que obliga a que el último rastrel de apoyo vaya a una separación distinta del resto, para mantener la pendiente de la cubierta.

Para el alero se emplea un rastrel con forma de peine, que además de evitar el cabeceo de la primera hilada del material de cobertura, permite la entrada de aire.

Así mismo en la cumbre se suele emplearse un perfil perforado que además de soportar el caballete permite la salida de aire de micro ventilación.



En muchos casos, el primer orden de enrastrelado se sustituye por una placa asfáltica ondulada, manteniendo el segundo orden de rastreles que cumplirá las condiciones anteriormente expuestas.

Fig [6.11]. Enrastrelado con placa asfáltica ondulada

A continuación se indican algunas recomendaciones para la colocación de los materiales de cobertura sobre los paneles sándwich de madera.



6.6.2.- Teja curva

La colocación de la teja curva sobre el panel podrá hacerse de diferentes maneras:

a).- Sobre placa asfáltica ondulada.

Las canales y cobijas se adaptan a la ondulación de estas placas, que irán fijadas mecánicamente al panel.

b).- Sobre un Enrastrelado paralelo a la línea de máxima pendiente.

Se recomienda la colocación de un doble enrastrelado, siendo el primer orden perpendicular a la línea de máxima pendiente, y el segundo paralelo a ella en el que apoyarán las tejas canales. La separación será la apropiada para que queden bien acunadas entre dos rastreles, y de tal manera que al poner las cobijas se garantice un paso de agua constante comprendido entre 30 y 70 mm.

c).- Sobre una capa de mortero.

Sobre el panel sándwich se extenderá una capa de mortero de 4-5 cm., que irá reforzado con una malla de gallinero metálica o sintética. Debe asegurarse la unión entre mortero y panel, que puede realizarse por medio de una tela asfáltica enarenada*. Sobre esta capa, se colocará la teja recibida con mortero de cemento.

* En este caso deberá de tenerse especial cuidado con la producción de condensaciones intersticiales.

6.6.3.- Teja mixta, plana y pizarra

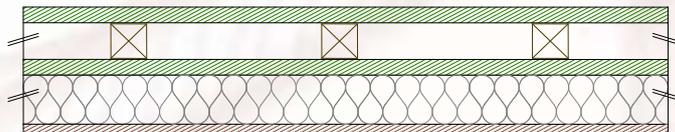
En este caso también ha de realizarse un doble enrastrelado, siendo el primer orden paralelo a la línea de máxima pendiente, o una placa asfáltica ondulada, y el otro, en el que apoyarán las tejas, o se fijará la pizarra, perpendicular a ella. La separación de los rastreles de apoyo, estará determinada por el paso de montaje longitudinal.

Además hay que tener en cuenta que la teja de alero ha de volar un mínimo de 5 cm, por lo que la distancia entre el rastrel del alero y el siguiente es diferente.

6.6.4.- Chapas Metálicas (Acero, Zinc, Cobre)

Cuando el material de cobertura vaya a ser chapa metálica, hay que tener en consideración que pueden producirse condensaciones importantes en la cara fría de la chapa, así como que podrán alcanzarse altas temperaturas. Por todo ello se recomienda que se interponga una cámara de aire ventilada entre la chapa y el panel, o una membrana drenante.

En todos los casos se seguirán las recomendaciones generales de colocación de estos materiales sobre un soporte de madera



7. Puntos singulares

En este Capítulo se trata de manera genérica de las disposiciones que han de tomarse en la solución de distintos puntos singulares de la cubierta. La colocación de los materiales de cobertura se hará siguiendo las especificaciones de cada material, así como la solución estructural, dado que ambas no es objeto de este manual.

En todos los dibujos donde figura un doble enrastrelado, el primer orden puede sustituirse por una placa asfáltica ondulada, por lo que se alterna su representación.

7.1.- CUMBRERA

El encuentro entre los paneles que van a formar la cumbrera, puede realizarse a tope o bien cortándolos a testa y rellenándose siempre con espuma de poliuretano la junta entre ambos. Los paneles no deben de volar más de 5 cm., sobre su apoyo.

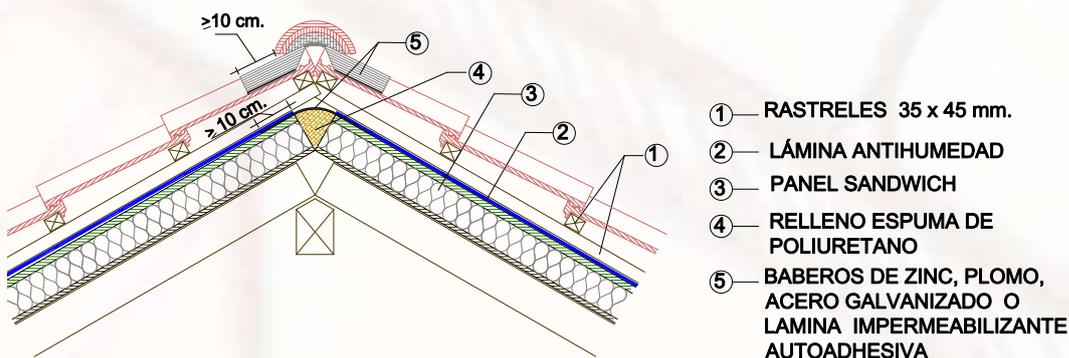


Fig [7.1]. Cumbrera con paneles a tope y sin perfil perforado de caballete

La unión entre paneles irá siempre protegida, bien con un babero de zinc, plomo o chapa galvanizada, extendiéndose al menos 10 cm. en cada faldón. Así mismo, y sobre el material de cobertura, se dispondrá un babero metálico o

una lámina impermeabilizante protegida, que se adaptará a la forma de la cubrición. Deberán cubrir un mínimo de 10 cm en cada faldón que forma la cumbre.

Cuando la cumbre se realice con un perfil metálico perforado que soporta un rastrel, deberá, además de soportar el caballete, garantizar la salida del aire de la micro ventilación por la cumbre.

