

Ana Sánchez-Ostiz Gutiérrez

CERRAMIENTOS DE EDIFICIOS CUBIERTAS



CERRAMIENTOS DE EDIFICIOS CUBIERTAS

Primera Edición: 2003

Segunda Edición: 2007

© 2006 Ana Sánchez-Ostiz Gutiérrez
© 2006 Cie Inversiones Editoriales Dossat 2000, S. L.
Avda. Pío XII, 57. 28016 Madrid (España)
www.ciedossat.com
comercial@ciedossat.com
ISBN: 84-96437-55-8
ISBN: 978-84-96437-55-5
Depósito Legal: M. 5-2007
Diseño de cubierta: abarro
Editor Asociado: José Manuel Sevilla
Impresión: Closas-Orcoyen, S. L.
Impreso en España - Printed in Spain

Reservados todos los derechos. Se prohíbe la reproducción de cualquier parte de este libro, así como su inclusión en sistemas de almacenamiento de datos y su transmisión por cualquier medio, sea electrónico, mecánico, fotográfico, de grabación o de otro tipo, sin la previa autorización de los titulares del copyright.

Biblioteca
375
5.194
200
22

PRÓLOGO

La aparición de esta segunda edición del libro *Cerramientos de edificios. Cubiertas* de la profesora Sánchez-Ostiz Gutiérrez obedece, sin duda, a varias causas, entre las que destacaría la buena acogida dispensada a la primera edición, la necesidad de aumentar su contenido y mejorar la calidad de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación, aprobado en marzo de 2006, y también, como causa primaria, la gran capacidad activa que la Dra. Ana Sánchez-Ostiz desarrolla como profesora del Departamento de Construcción de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Navarra, compatible con impartir conferencias en Cursos Master y congresos diversos. Su currículo es ya lo suficiente extenso e intenso para que no quepa en este que quisiera fuese un breve prólogo.

El contenido de esta segunda edición se complementa con dos nuevos capítulos:

- Capítulo 5. Elementos de iluminación cenital.
- Capítulo 7. Patología y rehabilitación de cubiertas.

En los restantes capítulos se mantiene la estructura de la anterior edición y se aumenta notablemente su contenido, con gran profusión de detalles constructivos y fotografías ilustrativas.

Comienza la publicación con un capítulo dedicado a las acciones exteriores sobre los cerramientos con especial dedicación a la acción del agua. Sigue un capítulo de conceptos generales de las cubiertas, que recoge los requisitos y exigencias que afectan al cerramiento horizontal superior de los edificios, donde la autora sintetiza la normativa actual en cada uno de los aspectos de aplicación.

En los capítulos tres y cuatro, "Cubiertas planas" y "Cubiertas inclinadas" se describen los cerramientos opacos, y en el capítulo cinco "Iluminación cenital", los translúcidos.

Mención especial merece el capítulo seis, "proyecto y ejecución de cubiertas" que también ha sido revisado y ampliado, y en el que se incluyen hasta veintiséis fichas para el control de calidad del proyecto y de la ejecución de cubiertas, muy útiles para el autocontrol del proyectista y del director de la ejecución de obra.

No falta en la publicación un último capítulo dedicado a la rehabilitación de cubiertas, donde se expone el estudio de los síntomas y causas de lesiones de cubiertas y las posibles reparaciones.

Esta publicación aparece en un momento oportuno, ya que ha entrado en vigor el Código Técnico de la Edificación, cuyo objetivo es la mejora de la calidad, y que ha permitido a la autora la adaptación al cumplimiento de las exigencias y requisitos básicos recogidos en los documentos básicos:

- DB HE 1. Limitación de la demanda energética.
- DB HS 1. Protección frente a la humedad.
- DB HS 3. Ventilación. Calidad del aire interior.
- DB SE AE. Seguridad estructural. Acciones en la edificación.
- DB SI. Exigencias de seguridad contra incendios.
- DB SU. Seguridad de utilización.

Considero que este libro será de gran utilidad a numerosos agentes del proceso constructivo: Arquitectos, Arquitectos Técnicos y Aparejadores, Proyectistas, Ingenieros, Directores de obra y Directores de ejecución de obra, Constructores y Técnicos de Construcción en general. Su utilidad llega también a Profesores de Construcción y alumnos de las diversas Escuelas Técnicas.

Finalmente animar a Ana para que siga publicando sobre el resto de cerramientos que constituyen la envoltura global del edificio.

Antonio García Valcarce

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	15
1. CERRAMIENTOS DEL EDIFICIO	17
1.1. Acciones exteriores que actúan sobre los cerramientos	19
1.1.1. El agua	20
Origen del agua que actúa sobre los edificios	20
Acción directa del agua	22
Acción indirecta del agua	25
1.1.2. La temperatura y la humedad	27
1.1.3. El viento	29
1.1.4. La radiación solar	31
1.1.5. El sismo	32
1.1.6. El ruido	34
1.1.7. El fuego	35
1.2. Exigencias del usuario y de la edificación	37
1.3. Diseño y clasificación de los cerramientos del edificio	37
2. CUBIERTAS. CONCEPTOS GENERALES	41
2.1. Definición	43
2.2. Componentes de las cubiertas	43
2.3. Exigencias actuales de las cubiertas	44
2.3.1. Exigencias de control ambiental	44
Térmicas	44
Higrotérmicas	46
Acústicas	47
Impermeabilidad y evacuación de aguas	47
Control de la radiación solar	48
Iluminación	49
Ventilación	49

2.3.2.	Exigencias de seguridad.....	50
	Seguridad estructural	50
	Seguridad contra incendios.....	51
	Seguridad frente al allanamiento	52
	Seguridad de uso y mantenimiento	55
2.3.3.	Exigencias estéticas	56
2.3.4.	Exigencias de durabilidad	57
2.4.	Clasificación de las cubiertas	58
2.4.1.	Según su comportamiento higrotérmico	58
	Cubierta caliente	58
	Cubierta fría	58
2.4.2.	Según las pendientes	59
2.4.3.	Según el uso	59
2.5.	Criterios de diseño para la solución de cubierta	59
3.	CUBIERTAS PLANAS	65
3.1.	Introducción	67
3.2.	Ventajas de la cubierta invertida	68
3.3.	Componentes de la cubierta invertida.....	69
3.3.1.	Estructura resistente	69
3.3.2.	Capa de formación de pendientes.....	69
	Materiales de formación de pendiente	70
3.3.3.	Impermeabilización	72
	Láminas prefabricadas	73
	Impermeabilizantes "in situ"	77
	Sistemas de impermeabilización.....	77
	Soluciones constructivas de membranas bituminosas	78
	Condiciones de ejecución	80
3.3.4.	Aislamiento térmico	80
3.3.5.	Capas separadoras	82
3.3.6.	Capas de protección y acabado	82
3.3.7.	Evacuación de aguas	83
3.4.	Tipos de cubiertas planas	85
3.4.1.	Cubierta no transitable	85
	Grava.....	85
	Losa ligera	87
	Otras soluciones en cubiertas no transitables	88
3.4.2.	Cubierta transitable	88
	Losa filtrante	88
	Placas flotantes	88
	Placas fijas	94
3.4.3.	Cubierta ajardinada.....	97

3.4.4.	Cubierta para tráfico rodado	100
3.4.5.	Cubierta industrial	104
3.4.6.	Cubierta de agua o inundada	107
3.5.	Ejecución de puntos singulares.....	109
3.5.1.	Juntas	110
3.5.2.	Petos o encuentro con paramento vertical	111
3.5.3.	Elementos pasantes	116
3.5.4.	Bordes laterales de faldón.....	116
3.5.5.	Rebosaderos	116
3.5.6.	Puertas de acceso a cubierta y aberturas	118
3.5.7.	Anclaje de elementos	118
3.5.8.	Rincones y esquinas	119
3.5.9.	Encuentro con el sumidero	119
3.5.10.	Instalaciones sobre cubierta	119
3.5.11.	Placas solares	120
3.5.12.	Encuentro con huecos de iluminación cenital.....	128
4.	CUBIERTAS INCLINADAS	129
4.1.	Introducción	131
4.2.	Coberturas.....	131
4.2.1.	Tejas.....	132
4.2.2.	Pizarras	139
4.2.3.	Placas asfálticas.....	141
4.2.4.	Láminas metálicas	143
4.2.5.	Placa de fibrocemento	148
4.2.6.	Placa ondulada bituminosa	150
4.2.7.	Placas sintéticas.....	151
4.2.8.	Placas metálicas	152
4.2.9.	Placa de fibrocemento con aislamiento incorporado	155
4.2.10.	Placa metálica con aislamiento incorporado	156
4.2.11.	Panel sándwich	156
4.3.	Aislamientos térmicos	158
4.4.	Soportes de cobertura.....	163
4.4.1.	Rastreles	164
4.4.2.	Correas y cabrios	165
4.4.3.	Tabiques aligerados	165
4.4.4.	Tableros de madera o derivados	166
4.4.5.	Tablero cerámico	168
4.4.6.	Tablero de hormigón	168
4.4.7.	Placa de fibrocemento o metálica	169
4.4.8.	Soportes compuestos con tableros de madera	169
4.4.9.	Soportes compuestos con placa de fibrocemento o metálica	171

4.4.10. Otros soportes compuestos	171
4.5. Estructura resistente.....	173
4.6. Sistema de evacuación de aguas	175
4.6.1. Canales.....	175
4.6.2. Bajantes	176
4.7. Soluciones constructivas para cada tipo de cobertura	176
4.8. Puntos singulares	178
4.8.1. Juntas	179
4.8.2. Encuentro con paramento vertical	182
4.8.3. Encuentro con elementos pasantes	182
4.8.4. Borde lateral	182
4.8.5. Anclaje de elementos	184
4.8.6. Encuentro con el canalón	184
4.8.7. Limahoyas.....	185
4.8.8. Cumbreras y limatezas	185
4.8.9. Alero	189
4.8.10. Piezas especiales de ventilación	192
4.8.11. Placas solares	192
4.8.12. Huecos de iluminación cenital	192
Anejo 1. Puntos singulares para tejas	198
Anejo 2. Formas y dimensiones de las pizarras	201
Anejo 3. Puntos singulares para pizarras	202
Anejo 4. Puntos singulares para placas asfálticas	204
Anejo 5. Puntos singulares para cubiertas de láminas metálicas	206
Anejo 6. Perfiles de placas metálicas	207
Anejo 7. Puntos singulares para placas metálicas	208
Anejo 8. Puntos singulares para panel sándwich	214
Anejo 9. Cuadro resumen de coberturas.....	215
5. ELEMENTOS DE ILUMINACIÓN CENITAL	219
Introducción	221
5.1. Exigencias de la iluminación cenital	222
5.1.1. La protección térmica.....	222
Control de las pérdidas térmicas.....	222
Control de los aportes térmicos.....	223
5.1.2. La estanquidad al agua	227
5.1.3. Seguridad mecánica	228
5.1.4. Aislamiento acústico	228
5.1.5. Iluminación y control lumínico	229
5.1.6. Protección contra el fuego	231
5.2. Tipología de los elementos de iluminación cenital	231
5.2.1. Clasificación según su forma	231

Lucernario.....	231
Claraboya	232
Lucernario en diente de sierra.....	233
5.2.2. Clasificación según la captación de luz	234
Captación horizontal	234
Captación siguiendo la inclinación de la cubierta	234
Captación vertical	235
5.3. Componentes de los elementos de iluminación cenital	237
5.3.1. Vidrios	237
Protección térmica	239
Seguridad mecánica	241
Aislamiento acústico	242
Transmisión luminosa	242
Comportamiento frente al fuego	243
Elección del tipo de vidrio	243
5.3.2. Plásticos	244
Metacrilato	246
Policarbonato	246
Placas de poliéster reforzado con fibra de vidrio	247
5.3.3. Carpinterías	247
Carpinterías para vidrios	247
Subestructuras para plásticos	250
5.3.4. Uniones y juntas	252
Uniones y juntas para vidrios	252
Uniones y juntas para plásticos	257
5.4. Puntos singulares	258
6. PROYECTO Y EJECUCIÓN DE CUBIERTAS	267
6.1. El proyecto de cubiertas	269
6.1.1. Control del proyecto de cubiertas	271
– Ficha 1. Control del proyecto. Memoria	272
– Ficha 2. Control del proyecto cubiertas inclinadas. Planos.....	273
– Ficha 3. Control del proyecto cubiertas planas. Planos	274
– Ficha 4. Control del proyecto. Pliego de prescripciones técnicas particulares	275
– Ficha 5. Control del proyecto. Presupuesto	276
6.2. La ejecución de cubiertas	277
6.2.1. Actuaciones del director de obra	277
6.2.2. Actuaciones del director de la ejecución de obra	277
6.2.3. Actuaciones del constructor	278
6.2.4. Control de la ejecución de cubiertas	278
– Ficha 6. Control de ejecución Cub. Inclinadas y planas. Actividades previas	281
– Ficha 7. Control cubiertas inclinadas. Soportes de cobertura.....	282

- Ficha 8. Control cubiertas inclinadas. Aislamiento térmico.....	283
- Ficha 9. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de tejas	284
- Ficha 10. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de pizarras	285
- Ficha 11. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de placas asfálticas.....	286
- Ficha 12. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de láminas metálicas.....	287
- Ficha 13. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de placas de fibrocemento.....	288
- Ficha 14. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de placas onduladas bituminosas	289
- Ficha 15. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de placas sintéticas	290
- Ficha 16. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de placas metálicas.....	291
- Ficha 17. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de placas de fibrocemento o metálicas con aislamiento incorporado	292
- Ficha 18. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de panel sándwich metálico.....	293
- Ficha 19. Control cubiertas inclinadas. Evacuación de aguas y resolución de puntos singulares. Pruebas de servicio.....	294
- Ficha 20. Control cubiertas planas. Soporte de cobertura.....	296
- Ficha 21. Control cubiertas planas. Impermeabilización con materiales bituminosos	297
- Ficha 22. Control cubiertas planas. Impermeabilización con materiales sintéticos	301
- Ficha 23. Control cubiertas planas. Pruebas de servicio	302
- Ficha 24. Control cubiertas planas. Aislamiento térmico	303
- Ficha 25. Control cubiertas planas. Capas de protección y acabado	304
- Ficha 26. Control cubiertas planas. Evacuación de aguas y resolución de puntos singulares. Pruebas de servicio	306
6.3. Criterios de uso y mantenimiento de cubiertas.....	309
6.3.1. Condiciones de uso	310
6.3.2. Condiciones de mantenimiento	311
6.4. Condiciones de seguridad y salud	312
6.4.1. Riesgos más comunes	313
6.4.2. Normas básicas de seguridad	313
6.4.3. Medidas preventivas	314
6.4.4. Medidas de protección personal	317
6.4.5. Medidas de protección colectiva.....	317
7. PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS	319
Introducción	321
7.1. Lesiones de cubiertas planas	321
7.1.1. Tipología de cubiertas planas que rehabilitar	321
Cubierta fría	321
Cubierta caliente.....	322
7.1.2. Lesiones del soporte de cobertura	324
7.1.3. Lesiones de la impermeabilización	328
7.1.4. Lesiones debidas a deficiente comportamiento térmico e higrotérmico.....	328
7.1.5. Lesiones de la capa de protección y acabado	330

7.1.6. Lesiones del sistema de evacuación de aguas.....	330
7.1.7. Lesiones de los puntos singulares.....	336
7.2. Lesiones de cubiertas inclinadas.....	336
7.2.1. Tipología de cubiertas inclinadas que rehabilitar	336
Cubierta caliente.....	336
Cubierta fría.....	337
7.2.2. Lesiones de la estructura resistente.....	339
7.2.3. Lesiones del soporte de cobertura	339
7.2.4. Lesiones de la cobertura.....	342
7.2.5. Lesiones debidas a deficiente comportamiento térmico e higrotérmico.....	345
7.2.6. Lesiones del sistema de evacuación de aguas.....	346
7.2.7. Lesiones de los puntos singulares.....	347
7.3. Lesiones de los elementos de iluminación cenital	348
7.4. Inspección de lesiones y diagnóstico.....	349
7.5. Reparación de lesiones de cubiertas	351
7.5.1. Criterios generales.....	351
7.5.2. Reparación de cubiertas planas	356
7.5.3. Reparación de cubiertas inclinadas	358
Criterios de intervención en cubiertas inclinadas	358
Técnicas de rehabilitación en cubiertas inclinadas	358
7.5.4. Reparación de los puntos singulares.....	367
Anejo 10. Actuaciones de rehabilitación en cubiertas inclinadas. Cuadros	369
BIBLIOGRAFÍA	379

INTRODUCCIÓN

Con esta segunda edición de *Cerramientos de edificios. Cubiertas* se ha perseguido profundizar y actualizar el contenido de la primera, para un mejor conocimiento y estudio de estos cerramientos. La aprobación del Código Técnico de la Edificación ha motivado la adaptación a las nuevas exigencias que hay que tener en cuenta en el proyecto y en la ejecución de la cubierta, que desde los albores de la civilización ha sido el cerramiento por antonomasia, ya que ha servido de protección contra las inclemencias climáticas más importantes. Hoy día, todavía tenemos muchos ejemplos de "cubiertos" que permiten desarrollar algunas actividades protegidas de la lluvia, aunque no sea posible cumplir otros requisitos como son la protección térmica o acústica.

Sin embargo, en este libro vamos hablar de la cubierta desde el punto de vista de la envoltura global o cerramiento que permite aislarse de las acciones exteriores y conseguir unas condiciones adecuadas en el interior del edificio para que el hombre pueda llevar a cabo sus actividades con bienestar y seguridad.

A menudo, la cubierta es un sub-sistema al que se le dedica poca atención en el diseño ya que pasa más desapercibida que otros cerramientos como las fachadas, que tienen mayor incidencia en el impacto arquitectónico y tecnológico del edificio. En ocasiones, la solución constructiva es una sección genérica, que deja sin resolver los puntos singulares.

Por ello, en esta publicación se ha pretendido recoger los principales componentes de las cubiertas para que sirvan para una adecuada definición y resolución constructiva de este tipo de cerramiento. Se complementan con fotografías y detalles que ilustran los temas que se van tratando. Estas figuras se numeran respecto al capítulo en el que se insertan.

El libro se estructura en siete capítulos, en el primero se tratan las exigencias que deben cumplir los cerramientos de los edificios y para ello se hace un repaso a las principales acciones exteriores que actuarán sobre los mismos y que condicionarán su adecuada resolución en cada caso.