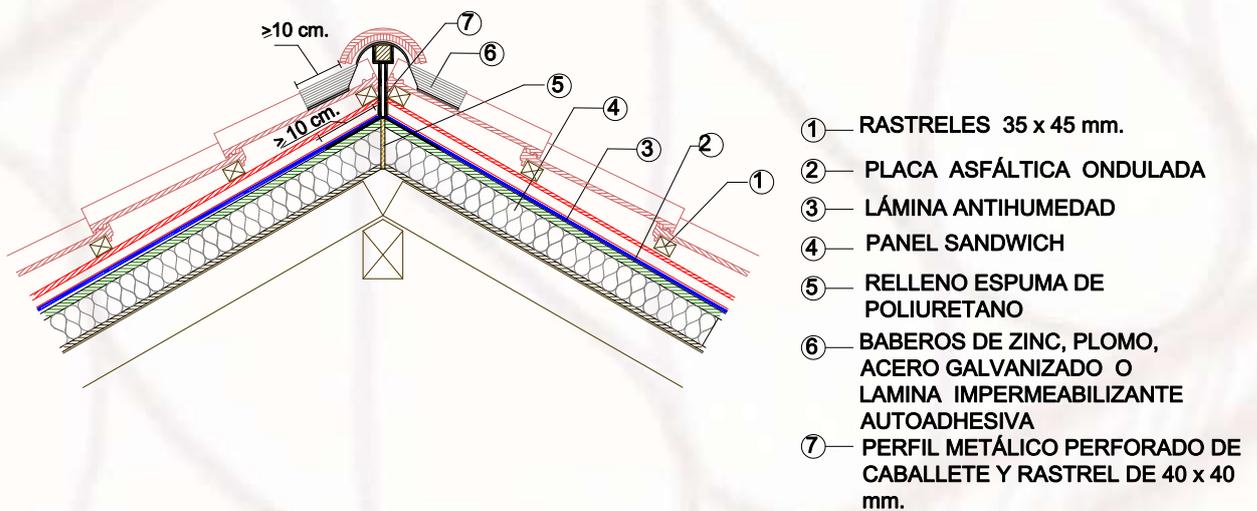


Fig [7.2]. Cumbre con paneles cortados a testa y con caballete de perfil perforado

El material de cobertura deberá colocarse a testa con el rastrel de cumbre, y si no se emplea éste, a testa entre ellos. Todas las piezas que forman la hilada superior deberán ir fijadas.

Por último deberán seguirse las normas de colocación del material de cobertura, así como el uso de piezas especiales y ganchos de servicio que se requieran.

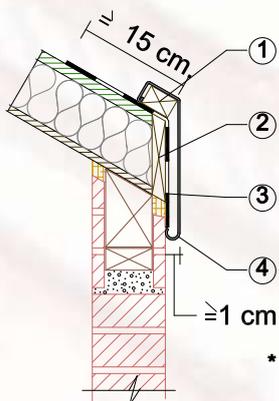
7.2.- LIMATESA

En las limatesas se seguirán las mismas especificaciones dadas para la cumbrera, vigilando con especial atención los cambios de dirección.

7.3.- BORDE LATERAL

La solución que se adopte debe de estudiarse cuidadosamente en función del material de cobertura que se emplee, pues ha de tenerse en cuenta que es un punto muy expuesto a la lluvia, viento, etc., por lo que pueden producirse filtraciones de agua.

Así mismo, el canto del panel debe de quedar completamente protegido de los agentes atmosféricos, por lo que se recomienda la colocación de un remate que lo cubra en su totalidad.



- ①— RASTREL PARA FIJAR PIEZA REMATE LATERAL
- ②— REMATE BORDE DE PANEL
- ③— IMPERMEABILIZACIÓN
- ④— REMATE LATERAL COBERTURA*

* La que corresponda a cada material

En lo que se refiere a la pieza de remate lateral de la cobertura, debe de fijarse sobre un rastrel de madera colocado en el lateral, por medio de tornillos o clavos auto taladrantes.

Fig [7.3]. Remate de borde lateral

Todas las piezas deben ir fijadas al rastrel, sellando los orificios de las piezas de remate, y siguiendo las especificaciones particulares que se fijan para este detalle en cada material de cobertura. Además han de colocarse ligeramente voladas, al menos 1 cm., para que hagan de goterón. Debajo de ellas y extendiéndose un mínimo de 15 cm por el faldón, se colocará una lámina impermeabilizante o un babero metálico.

7.4.- ENCUENTRO CON CANALÓN

Una vez fijado el panel, que deberá estar ya acabado con el remate perimetral, se procederá a colocar sobre él una capa de impermeabilización de al menos 15 cm. de ancho.

Posteriormente, se fijarán las abrazaderas o “gafas” de fijación del canalón, que se recomienda estén remetidas al menos 15 mm. de la línea del material de cubrición.

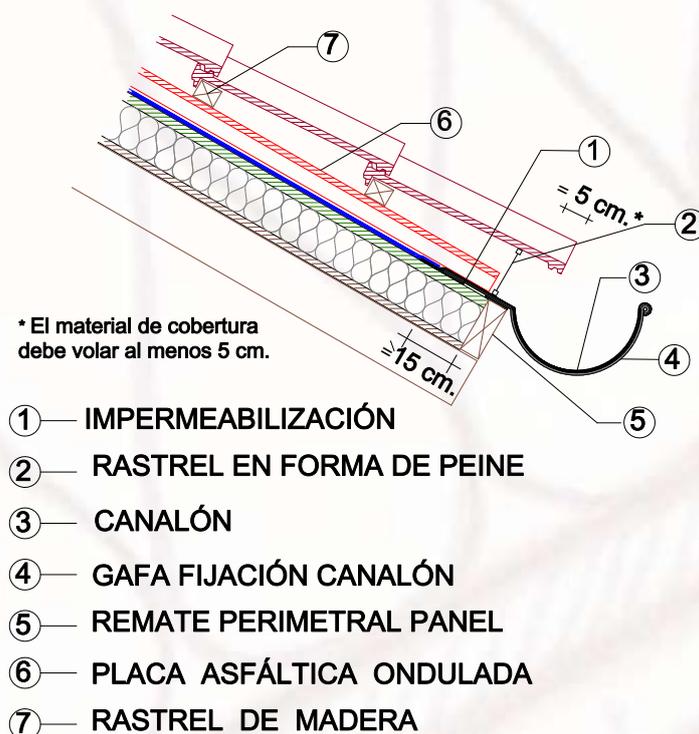


Fig [7.4]. Canalón

El CTE DB HS, dentro de la sección HS 5, en el Artículo 5.1.4, establece unas especificaciones para la ejecución de los puntos de captación:

- Los canalones, en general y salvo las siguientes excepciones, se dispondrán con una pendiente mínima del 0,5 %.
- Los canalones de zinc llevarán soldadas todas las piezas que lo constituyen en todo su perímetro. Las abrazaderas del canalón se ajustarán a la forma de éste, y estarán separados una distancia máxima de 50 cm, e irán remetidos en la línea del faldón al menos 15 cm.