El segundo capítulo recoge conceptos generales de las cubiertas, desde los componentes hasta las exigencias específicas, los diferentes sistemas de clasificación de este cerramiento y los criterios de diseño.

Siguiendo la clasificación más general, en el capítulo tercero se habla de las cubiertas planas u horizontales y en el cuarto de las inclinadas. Un nuevo capítulo sobre iluminación cenital, el quinto, describe las posibilidades de diseño que nos permiten los cerramientos translúcidos, y los problemas que se deben evitar para crear las condiciones óptimas en el interior de los espacios a los que sirven. Estos capítulos tienen un esquema semejante: se tratan en primer lugar los distintos componentes y soluciones constructivas, y a continuación se presenta la resolución de los puntos singulares.

Consciente de la necesidad de aumentar la calidad de la construcción, desde el proyecto hasta la ejecución de las obras, en el capítulo sexto se muestran directrices para la elaboración del proyecto de cubierta a través de pautas de gestión de la calidad y fichas de autocontrol que pueden servir para la definición de los distintos documentos que componen el proyecto. Además, para la fase de ejecución de obras se presentan unas fichas de control de calidad que pueden emplearse, tanto por la empresa constructora responsable de la ejecución, como por la dirección facultativa. Asimismo se contemplan las condiciones de uso y mantenimiento para garantizar la durabilidad a lo largo de la vida útil del edificio. No se podía olvidar una referencia a la seguridad, dada la alta repercusión que debe tener en las obras actualmente y teniendo en cuenta que la ejecución de la cubierta siempre constituye una situación de riesgo permanente, en la que se deben cumplir todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los operarios que las llevan a cabo.

El capítulo séptimo, Patología y Rehabilitación de Cubiertas, persigue completar el ciclo de vida de estos cerramientos, para no dejar sin estudiar ningún aspecto relativo a las cubiertas y analizar con rigor los problemas que pueden surgir, para evitarlos o para llegar a la reparación adecuada. Se presentan en forma de tablas, los síntomas y las causas de las lesiones, y las posibles técnicas de rehabilitación.

Dada la necesidad de conocer los nuevos requisitos y exigencias establecidos en el Código Técnico de la Edificación, se han extraído de éste las principales prescripciones que se refieren a las cubiertas.

No quiero concluir esta presentación sin antes agradecer desde estas líneas a todos aquellos que han contribuido a la publicación de este libro. A mi familia porque el tiempo dedicado se lo he restado a ellos y por su apoyo incondicional; a Antonio García Valcarce, mi maestro, del que he aprendido tanto. Por último, a Eugenio Barrera, de la editorial CIE Dossat 2000, y a todo su equipo, por su paciencia y por su esfuerzo para que este libro vuelva a ver la luz.

Pamplona, Noviembre de 2006

Ana Sánchez-Ostiz

1

LOS CERRAMIENTOS DEL EDIFICIO

- 1.1 Acciones exteriores que actúan sobre los cerramientos:
 - 1.1.1 El agua:
 - a) Origen del agua que actúa sobre los cerramientos
 - Acción directa del agua
 - Acción indirecta del agua
 - 1.1.2 La temperatura y la humedad
 - 1.1.3 El viento
 - 1.1.4 La radiación solar
 - 1.1.5 El ruido
 - 1.1.6 El hielo
 - 1.1.7 El fuego
- 1.2 Experiencias del usuario y de la edificación
- 1.3 Diversa clasificación de los cerramientos de edificios

A lo largo de la historia, la edificación ha hecho posible que el hombre realice sus distintas actividades protegido frente a las inclemencias exteriores. Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua, edificación es: *"Acción y efecto de edificar, hacer un edificio"*.

Enrico Mandolesi introduce el concepto de habitabilidad al definir el mismo término como: *"Las actividades y las obras del hombre para convertir un territorio en habitable"*.

Por último, Gerard Blachère establece que: *"Edificar es resolver científicamente un problema, el problema de las exigencias del ocupante de la casa y de la colectividad, en base a los datos naturales, a los datos exteriores y a las condiciones normales de ocupación"*.

Podríamos añadir o concretar que edificación es la respuesta de los elementos constructivos a las exigencias del usuario en función de las acciones exteriores. Los cerramientos o envolvente edificatoria son los elementos constructivos que mayor incidencia tienen en esta misión.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) también define el edificio como *"construcción fija, hecha con materiales resistentes, para habitación humana o para albergar otros usos"*. Y establece como cerramiento *"elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios"*.

A continuación se exponen las diferentes acciones exteriores que pueden actuar sobre un edificio, así como las exigencias actuales de los usuarios para considerar que un edificio es seguro y habitable.

1.1. ACCIONES EXTERIORES QUE ACTÚAN SOBRE LOS CERRAMIENTOS

Los elementos constructivos de cerramiento están sometidos a una serie de acciones exteriores que podemos clasificar en naturales y no naturales. Las acciones no naturales corresponden a las condiciones creadas en las aglomeraciones urbanas por la presencia y la acción del hombre. A diferencia de

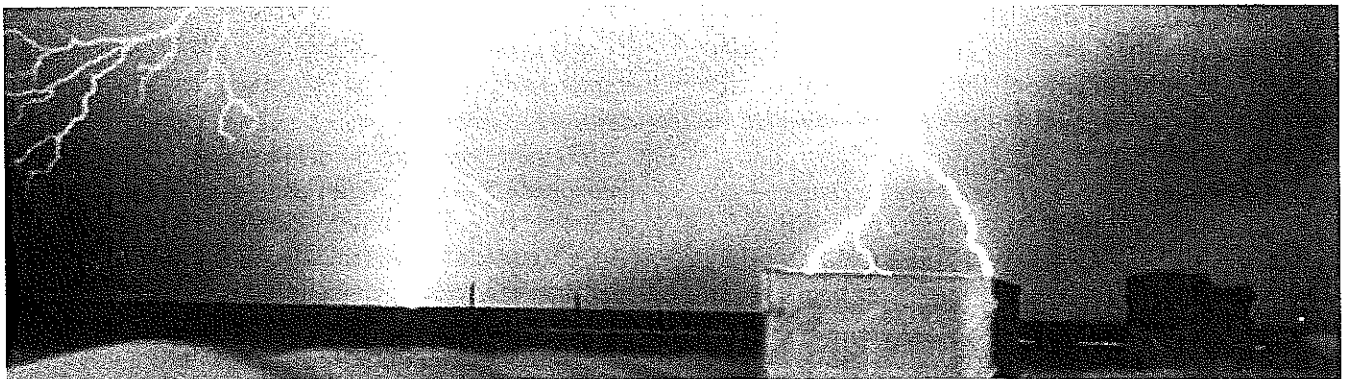


Figura 1.1. Acciones exteriores naturales



Figura 1.2. Acciones exteriores no naturales. Contaminación lumínica

las acciones naturales, son, por una parte, cambiantes, y, por otra, siempre hay posibilidad de actuar sobre ellas.

Estas acciones exteriores se recogen en el cuadro de la figura 1.3.

Vamos a comentar fundamentalmente las acciones naturales, ya que el edificio lo construimos para protegernos de ellas. Las más importantes son: las climáticas (agua, temperatura y humedad, viento, radiación solar), el sismo, el ruido y el fuego. Todas ellas van a producir una serie de efectos sobre los materiales y sistemas constructivos de los cerramientos y, teniendo en cuenta que siempre pueden actuar sobre los mismos, diseñaremos soluciones constructivas idóneas y durables en el tiempo. El efecto de unas acciones u otras depende del área climática, del entorno, etc., por lo que el diseño constructivo varía de unas zonas a otras.

1.1.1. El agua

El agua es necesaria para la construcción y posteriormente durante la vida del edificio. Sin embargo, está presente en casi todos los casos de patología de la construcción, como acción directa o indirecta que

produce la lesión. Según algunos datos estadísticos, se estiman los siguientes porcentajes de casos de lesiones de los edificios:

- Humedades: 38%, debidas a la acción directa del agua.
- Otras lesiones: 62%. La acción indirecta del agua sobre otras lesiones es de un 60%, lo que aproximadamente supone un 37%.

La acción indirecta del agua en otros casos de lesiones se debe a que el agua hace posible procesos físicos, químicos, físico-químicos y biológicos, que sin su presencia no hubieran podido producirse y que son causa de numerosos daños, deterioros en materiales básicos y elementos constructivos del edificio. Es decir, actúa como agente necesario para que se produzca el daño y/o acelerando y agravando los daños causados; por ejemplo: asentos de cimientos, hinchamientos del terreno, colapsabilidad, pudrición de maderas, corrosión de armaduras, variaciones dimensionales de diversos materiales, etc.

En total, entre acción directa e indirecta, podemos decir que el 75% de los casos de lesiones en los edificios es debido a la acción del agua. Especialmente los cerramientos están sometidos a su acción.

Origen del agua que actúa sobre los edificios

Conviene distinguir dos períodos de acción del agua sobre el edificio: durante su construcción y durante su vida útil.

El agua generada durante la construcción del edificio puede tener su origen en:

- Agua de construcción, contenida en los materiales y elementos constructivos.
- Agua atmosférica, en forma de lluvia, nieve o granizo.
- Agua procedente de pérdidas ocurridas en las instalaciones auxiliares de la obra.

ACCIONES NATURALES	Climáticas	Agua	Líquida Vapor Nieve Hielo
		Temperatura y humedad	
		Viento	
		Luz. Radiación solar	
	Sismos		
	Ruido		
	Fuego		
ACCIONES NO NATURALES	Nivel acústico exterior, excediendo el permitido por los parámetros del bienestar	Fuentes de ruido: – Tráfico: aéreo, carreteras, ferroviario – Claxon de los vehículos, escapes ruidosos (silenciador de las motos) – Alboroto nocturno	
	Contaminación atmosférica	Combustiones	Vehículos Calefacción Motores, etc.
		Industrial	Química Nuclear, etc.
	Datos luminosos	Reflejos del sol en fachadas o cubiertas reflectantes	
		Deslumbramiento e intermitencias en anuncios luminosos actuando sobre huecos exteriores sin elementos de oscurecimiento	
		Faros de automóviles	
	Accidentales	Impacto de vehículos	
		Explosiones	

Figura 1.3. Acciones exteriores sobre los cerramientos

- Aguas sucias de diverso origen: humano, limpieza de útiles de trabajo, de redes deterioradas próximas, etc.

Todas estas aguas pueden generar las llamadas humedades de obra.

El agua que se origina y actúa durante la vida útil del edificio puede ser:

- Agua atmosférica: lluvia, nieve, granizo.
- Vapor de agua contenido en el aire interior: doméstico o industrial.
- Agua procedente de roturas y pérdidas de las instalaciones del edificio: abastecimiento, saneamiento, calefacción, refrigeración, etc.
- Agua de limpieza de suelos, baldeos y riegos de plantas.

- Aguas del subsuelo que alcanzan un nivel freático, variable entre ciertos límites en función de: época del año, lluvias, mareas, vapor de agua en el subsuelo, etc.
- Aguas subterráneas superficiales procedentes de roturas o pérdidas de las redes generales de abastecimiento, saneamiento, riego y que se infiltran en el terreno, constituyendo las llamadas "aguas colgadas".

Acción directa del agua

En el diseño de los cerramientos del edificio nos interesa, sobre todo, protegernos del agua del subsuelo y del agua atmosférica: lluvia, nieve, vapor de agua. De lo contrario:

- El agua en estado líquido puede producir humedades ascendentes por capilaridad (cuando quede retenida en el subsuelo), humedades de infiltración y humedades de absorción.
- La nieve, además de producir sobre la cubierta un aumento de la sobrecarga cuando queda retenida, puede producir humedades de infiltración.
- El hielo produce la disgregación de algunos materiales. Si absorben agua y bajan las temperaturas por debajo de los 0 °C, el agua aumenta de volumen y rompe el material, por ejemplo, puede ocurrir con ladrillos, piedras, hormigones porosos...
- El vapor de agua puede producir humedades de condensación.

La acción directa del agua da lugar a humedades en los edificios cuando los cerramientos sobre los que inciden tienen defectos constructivos o de diseño. Así, los diferentes tipos de humedades (figura 1.4) a los que dan lugar son los siguientes:

- Humedad de obra: humedad de materiales y elementos constructivos cuya cantidad de

agua es superior a la humedad de equilibrio. Origen del agua: agua generada durante la construcción del edificio. Defecto constructivo: contenido de humedad superior a la humedad de equilibrio.

- Humedad ascendente: el agua proveniente del subsuelo, asciende a lo largo de los tubos capilares del elemento constructivo enterrado. Origen del agua: agua del terreno. Defecto del cerramiento: capilaridad (figura 1.5).
- Humedad de condensación: el vapor de agua del aire ambiente se condensa en las superficies del local que han alcanzado la temperatura de rocío del aire del interior del local. Esta temperatura es la que corresponde a un ambiente que ha alcanzado la saturación, el 100% de humedad. Origen del agua: vapor de agua contenido en el aire interior. Defecto del cerramiento: falta o deficiencias de aislamiento térmico de los cerramientos y/o falta de ventilación de los locales (figura 1.6).
- Humedad de absorción: el agua líquida atmosférica se desplaza a través de la estructura capilar de los componentes del elemento constructivo, penetra a través de sus poros abiertos. Origen del agua: lluvia, nieve. Defecto del cerramiento: capilaridad, porosidad, empleo de piezas o morteros excesivamente porosos.
- Humedad infiltrada: el agua penetra a través de fisuras, grietas y juntas de los cerramientos. Origen: agua líquida. Defecto del cerramiento: fisuración producida por causas de origen mecánico; o a través de juntas mal resueltas; por ejemplo, sellados inexistentes de carpinterías de ventanas y alféizares, juntas de dilatación, etc.

Los cuatro últimos tipos de humedades están muy relacionados y pueden producirse simultáneamente, y potenciarse entre sí.

TIPOLOGÍA HUMEDADES	ORIGEN DEL AGUA	DEFECTO CONSTRUCTIVO	REPARACIÓN	PREVENCIÓN
Humedad de obra	– Agua de construcción	– Contenido de agua superior a la humedad de equilibrio	– Secado natural o artificial	– Colocar los materiales con humedad de equilibrio – Dejar secar los materiales hasta que alcancen la humedad de equilibrio
Humedades ascendentes	– Agua del terreno	– Capilaridad	– Barreras anticapilares – Inyecciones – Electroósmosis – Electroforesis – Sifones atmosféricos – Sifones electroosmóticos – Ventilación	– Lámina impermeable (barrera anticapilar) en la base de la fachada, en el encuentro con la cimentación – Soleras apoyadas sobre capa de grava
Humedad de absorción	– Agua atmosférica: lluvia, nieve	– Capilaridad. Poros abiertos	– Tratamiento impregnación – Tratamiento estanquidad – Sistemas aislamiento por el exterior	– Utilizar materiales poco porosos – Resolución de las juntas de la fábrica caravista – Cámara de aire ventilada
Humedades de infiltración	– Agua atmosférica líquida	– Fisuras y juntas mal resueltas	– Sellados de fisuras – Resolución de juntas – Tratamiento impregnación – Tratamiento estanquidad – Sistema aislamiento por el exterior	– Resolución adecuada de las juntas – Evitar fisuras – Cámara de aire ventilada y con recogida de agua en la base
Humedad de condensación	– Vapor de agua del aire interior	– Falta o deficiencias de aislamiento térmico del cerramiento – Falta de ventilación de los locales	– Controlar producción vapor de agua – Ventilar – Calefactar o deshumidificar – Sistemas de aislamiento térmico	– Adecuada elección y colocación del material aislante: – Tipo – Espesor – Disposición – Resolución de puentes térmicos

Figura 1.4. Tipología de humedades

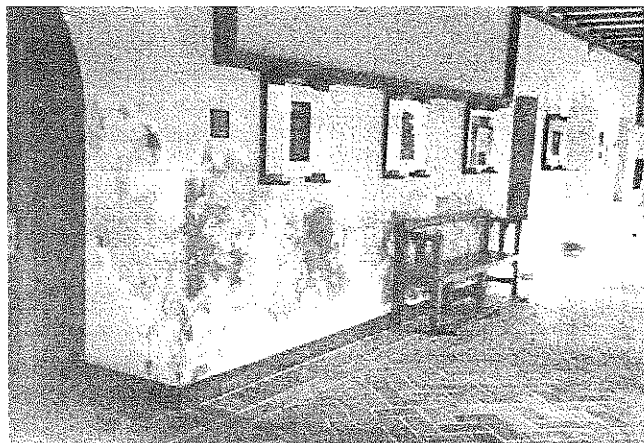


Figura 1.5. Humedad ascendente

Una de las consecuencias de la humedad en los cerramientos es la disminución importante del aislamiento térmico. Un muro húmedo es más conductor que uno seco, pierde gran parte de su resistencia térmica, se enfría más rápidamente ocasionando una caída de la temperatura superficial de la cara interior del muro, lo que provoca la aparición de humedades de condensación. Además, si el agua actúa sobre el aislamiento térmico de la fachada o de la cubierta, cuando éste no es impermeable, también disminuirá su resistencia térmica, produciéndose grandes fugas de calor a través del cerramiento.

Estas lesiones del comportamiento higrotérmico se solventan en parte con un mayor consumo energético en calefacción, con el consiguiente aumento de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, lo que va en detrimento de los aspectos ambientales que se propugnan actualmente a través de la Directiva europea de eficiencia energética y el Código Técnico de la Edificación, así como por el protocolo de Kyoto.

Además de estas humedades pueden producirse también humedades accidentales debidas a inundaciones (figura 1.7), roturas o averías de las redes de instalaciones del edificio.