- Los canalones de plástico tendrán una pendiente mínima del 0,16 %. Las uniones entre perfiles será con manguitos de unión con junta de goma. La separación entre los ganchos de fijación no excederá de 1 m. aunque en zonas de nieve debe reducirse a 0,70 m. Todos los accesorios deben ir dotados de una zona de dilatación de al menos 10 mm.
- La conexión del canalón a las bajantes se hará a través de sumidero sinfónico.

El dimensionado de los canalones y bajantes puede hacerse de acuerdo con lo señalado en el DB HS, en su Artículo 4, y ya expuesto en el punto 6.3 de este manual.

7.5.- LIMAHOYA

Bajo el punto de vista de la estanqueidad, es uno de los puntos críticos de la cubierta. Para su ejecución pueden seguirse las siguientes consideraciones:

- El encuentro entre paneles puede resolverse cortando ambos a testa. Si se produjera o dejara una junta entre ellos, deberá rellenarse con espuma de poliuretano, y sellarse.
- Una vez realizada la junta entre paneles, se procederá a impermeabilizar la zona de la limahoya. Esta impermeabilización, además de cubrir la superficie que ocupará la misma, deberá de remontar, en cada faldón, un mínimo de 15 cm.

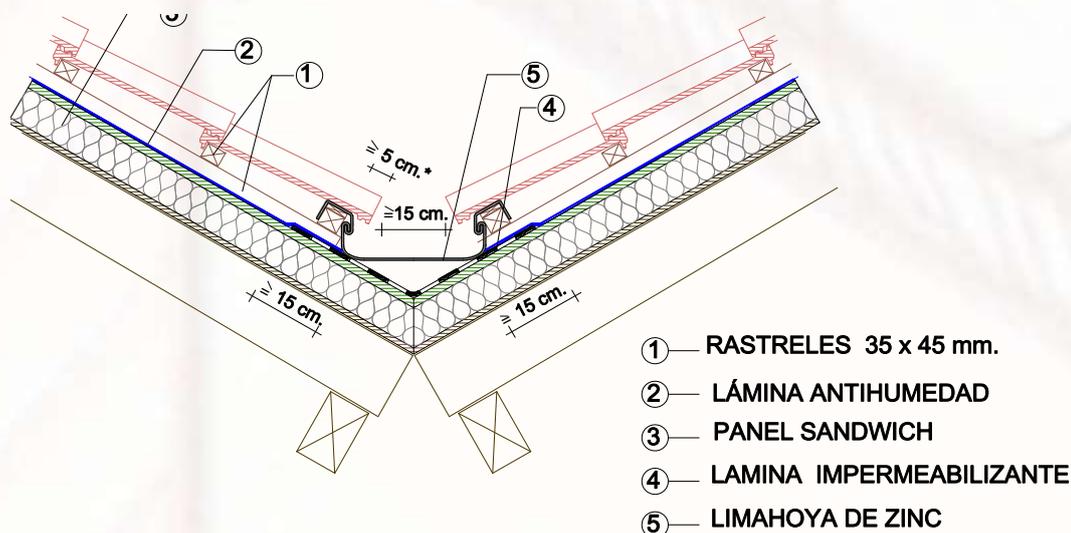


Fig [7.5]. Limahoya

- Las chapas de zinc que forman la limahoya deberán de solaparse un mínimo de 10 cm, y remontar hasta el rastrel superior para asegurar la estanqueidad.
- En el remate con la cumbre, el material que forma la limahoya, deberá solaparse con el del otro faldón en la línea de cumbre y, posteriormente, se protegerá dicho encuentro con el caballete.
- El material de cobertura debe de volar un mínimo de 5cm. sobre la limahoya y, ésta, ha de tener un ancho mínimo de 15 cm. para la recogida de aguas.

7.6.- ENCUENTRO CON PARAMENTOS VERTICALES

Se deben adoptar soluciones que impidan las filtraciones de agua por ser unas zonas muy sensibles a ellas. Bajo el punto de vista constructivo se diferencian dos casos:

7.6.1.- Encuentro con el paramento en la parte superior del faldón

- La junta entre el panel y el paramento se debe de rellenar con lana de roca u espuma de poliuretano. Así mismo, se recomienda que el canto del panel, paralelo al paramento, esté protegido en todo su espesor.