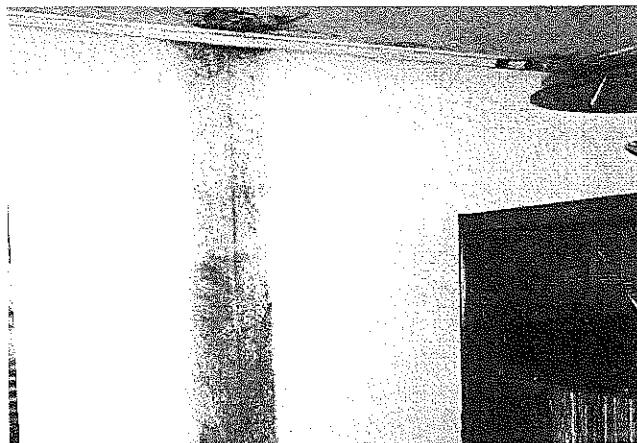


Figura 1.6. Humedades de condensación



Figura 1.7. Efecto de una inundación sobre la edificación

Acción indirecta del agua

La acción indirecta del agua puede ocasionar:

- *Asientos diferenciales de cimientos*, generados por arrastre de finos del terreno de cimentación (figura 1.8). Los síntomas de la lesión pueden manifestarse en primer lugar en los tabiques y en los cerramientos.
- *Variaciones dimensionales del terreno*. Por ejemplo, los terrenos expansivos que por la acción del agua se hinchan y cuando se desecan, disminuyen de volumen. Estas variaciones producen movimientos sobre el cimiento y otros elementos constructivos, provocando asientos diferenciales.
- *Disolución de materiales y posterior arrastre*. Se puede producir en terrenos yesíferos, kársticos (calizas). También se da en materiales insolubles que atacados por un agente químico se convierten en solubles y, por lo tanto, bajo la acción del agua se disuelven. Es el caso del hidróxido cálcico (Ca(OH)_2) que combinado con el CO_2 produce carbonato cálcico (CaCO_3), que a su vez con el CO_2 disuelto en agua se convierte en bicarbonato cálcico que es soluble. En aplacados de fachadas se puede disolver el mortero de agarre y producir el desprendimiento de las placas.
- *Variaciones dimensionales debidas a la absorción de agua por los materiales que aumentan de volumen, y al perder humedad, disminuyen de volumen*. Cuando estos movimientos están coercionados, se fisuran los materiales o elementos constructivos. Por ejemplo, esto ocurre con la madera, los materiales cerámicos, etc. Hay que distinguir estas variaciones dimensionales de las retracciones o hinchamientos que son debidos a un fenómeno físico-químico, como sucede en la retracción del fraguado del hormigón, o en la tumidez del yeso al fraguar

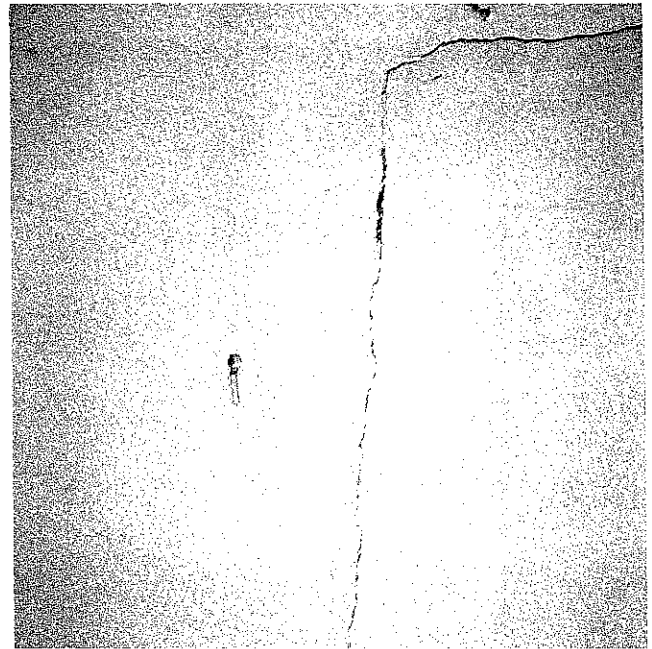
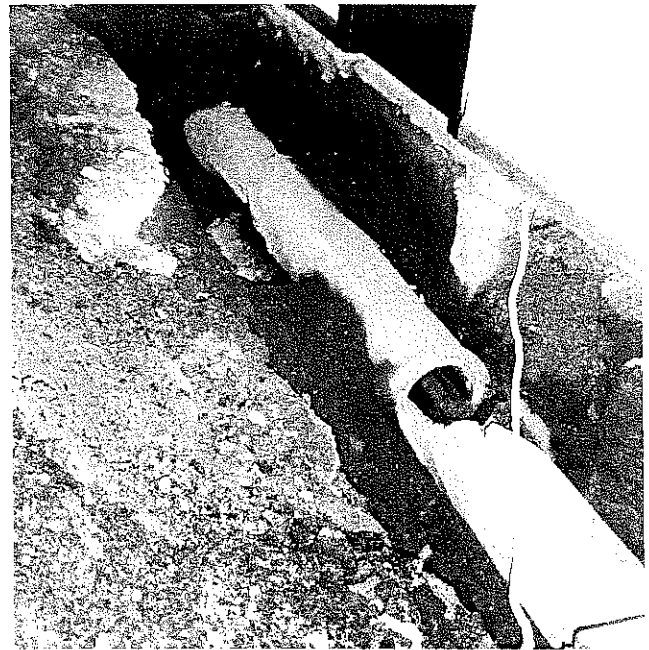


Figura 1.8. Asiento diferencial de cimentación producido por rotura de tubería

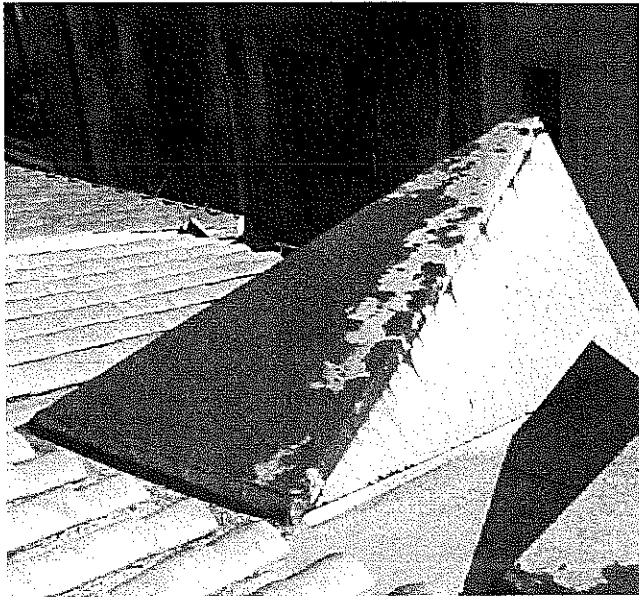


Figura 1.9. Corrosión química en elementos metálicos de cubierta



Figura 1.10. Corrosión electroquímica de una placa de aluminio en cubierta

seguida de una retracción por desecación, o en el caso de la dilatación potencial de algunos materiales cerámicos.

- **Corrosión química:** fenómeno de oxidación que se produce cuando el hierro u otros metales están en presencia de oxígeno, disuelto en agua o en el aire. No hay que olvidar que los metales están en la naturaleza en forma de óxido y para poderlos utilizar en la construcción los transformamos. Una vez puestos en contacto con el ambiente exterior sin ninguna protección, empieza un proceso de oxidación natural para volver a su estado original. El agua, el polvo y la suciedad favorecen este fenómeno, y, por ello, un adecuado diseño de los elementos constructivos metálicos en fachadas y cubiertas tiene que evitar que se deposite el agua y la suciedad (figura 1.9).
- **Corrosión electroquímica.** Se debe a la formación de un par galvánico entre dos metales con distinto potencial en presencia de un electrolito que los pone en contacto y que puede ser el agua. El metal más electronegativo hace de ánodo de sacrificio y va desapareciendo y el más electropositivo es el cátodo. La escala de electronegatividad de los metales más utilizados en construcción es: aluminio, zinc, hierro, plomo, cobre. El aluminio es el más electronegativo y el cobre el más electropositivo. Cada uno de estos metales hace de ánodo de sacrificio con los que quedan a su derecha. Cuanto mayor es la diferencia de potencial, mayor es el riesgo de corrosión. Un ejemplo de aplicación en la construcción es el caso de cubiertas de paneles de aluminio y tornillos de acero (no inoxidable), el orificio entre la chapa de aluminio y el tornillo se va haciendo cada vez más grande debido a la corrosión electroquímica (figura 1.10). Para solucionarlo hay que emplear tornillos de acero inoxidable o un taco de neopreno o material aislante eléctrico entre ambos.

También la corrosión electroquímica se puede producir en un mismo metal que tenga dos zonas con diferente potencial debido a aireación diferencial o concentración variable (polvo, suciedad...) del electrolito.

- *Pudrición de la madera.* Acción biológica debida a distintos tipos de hongos xilófagos que se alimentan de algunos de los materiales constituyentes de la madera (lignina o celulosa), lo que produce pérdida de resistencia y destrucción. Para que se desarrolle el hongo tiene que haber presencia de humedad (figura 1.11).
- *Destrucción de la madera por insectos de tipo social* (termitas) que se comen la madera húmeda.
- *Incompatibilidad entre algunos materiales.* Por ejemplo, el acero y el yeso: el yeso ataca al acero en presencia de humedad formándose sulfuro ferroso y sulfuro férrico. El plomo y algunas maderas: en presencia de humedad, el plomo es atacado por los ácidos orgánicos diluidos de la madera. Asimismo, este metal se deteriora por el cemento o la cal en presencia de humedad.

1.1.2. La temperatura y la humedad

La temperatura y la humedad del aire determinan el bienestar higrotérmico. Ante la presencia de aire frío, el cuerpo pierde calor rápidamente, mientras que con aire caliente lo hace más lentamente, siempre que la temperatura del aire sea inferior a la del cuerpo. Por otro lado, un aire ambiente demasiado húmedo produce una evaporación en la piel lenta e incómoda, mientras que si el aire es demasiado seco, la piel y las superficies respiratorias se secan fácil y rápidamente.