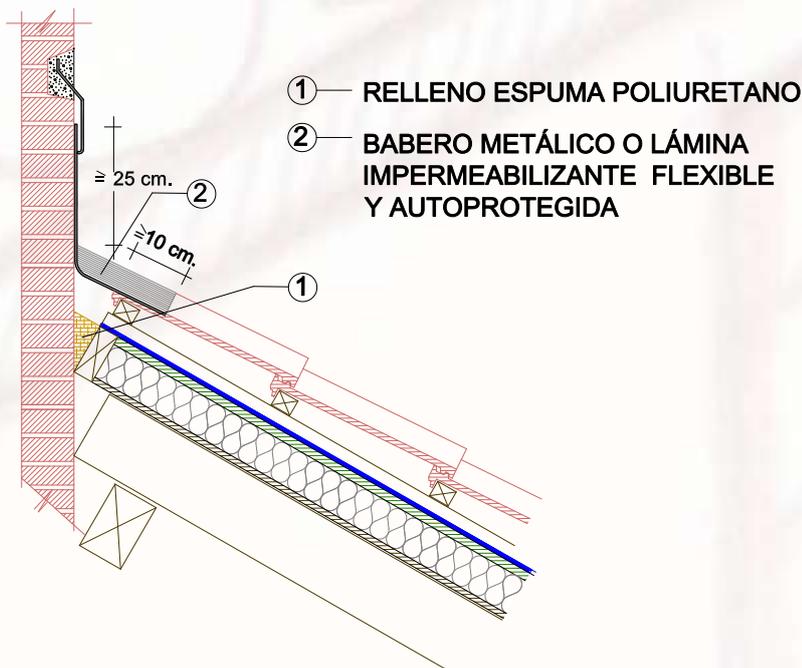


Fig [7.6]. Encuentro superior con paramento vertical

- El encuentro entre la membrana y el paramento, tiene que ir rematado con una chapa o perfil metálico que irá introducido en una roza y recibido con mortero M-5 y sellado.
- Todas las piezas de cobertura de la última hilada irán recibidas.

7.6.2.- Encuentro con el paramento en la parte inferior del faldón

- En primer lugar, se colocará una lámina de impermeabilización que deberá remontar al menos 25 cm. sobre el paramento. Esta lámina, además de cubrir toda la superficie que ocupe el canalón, tiene que remontar un mínimo de 20 cm. por encima del faldón. Como en el caso del encuentro superior, irá rematada por medio de un perfil o chapa metálica a modo de goterón, y que irá introducida en una roza, recibida con mortero M-5 y sellada.
- Se colocará un canalón en la zona de unión entre el paramento y el faldón, con una pendiente que no sea menor del 1 %.

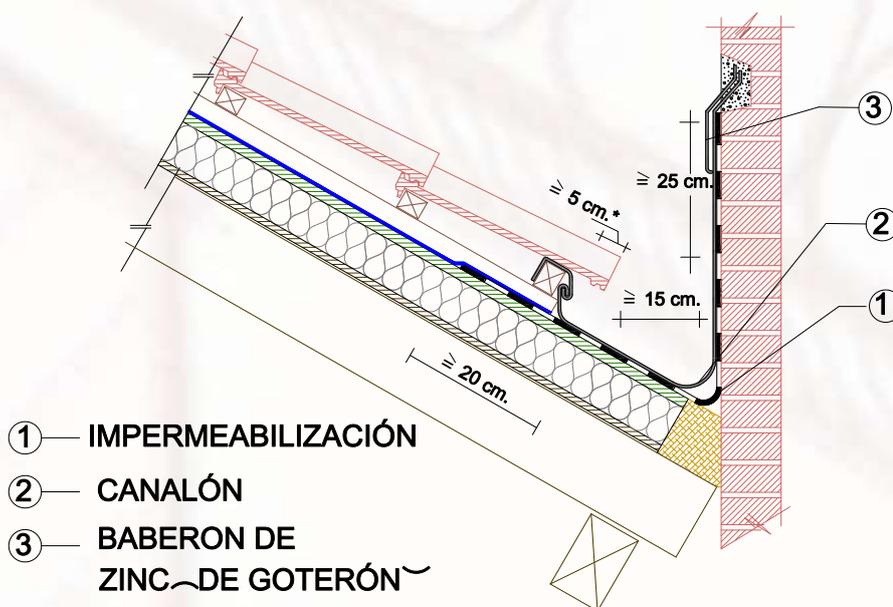


Fig [7.7]. Encuentro inferior con paramento vertical

- El canalón remontará sobre el último rastrel o irá engatillado a un babero que cubra el rastrel.
- Todas las piezas de cobertura de la última hilada irán recibidas.

7.6.3.- Encuentro lateral con un paramento

- En el encuentro lateral del faldón con un paramento, se debe acometer, siempre que sea posible, con piezas enteras del material de cobertura. Irán colocadas a testa con el paramento vertical, y todas ellas fijadas. En el caso de emplear tejas curvas se deberá llegar con tejas canal.
- Deberá ponerse una primera capa de impermeabilización que solape un mínimo de 15 cm. sobre el panel, y que remonte al menos 25 cm. sobre el paramento.

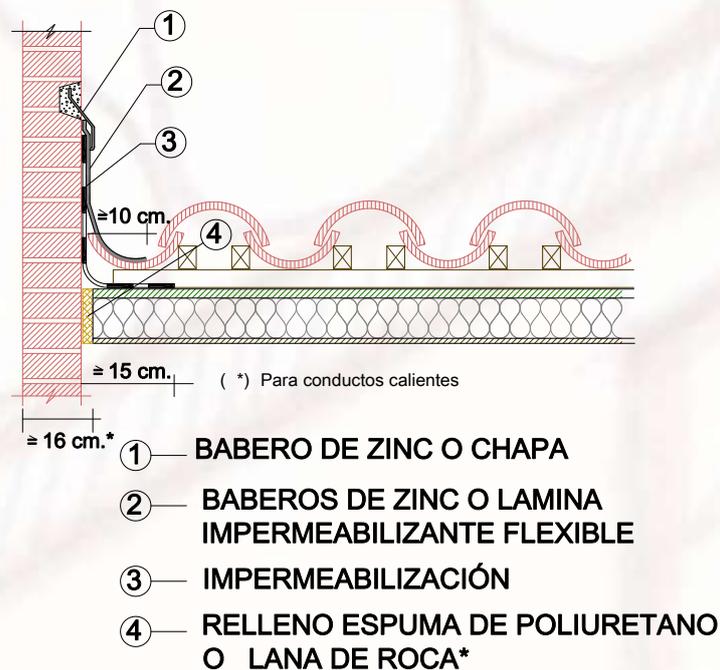


Fig [7.8]. Encuentro lateral con paramento vertical

- La estanqueidad del encuentro se hará con una membrana impermeable, flexible y autoprotegida o bien con un babero de zinc, plomo o chapa galvanizada. Irá solapada un mínimo de 10 cm. sobre la última hilada de la cobertura, y remontará al menos 25 cm. sobre el paramento vertical.
- La membrana o babero irá rematada por medio de un perfil o chapa metálica a modo de goterón, y que irá introducida en una roza, recibida con mortero M-5 y sellada.

7.7.- ENCUENTRO CON CONDUCTOS Y CHIMENEAS

Estos encuentros se solucionarán de manera análoga a lo establecido en el apartado 8.6 de este manual. Además se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- El encuentro superior con el conducto se hará como lo indicado en el apartado 8.6.1. y el agua recogida deberá evacuarse hacia los laterales, sin encontrar ningún obstáculo.
- El encuentro inferior con el conducto se resolverá como lo indicado en el apartado 8.6.2.

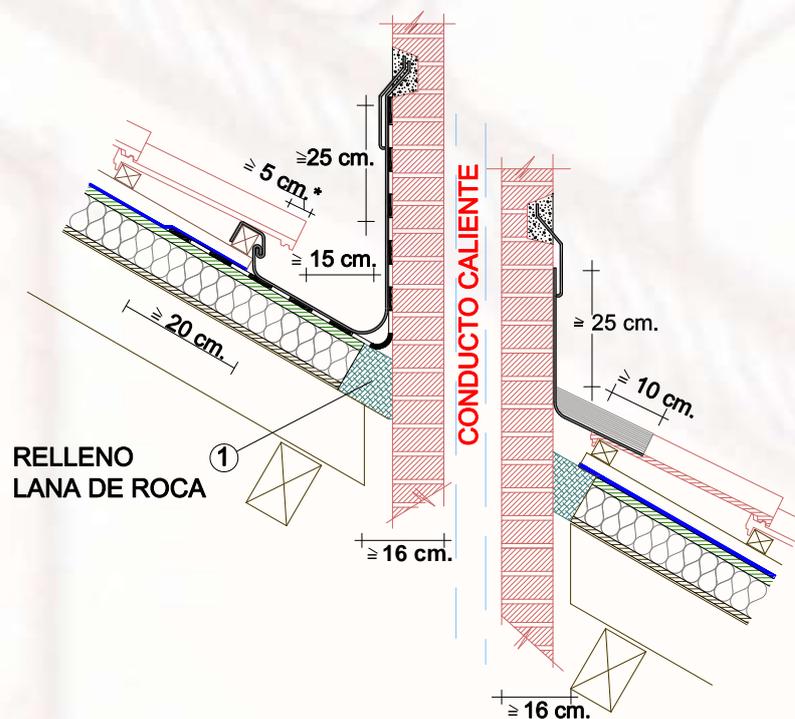
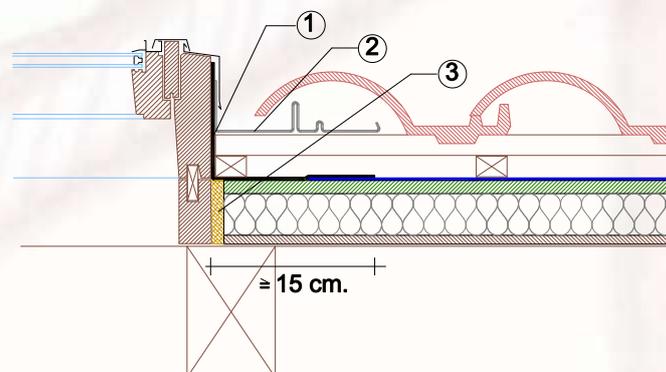


Fig [7.9]. Encuentro con conductos

- El encuentro lateral con el conducto se resolverá como lo indicado en el apartado 8.6.3.
- La unión entre el encuentro superior y el lateral, se resolverá con una membrana impermeable o chapa metálica, siendo aconsejable que se empleen los mismos materiales en ambos encuentros. El material empleado para la recogida de aguas del encuentro superior debe solapar al menos 10 cm sobre el material empleado para la recogida de aguas lateral.
- Para conductos calientes, el panel y los elementos de madera deberán estar separados, al menos, 16 cm. del conducto. La junta con el paramento se rellenará con lana de roca.

7.8.- LUCERNARIO

- Al colocar un lucernario sobre el faldón se producen, como en el caso anterior del encuentro con un conducto vertical, tres encuentros diferentes: superior, inferior y lateral. Cuando se ejecuten en obra las soluciones a adoptar serán las mismas que las indicadas en el apartado 8.6.
- Si el lucernario viene ya dotado de sus propios sistemas de estanqueidad, drenaje y canalización de agua, se seguirán las instrucciones dadas por el fabricante, siendo aconsejable impermeabilizar una banda alrededor del hueco de al menos 15 cm. de faldón, y que remonte sobre la perfilaría del lucernario.



- ① — IMPERMEABILIZACIÓN
- ② — SISTEMA ESTANQUEIDAD LUCERNARIO
- ③ — RELLENO JUNTA CON POLIURETANO

Fig [7.10]. Encuentro lateral con lucernario provisto sistemas de estanqueidad.

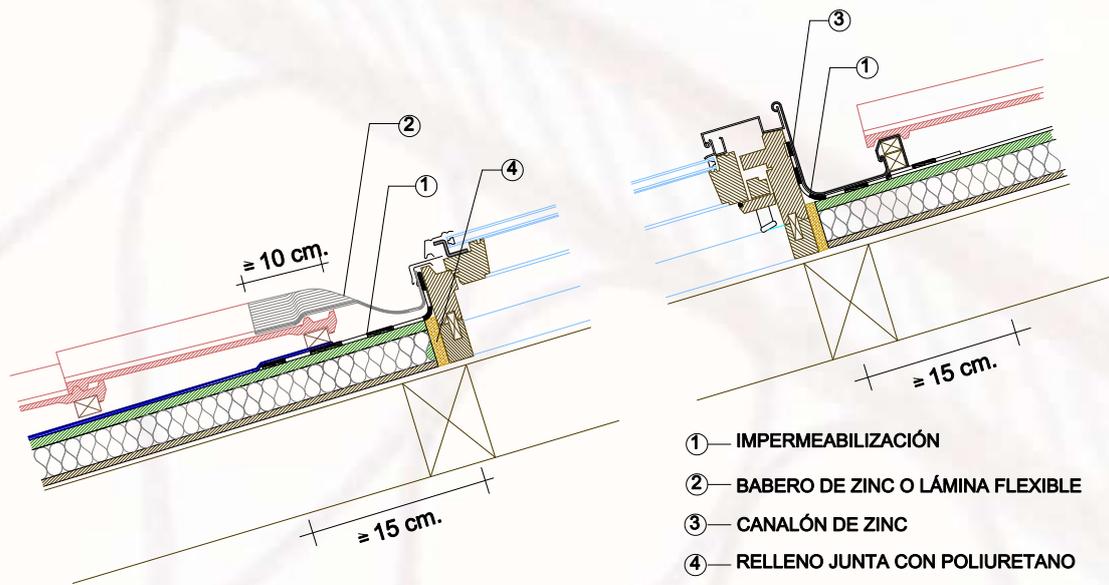


Fig [7.11]. Encuentro superior e inferior con lucernario. Sistema de estanqueidad realizado en obra