El aire a determinada temperatura admite menor porcentaje de humedad que a una temperatura más elevada. Cuando el aire a una temperatura dada y con el 100% de humedad entra en contacto con una superficie fría (por ejemplo, un cerramiento) con tem-

peratura igual o inferior a la del aire (punto de rocío), se produce la condensación en forma de agua. Este fenómeno se genera, o bien bajando la temperatura y manteniendo constante la humedad, o bien aumentando la cantidad de gramos de vapor de agua en el aire y manteniendo constante la temperatura, tal y como se refleja en la figura 1.12.

Así, para lograr una aceptable comodidad térmica dentro de un edificio es necesario buscar el equilibrio de las condiciones de temperatura y humedad. Los cerramientos del edificio deben conseguir ese equilibrio, ya que modifican la temperatura y humedad del aire exterior y colaboran en la creación de otras interiores. Por lo tanto, es importante saber cómo diseñarlos para conseguir el bienestar térmico.

Cuando una pared opaca y homogénea se coloca entre dos ambientes a diferente temperatura, se produce una transferencia de calor de la cara caliente a la cara fría. Dicha transmisión se produce en varias fases:



Figura 1.11. Pudrición de vigas de madera

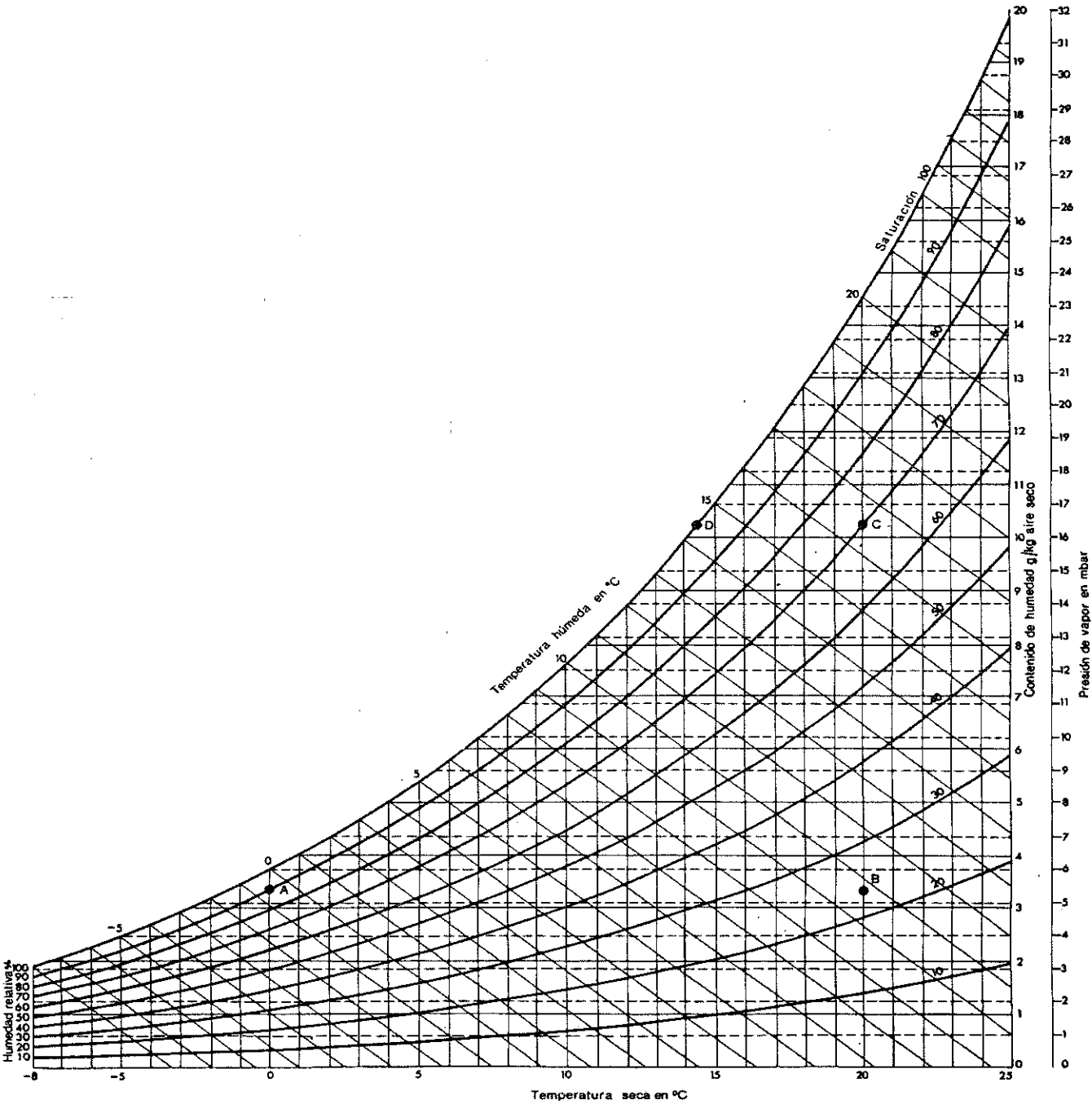


Figura 1.12. Ábaco psicrométrico

- Del aire interior (ambiente más caliente) a la cara interna de la pared por convección (a través del aire, aire caliente en contacto con la pared más fría).
- A través de la pared, por conducción (transmisión de calor por contacto directo entre dos materiales a distinta temperatura).
- De la cara externa de la pared al aire exterior (ambiente más frío) por radiación (emisión de calor de cualquier cuerpo en forma de radiación electromagnética infrarroja).

Las características de los materiales constituyentes (especialmente el aislamiento térmico) y su disposición constructiva dentro del cerramiento, disminuyen esta transmisión de calor y deben garantizar que no se producen humedades de condensación superficiales ni intersticiales.

También hay que tener en cuenta el concepto de "inercia térmica" que se define como la capacidad de un material para almacenar calor. En general es proporcional a su masa. Según el uso que se vaya a dar al edificio o locales, puede interesar que los cerramientos tengan mucha o poca inercia térmica. Si ésta es baja, las temperaturas varían rápidamente en función de que esté o no en funcionamiento la calefacción, y viceversa. Si diseñamos una casa de fin de semana, no es interesante plantear cerramientos con inercia térmica, ya que cuando se deje la casa al cabo de dos días, las paredes habrán acumulado calor que irán cediendo a los locales interiores cuando éstos estén vacíos y no se aproveche esa energía.

Respecto a los valores de temperatura y humedad exteriores e interiores, se pueden adoptar los que establece el CTE-DB-HE1 para la comprobación de la existencia de condensaciones intersticiales:

- La temperatura del ambiente interior se tomará igual a 20 °C.
- La humedad relativa del ambiente interior es función de la clase de higrometría del espacio: será del 70% para clase 5 (gran producción de

vapor de agua: lavanderías, piscinas), del 62% para clase 4 (alta producción: cocinas industriales, restaurantes, pabellones deportivos, duchas colectivas), del 55% para clase 3 (edificios residenciales).

- Para la temperatura y humedad relativa exterior se adoptarán los valores de la figura 1.13.

En el caso de otras localidades, a falta de mejores datos, se supondrá que la temperatura exterior es igual a la de la capital de provincia correspondiente minorada en 1 °C por cada 100 m de diferencia de altura entre la localidad en cuestión. La humedad relativa para dichas localidades se calculará suponiendo que su humedad es igual a la de su capital de provincia.

Excepto los valores de temperatura interior, el resto son más favorables que los que se adoptaban con la anterior normativa NBE-CT-79.

1.1.3. El viento

El viento es el movimiento del aire producido por la diferencia de temperatura entre dos masas de aire, tanto en la atmósfera como en el interior de un edificio.

La acción del viento produce los siguientes efectos sobre un edificio:

- Presiones y succiones. Los edificios altos y estrechos hay que diseñarlos contra el viento. Sin embargo, en cualquier proyecto hay que verificar la estabilidad y resistencia mecánica de acuerdo al CTE-DB-SE-AE, "Acciones en la edificación" (apartado 3.3. Acción del viento y anejo D). La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones del edificio, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección e intensidad y de las ráfagas del viento. También hay que tener en cuenta las condiciones locales como las situaciones en

LOCALIDAD	T.ª MEDIA	HR	LOCALIDAD	T.ª MEDIA	HR
Albacete (D3)	5,0	78	Lugo (D1)	5,8	85
Alicante (B4)	11,6	67	Madrid (D3)	6,2	71
Almería (A4)	12,4	70	Málaga (A3)	12,2	71
Ávila (E1)	3,1	75	Melilla (A3)	13,2	72
Badajoz (C4)	8,7	80	Murcia (B3)	10,6	72
Barcelona (C2)	8,8	73	Orense (C2)	7,4	83
Bilbao (C1)	8,9	73	Oviedo (C1)	7,5	77
Burgos (E1)	2,6	86	Palencia (D1)	4,1	84
Cáceres (C4)	7,8	55	Palma (B3)	11,6	71
Cádiz (A3)	12,8	77	Pamplona (D1)	4,5	80
Castellón (B3)	10,1	68	Pontevedra (C1)	9,9	74
Ceuta (B3)	11,5	87	Salamanca (D2)	3,7	85
Ciudad Real (D3)	5,7	80	San Sebastián (C1)	7,9	76
Córdoba (B4)	9,5	80	Santa Cruz TF (A3)	17,9	66
Cuenca (D2)	4,2	78	Santander (C1)	9,7	71
Gerona (C2)	6,8	77	Segovia (D2)	4,1	75
Granada (C3)	6,5	76	Sevilla (B4)	10,7	79
Guadalajara (D3)	5,5	80	Soria (E1)	2,9	77
Huelva (B4)	12,2	76	Tarragona (B3)	10,0	66
Huesca (D2)	4,7	80	Teruel (D2)	3,8	72
Jaén (C4)	8,7	77	Toledo (C4)	6,1	78
La Coruña (C1)	10,2	77	Valencia (B3)	10,4	63
Las Palmas (A3)	17,5	68	Valladolid (D2)	4,1	82
León (E1)	3,1	81	Vitoria (D1)	4,6	81
Lérida (D3)	5,5	81	Zamora (D2)	4,3	83
Logroño (D2)	5,8	75	Zaragoza (D3)	6,2	76

Nota: (T.ª media) Temperatura media mensual de aire exterior (°C), (HR) Humedad relativa media mensual (%). Todos los datos son del mes de enero.
Entre paréntesis se indica la zona climática según el DB-HE1.

Figura 1.13. Temperatura y humedad relativa exteriores de cálculo (CTE-DB-HE1)

una cima montañosa, en un acantilado, en el fondo de un valle, etc.

- Movimientos y roturas de materiales de cubierta. Para contrarrestarlos hay que diseñar las cumbreras en dirección opuesta a los vientos dominantes y fijar determinados elementos que conforman la cubierta.
- El viento combinado con la lluvia, hace que ésta penetre a través de las fachadas cuando los materiales son porosos. También puede penetrar a través de las juntas del revestimiento exterior (fachadas transventiladas) o a través de fisuras, grietas y juntas más resueltas que puede tener el cerramiento. La disposición de cámaras de aire ventiladas es un recurso para evitar que la humedad puede llegar a la hoja interior.
- También puede producir el desgaste superficial de materiales, por ejemplo, erosión de ladrillos y sillares, abrasión de los elementos metálicos de una fachada en un edificio situado en la playa.

1.1.4. La radiación solar

El sol produce dos tipos de efectos sobre los edificios:

- A través de la *radiación ultravioleta*, con la que quema, genera cambios de color en los materiales, degradación de los materiales plásticos (por ejemplo, espumas de poliuretano) y fotodegradación de la madera, en la que se produce la descomposición de la lignina. En la figura 1.15 se muestra un ejemplo de un edificio con una gran cubierta donde ésta protege a la parte superior de la fachada de madera, mientras que el resto está degradada.
- A través de la *radiación infrarroja*, con la que calienta, produce dilataciones y contracciones en estructuras y elementos constructivos, en función de que aumente la temperatura o disminuya, generando fisuras o grietas

cuando estos movimientos están coercionados. La magnitud de estas acciones derivadas de las variaciones de la temperatura, depende básicamente de las condiciones climáticas regionales y locales, de la orientación y de la exposición de los elementos estructurales y constructivos, así como de las características de los materiales. Por ello habrá que tener en

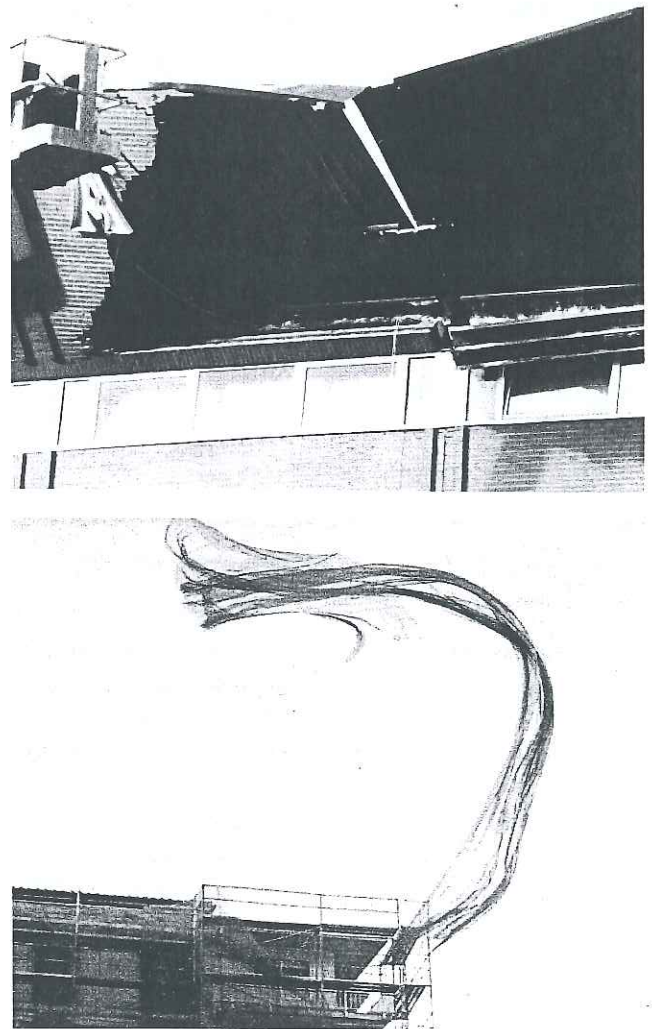


Figura 1.14. Acción del viento

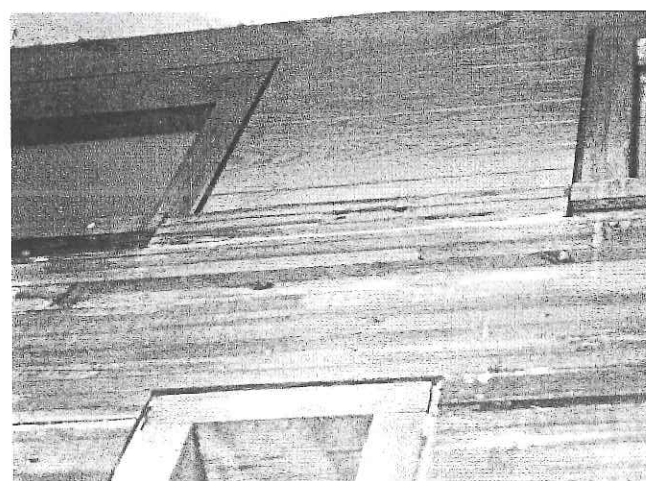
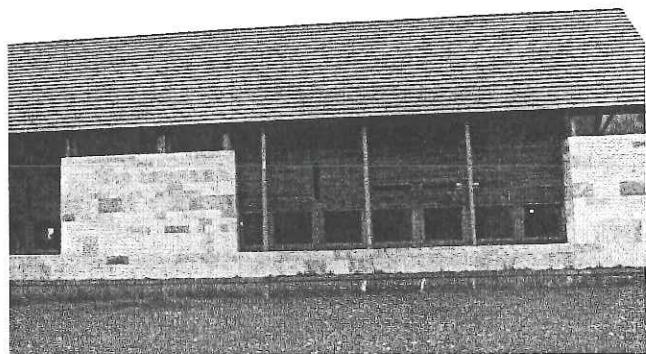


Figura 1.15. Efecto de la radiación ultravioleta sobre un cerramiento

cuenta las deformaciones que pueden producirse, que serán función del coeficiente de dilatación térmica de cada uno de los materiales constituyentes. En el caso de distintos materiales superpuestos o unidos de forma adherida, tanto en fachadas como en cubiertas, se producen roturas y desprendimientos debido a los movimientos que experimentan cada uno de ellos.

Tampoco hay que olvidar el efecto del sol sobre los lucernarios de cubierta, ventanas o miradores, en algunos casos beneficioso y en otros perjudicial. Así,

a la hora de diseñar un edificio se debe tener en cuenta su situación geográfica. Habrá que orientarlo hacia el sur o hacia el norte según las necesidades que tengamos de aportes de calor en invierno o de protección en verano.

Podemos controlar el efecto de la acción solar sobre el edificio, influyendo en distintos frentes: orientación, tipos de vidrios, sistemas de protección solar, relación entre superficie acristalada y la maciza.

1.1.5. El sismo

Es una acción dinámica que produce vibraciones horizontales y verticales. Al ser más importantes las primeras, a efectos de cálculo se consideran acciones horizontales en todas las direcciones.