7.9.- CAMBIO DE PENDIENTE DEL FALDÓN

- Son zonas en las que se rompe la continuidad del faldón, por lo que deberán tratarse con mucha atención.

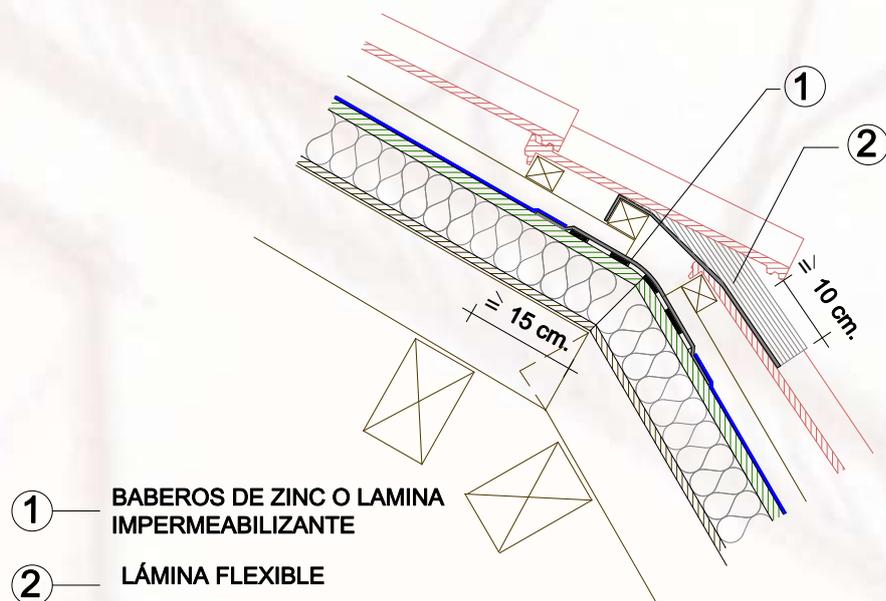


Fig [7.12]. Cambio de pendiente en el faldón

- En primer lugar los paneles deben de colocarse a testa, sellando e impermeabilizando la unión entre ambos. Posteriormente se colocará una lámina de impermeabilización que debe cubrir un mínimo de 15 cm. de cada faldón afectado.
- La estanqueidad se asegurará con la colocación de una membrana flexible o un babero metálico por debajo del material de cubrición de la vertiente superior y, que solape por lo menos 10 cm. con el de la inferior. Irá fijada al primer rastrel de la vertiente superior.

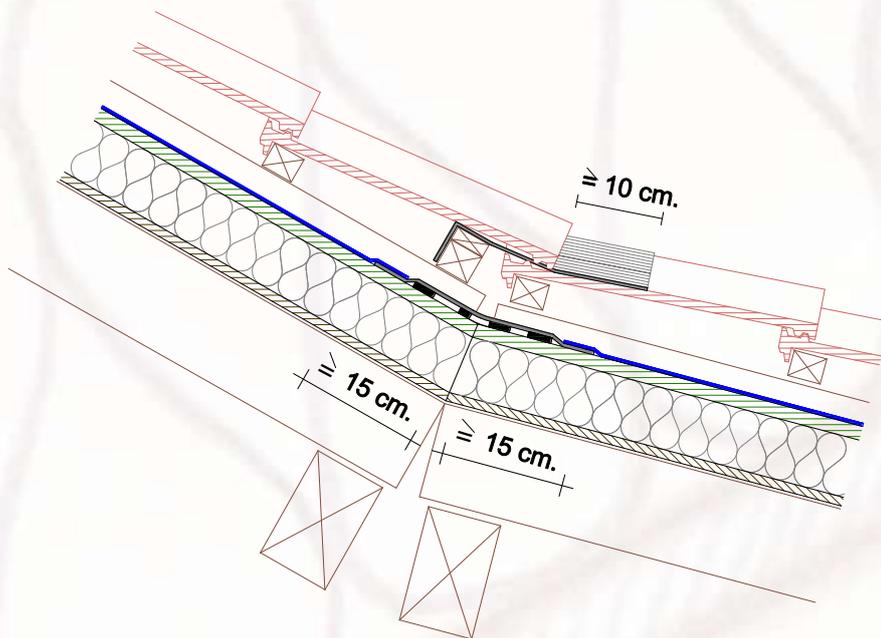


Fig [7.13]. Cambio de pendiente en el faldón

8. Documentos del proyecto

A continuación se relacionan la documentación a incluir en el proyecto, en todo lo que se refiere al panel sándwich de madera. Debe de entenderse como una guía para el autor del proyecto, quien decidirá la documentación que ha de incluirse en él.

No se hace referencia a todo lo relacionado con la estructura resistente de la cubierta, así como a los materiales de cobertura y sistemas de evacuación de aguas, que no son objeto de este manual.

8.1.- MEMORIA

- Justificación de la solución adoptada y cumplimiento del CTE, teniendo en cuenta que el soporte de la cobertura es el panel sándwich de madera.
- Descripción del tipo de cubierta, que en el caso del panel será de cámara ventilada (aconsejado).
- Descripción del panel como soporte de la cobertura.

8.2.- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

- Características del panel:
 - o Tipo.
 - o Designación.
 - o Dimensiones.
- Que posea DITE.
- Control de recepción, que deberá ajustarse a lo especificado en el proyecto, así como lo referente a su embalaje y protección. (Ver Apartado 7.1 de este manual).

- Condiciones de almacenamiento en obra.
 - o Con su embalaje original.
 - o Sobre al menos tres apoyos que le impidan entrar en contacto con el suelo.
 - o En lugares protegidos de la humedad y agentes atmosféricos.
 - o No se apilarán más de dos paletas de paneles.

- Condiciones de ejecución:
 - o Manipulación correcta del producto, de acuerdo con lo descrito en el Apartado 7.2 de este manual.
 - o Descripción del proceso de ejecución.
 - o Montaje de los paneles así como las uniones entre ellos y la fijación a la estructura.
 - o Condiciones y fijación del enrastrelado.

- Criterios de valoración y medición.
 - o Para el panel colocado, en metros cuadrados. Deberá especificarse si es en superficie real o proyectada.
 - o Todas las unidades relacionadas con el panel, deberán medirse independientemente de él (limatesas, limahoyas, encuentros, etc.)

- Condiciones de uso y mantenimiento: (Ver capítulo 11 en lo que se refiere al panel sándwich de madera)
 - o Uso establecido: restricciones.
 - o Conservación: inspección y limpieza.
 - o Entretenimiento.
 - o Reparaciones.

- Condiciones de seguridad y salud. Las generales de cubierta pero además deberán incluirse:
 - o Cuando su resistencia lo permita, no se pisará por encima del panel hasta que esté completamente fijado.
 - o Usar calzado antideslizante.

8.3.- PLANOS

Además de las plantas correspondientes para la completa definición de la cubierta, deberán de incluirse, cuando proceda, los siguientes detalles en lo que atañe al panel:

- Sección constructiva de la cubierta, indicando:
 - o Componentes, con sus características y disposición.
 - o Entrada y salida del aire de la cámara ventilada.
- Encuentro con el canalón.
- Resolución del alero.
- Encuentro con paramentos verticales.
- Encuentros de faldones.
- Encuentros con lucernarios u otros elementos singulares de la cubierta.

9. Control de la ejecución

En las cubiertas inclinadas realizadas con panel sándwich de madera, las actividades de control de la ejecución relacionadas con él, son:

1. Comprobar, a la recepción del material, que el panel recibido es conforme a lo especificado en el proyecto.
2. Almacenaje y manipulación correcta del material en obra.
3. Que los interejos de los apoyos del panel, son conforme a proyecto.
4. Pendiente de los faldones y planitud de los apoyos.
5. Las fijaciones son las especificadas, y están situadas correctamente.
6. El sellado y relleno de juntas, cuando proceda.
7. Impermeabilización de encuentros.
8. Ejecución, conforme a proyecto, de los elementos singulares.
9. Protección de los paneles frente a los agentes atmosféricos (sol, humedad,...) cuando todavía no se ha colocado la cobertura.
10. Que no se le somete a cargas no previstas.
11. Extensión y anclaje de la barrera antihumedad.
12. Situación, anclaje y estanqueidad de los elementos de conducción y evacuación de aguas.
13. Proceso de colocación e interejos del enrastrelado.

10. Mantenimiento, uso y reparación

10.1.- MANTENIMIENTO

La durabilidad del panel depende del correcto mantenimiento del material de cobertura, así como de los sistemas de estanqueidad e impermeabilización dispuestos en puntos singulares (canalones, uniones con conductos, lima hoyas, etc.), por lo que la cubierta deberá de revisarse regularmente para detectar posibles filtraciones de agua.

El CTE DB HS1, en su tabla 6.1, fija las operaciones de mantenimiento y su periodicidad, así como las correcciones pertinentes en caso de encontrarse fallos. Para las cubiertas, establece que:

Tabla 10.1 Operaciones de mantenimiento
(Tabla 6.1 del DB HS1)

ACTIVIDAD	PERIODICIDAD
Limpieza de los elementos de desagüe (canalones, sumideros y rebosaderos), y comprobación de su correcto funcionamiento.	1 vez por año, y después de tormentas importantes.
Comprobación del estado de conservación del material de cobertura.	Cada 3 años.
Comprobación del estado de conservación de los puntos singulares.	Cada 3 años.

Además de lo anterior se tiene que comprobar que no se producen condensaciones bajo el material de cobertura. Para ello, y al mismo tiempo que se revisan los elementos de desagüe, se revisarán las vías de ventilación comprobando que estén limpias y no obstruidas.

10.2.- USO

- Los paneles de madera no deben exponerse de manera continuada a temperaturas superiores a 75 °C.
- Pueden colgarse del panel elementos ligeros tales como: elementos de iluminación, decoración, etc., aunque siempre es preferible fijarlos de la estructura.

De los paneles de virutas de madera y magnesita, no deben suspenderse ningún tipo de elemento, dada su baja cohesión.

10.3.- REPARACIÓN

Si el agua alcanza al panel debido a lluvias, filtraciones, condensaciones, etc., durante un tiempo determinado, hay que revisar el panel en la zona afectada, y ver si el tablero superior del mismo ha sido dañado o bien se han producido deformaciones inaceptables. De ser así, deberá sustituirse todo el panel, y no solo la zona de él que ha sido afectada.

También han de controlarse en estos casos, que las fijaciones del panel no han sufrido oxidaciones que aconsejen su sustitución.

11. Normalización y certificación

Para la obtención del DITE, los paneles sándwich, entre otros requerimientos son sometidos a todos los ensayos y requerimientos exigidos por la EOTA (European Organization for Technical Approvals), en el ETAG 16 (European Technical Approval – Guideline: Self – supporting composite lightweight panels (November 2003)

- Part one: General
- Part two: Specific aspects relating to Self – supporting composite lightweight panels for use un roofs
- TR019: Calculated models for prefabricated wood-based loadbearing stressed skin panels (February 2005)

Los ensayos requeridos son:

ER 1.-Resistencias mecánicas y estabilidad.

Al no cumplir funciones estructurales y si de cerramiento, se les evalua bajo el requisito de seguridad de uso.

ER 2.- Seguridad en caso de incendio.

UNE EN 13501 - 1: Clasificación al fuego para productos y elementos de construcción.

UNE EN ISO 11952 – 2 y UNE EN 13823: Ensayo de reacción al fuego.

- En general, no se les exige, salvo en determinados casos de aplicación, una Resistencia al fuego determinada.
- Tampoco se les exige que tengan un determinado comportamiento frente al fuego exterior, dado que nunca son la cara exterior del edificio, sino que van cubiertos con un material de cobertura, que es el que ha de tenerlo.

ER 3.- Higiene, salud y medio ambiente

- Impermeabilidad al agua: No se le exigen requerimientos, dado que no cumple funciones de impermeabilización.
- Permeabilidad al vapor de agua: Se realiza la comprobación analítica de condenaciones, de acuerdo con lo establecido en el Apéndice G del DB – HE., y expuesto en el punto 6.2.2 de este manual.
- Emisión de sustancias peligrosas: Los componentes de los paneles disponen de marcado CE, por lo que de acuerdo con él, las emisiones de formaldehído y pentaclorofenol de los tableros, e isocianato de los adhesivos, son acordes con la legislación española.

R.5.- Protección frente al ruido.

UNE EN ISO 140 - 3: Medida en laboratorio del aislamiento a ruido aéreo de los elementos de construcción.

UNE EN ISO 717 - 1: Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción.
Parte 1: Aislamiento al ruido aéreo.

- Dado que los paneles, salvo en aplicaciones muy específicas, no tienen requerimientos especiales en lo referente a la absorción acústica.

ER 6.- Ahorro de energía.

- Resistencia térmica de la cubierta. Se realiza por los métodos analíticos establecidos en por el CTE DB – HE.y expuestos en el punto 6.2.1 de este manual.
- UNE EN 12114: 2000: Permeabilidad al aire de componentes y elementos de edificios. Método de ensayo

R.7.- Durabilidad y servicio.

- Resistencia a la flexión positiva y negativa.
- Fluencia a flexión.
- Resistencia frente a los agentes higrotérmicos, tanto en condiciones de alta humedad y frente a los choques térmicos.

- Durabilidad biológica. Los paneles sándwich de madera en una cubierta, según el DB SE – M, están expuestos, por lo general a dos clases de riesgo:
 - Clase de riesgo 1: Caras interiores de los paneles. En este caso no necesitan comprobación, pues los tableros de madera que los forman, cumplen las especificaciones dadas.
 - Clase de riesgo 2: Caras exteriores de los paneles, e interiores en piscinas, salas de alta humedad y aleros. Los tableros que forman las caras exteriores, así como las interiores y aleros, cumplen las especificaciones exigidas, salvo en el caso de tableros con cara interior de friso de madera y situados en un alero, que deben de tratarse contra los insectos xilófagos.
 - Par ambientes de alta humedad, y especiales, deberá de consultarse al fabricante.

R.8.- Condiciones de servicio.

- Resistencia al impacto de cuerpo blando.
- Resistencia al impacto de cuerpo duro.
- Deformación del panel.
- Cargas puntuales suspendidas.

Patrocinadores



CESEFOR – Centro de Servicios y Promoción Forestal
y de su Industria de Castilla y León
Pol. Ind. Las Casas, calle C, parcela 4 · 42005 Soria
Tel. 975 21 24 53 - Fax. 975 23 96 77
www.pinosoriaburgos.com · cesefor@cesefor.com



Building Solutions

DOW CHEMICAL IBÉRICA, S.L.
EDIFICIO IRIS · Ribera del Loira 4-6 · 28042 Madrid
Tel.: 900 3 14 15 9 - 91 740 77 00
Fax: 900 15 18 64 - 91 740 77 94
E-Mail: smcanelas@dow.com
Internet: www.styrofoam.es



FINANCIERA MADERERA S.A.
N-550, km. 57 aptdo. 127
15890 Santiago de Compostela (A Coruña)
Tel. 981050000 · Fax. 981050700
e-mail: prescripcion@finsa.es · web: www.finsa.es



HENKEL IBERICA S.A. · Construction Division
c/Córcega 480-492, 08025 Barcelona
telf. 93 290 4409 - fax. 93 290 4265
emilio.abelenda@es.henkel.com · www.henkel.com



IBERFIBRAN Poliestireno Extruido S.A.
Av. 16 de Maio. Zona Industrial de Ovar
3880-102 Ovar (Portugal)
Tel.: 00351 256 579 670 - Fax: 00351 256 579 674
www.iberfibram.es · saciente@iberfibran.pt



MOCO J.A. Molfenter GmbH & Co. KG
 Holzimport, Säge- und Hobelwerk
 Blaubeurer Straße 82 | 89077 Ulm | Deutschland
 Tel.: +49 (0)731/165-0 | Fax: +49 (0)731/165-215
 www.moco.de · info@moco.de

ONDULINE Materiales de Construcción S.A.
 Polígono Industrial "El Campillo" Fase 2 Parcela 12
 Tlf: 94 636 9444; Fax: 94 636 9103
 comercial-onduline@onduline.es · www.onduline.es



SIKA, S.A.U.
 Ctra. Fuencarral, 72 - 28108 Alcobendas (Madrid)
 Teléfono: 91 657 23 75 , Fax 91 662 19 38
 Email: info@es.sika.com · página web: www.sika.es



TAFIBRA
 C/ Ronda de Poniente 6-B. Centro Comercial Euronova
 28760 Tres Cantos (Madrid)
 Tel.: +34 91 807 07 00 - Fax: +34 91 807 07 05
 www.tafibra.com · comercial@tafibra.es



TOPOX-FOAM S.L.
 Polígono Industrial "El Mas Vell" - Carrer de l'Oli, s/n
 43144-Vallmoll (Tarragona) - España
 Tel.: +34 902 50 40 80 - Fax: +34 977 63 79 30
 www.topox.es · info@topox.es





Cubiertas

diseño y puesta en obra



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA
DE PANELES SÁNDWICH DE MADERA
CON NÚCLEO AISLANTE

**Asociación Española de Panel Sándwich
de Madera con Núcleo Aislante**

C/Hileras, 17 1ºC 28013 Madrid SPAIN
Tlf. +34 915 478 943 Fax+34 915 476 269
www.aepam.es