A través de antiguas crónicas y de registros de la época contemporánea, en la norma de aplicación NCSE-02 se ha trazado el mapa de peligrosidad sísmica de España (figura 1.16), en el que se ve que hay regiones en las que no es despreciable este fenómeno. Este mapa suministra los valores de la aceleración sísmica básica a_b y del coeficiente de contribución K . El primero expresa la aceleración horizontal de la superficie del terreno en relación al valor de la gravedad g , mientras que el segundo es un coeficiente que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

Esta norma, que sigue estando vigente después de la aparición del CTE, no es de aplicación a edificaciones situadas en zonas con a_b inferior a 0,04 g. Para el resto obliga a una serie de disposiciones constructivas que en el caso de los cerramientos, son las siguientes:

- Cuando la fachada sea, además de cerramiento, estructura portante de muro de fábrica:

- "Si la aceleración sísmica de cálculo a_c^1 está comprendida entre 0,08 g y 0,12 g, la altura máxima será de cuatro plantas y cada una de ellas de una altura no superior a 20 veces el espesor del muro. No se presentarán cambios de rigidez por causa de variaciones del espesor superiores a medio canto del forjado en el paso de una planta a otra, ni por disposición de huecos muy diversos entre plantas sucesivas.
- Si $a_c \geq 0,12$ g, la altura máxima será de dos plantas y el muro de fábrica debe tener refuerzos verticales y horizontales a distancias menores de 5 m. Además, la diagonal de un paño entre refuerzos debe ser inferior a 40 veces el espesor del muro. Cuando los refuerzos se realicen en hormigón, la sección transversal tendrá, al menos, 15 cm de altura y la anchura total del muro, reducida esta última, en su caso, en la cantidad mínima que se precise para la continuidad de los paramentos vistos. El armado será, al menos, de 4 $\varnothing$ 10 longitudinal más un $\varnothing$ 6 cada 25 cm como armadura transversal. Además, los huecos se distribuirán en planta del modo más regular posible, superponiéndose los correspondientes a las diferentes plantas. La distancia entre los huecos no será menor de 60 cm, ni la existente entre un hueco y una esquina inferior a 80 cm. En caso contrario, los paños que haya entre ellos no se considerarán resistentes y no se podrán considerar portantes".
- Cuando la fachada tiene exclusivamente misión como cerramiento:
 - "Todos los paños y paneles deben enlazarse correctamente a los elementos estructurales

para evitar el desprendimiento de las piezas durante las sacudidas sísmicas, especialmente si se ha supuesto que la ductilidad de la construcción es alta o muy alta.

- Si $0,16 \text{ g} > a_c \geq 0,08 \text{ g}$, los paños de cerramiento o paredes de partición que superen los 5 m de longitud o los 20 m² de superficie deberán subdividirse enlazándolos a elementos secundarios intermedios. Cuando $a_c \geq 0,16 \text{ g}$ deberá hacerse a partir de los 3 m de longitud o los 10 m² de superficie.
- Cuando los cerramientos se hagan con elementos prefabricados de gran formato, y éstos no hayan sido considerados en el modelo de la estructura, deberá adoptarse para la construcción y cálculo de dichos elementos un coeficiente de comportamiento por ductilidad $\mu = 1$. Las uniones deben permitir sin rotura, los desplazamientos obtenidos en el cálculo. En este caso, por su trascendencia, deberán diseñarse cuidadosamente los anclajes".

¹ La aceleración sísmica de cálculo se define como el producto de tres factores: la aceleración sísmica básica, un coeficiente de riesgo y el coeficiente de amplificación del terreno (apartado 2.2 de la NCSE-02).

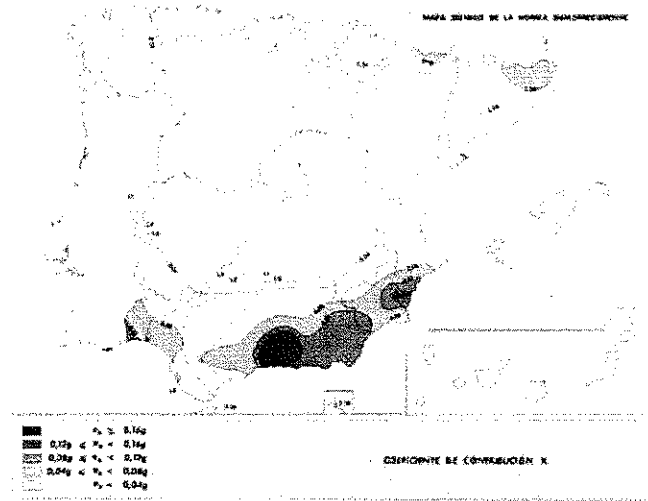


Figura 1.16. Mapa de peligrosidad sísmica (NCSE-02)

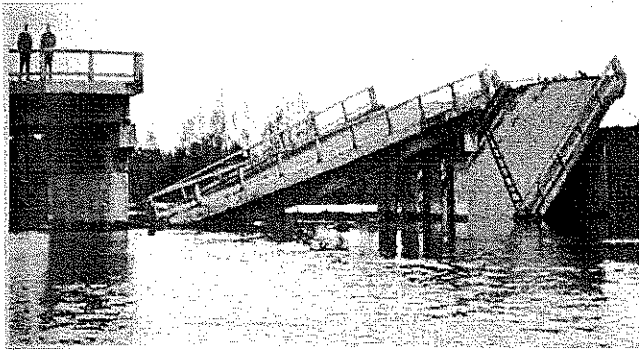


Figura 1.17. Efecto destructivo de un sismo

- Para los antepechos, parapetos y cercas. “Los elementos con el borde superior libre, deben enlazarse correctamente a la estructura para garantizar su estabilidad, calculándose con la acción sísmica correspondiente a la planta donde están ubicados, considerando, salvo justificación especial, $\mu = 1$. Las cercas se tratarán de forma análoga anclándolas a su cimentación. Además, cuando $a_c \geq 0,012 g$ los muros o petos con el borde superior libre y con más de un metro de altura, se rematarán con un encadenado de coronación, disponiendo refuerzos verticales anclados a la estructura o a la cimentación”.
- Para las carpinterías exteriores. “En construcciones de gran altura con grandes superficies acristaladas deberán dimensionarse la altura de galce, los calzos y las juntas del acristalado de las ventanas con capacidad para absorber los movimientos que se produzcan en la carpintería por las oscilaciones de la construcción”. La prescripción de sobredimensionar los galces, los calzos y las juntas intenta impedir la expulsión del vidrio en caso de fuertes oscilaciones.
- Para los revestimientos y aplacados. “En zonas de tránsito, la fijación de los revestimientos y el anclaje de los aplacados u otros elementos de fachada se realizará con materiales de alta

durabilidad y mediante técnicas apropiadas para evitar el desprendimiento de piezas en caso de sismo”. Se considera que una fijación adecuada es la de tipo mecánico mediante piezas metálicas. No se consideran sistemas apropiados las fijaciones de placas confiando exclusivamente el recibo de las mismas a pastas o morteros.

1.1.6. El ruido

El ruido es un sonido no deseado por el receptor, y que puede provocar molestias o dolor. Puede ser de origen natural: por ejemplo, producido por el viento, el mar, los ríos, tormentas, explosión de volcanes, o producido por la lluvia sobre una cubierta de chapa o sobre una ventana; o también de origen no natural: voz humana, música, sonidos de motores, máquinas, tráfico, etc.

En la transmisión del ruido intervienen tres elementos: el foco, el medio de transmisión y el receptor.

La intensidad decrece con la distancia al foco emisor. Normalmente estamos expuestos a niveles comprendidos entre 35 y 85 dBA. La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece como niveles máximos aconsejables: 65 dBA durante el día y 55 dBA durante la noche.

La exposición al ruido puede provocar una serie de efectos de tipo:

- Fisiológico: fatiga auditiva y sordera permanente, trastorno de sueño, estrés.
- Sociales y sobre la conducta: interferencia en la comunicación oral, malestar, perturbación de actividades.

El sonido se traslada a través del aire, pero también puede propagarse a través de los materiales: acero, madera, hormigón, albañilería o de cualquier material rígido de construcción. Por ejemplo, el sonido de una pisada o el correr de un niño es transmitido inmediatamente a través de una losa de

hormigón al aire de la habitación de abajo. La estructura puede transmitir el ruido o vibración de una máquina sujeta a la pared o apoyada sobre el suelo.

Se detecta hoy día que uno de los problemas de los edificios de viviendas es la falta de aislamiento acústico por deficiencia de aislamiento de las particiones interiores o por el incumplimiento del aislamiento global en las fachadas o en las cubiertas ligeras. En las soluciones constructivas hay que tener en cuenta:

- Que el aislamiento acústico es en primer lugar función de la masa del cerramiento. En el caso de cerramientos ligeros siempre pueden emplearse elementos blandos a flexión.
- Hay que solucionar los puentes acústicos, rendijas, etc.
- En locales de música, salas de conferencias y otros espacios hay que emplear materiales absorbentes.
- Hay que aislar las máquinas sobre bancadas independientes sobre materiales elásticos o mediante ganchos especiales (con amortiguadores).

Los edificios deben proyectarse, construirse y mantenerse de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el tiempo de reverberación de determinados recintos.

1.1.7. El fuego

El fuego incontrolado es un suceso mortal y destructor. Si un incendio es peligroso en un bosque, mucho más peligroso es en un edificio donde están en juego vidas humanas. Un edificio proporciona una concentración de combustible muy alta en un incen-

dio a causa de los materiales, la maquinaria y los combustibles existentes.

La incidencia de un incendio sobre un edificio es mayor o menor en función de que la estructura se pueda ver afectada. No se puede decir que un material estructural y/o constructivo tiene buen o mal comportamiento al fuego. Es necesario establecer los conceptos de:

- Reacción al fuego, que es la contribución que un material proporciona al desarrollo de un incendio, con su propia combustión.
- Resistencia al fuego, que es la capacidad de un elemento constructivo para mantener durante un período de tiempo determinado la función portante que le sea exigible, así como la integridad y/o el aislamiento térmico.

Según estos conceptos podemos decir que:

- El acero tiene buena reacción al fuego, ya que no se quema, y una mala resistencia al fuego, ya que al calentarse pierde resistencia, se dilata por el calentamiento, se retuerce porque hay partes que coercionan esa dilatación y acaba cayéndose.
- La madera tiene mala reacción al fuego porque se quema, y buena resistencia al fuego, ya que en un principio por la acción de las altas temperaturas pierde humedad y, por lo tanto, aumenta su resistencia. A medida que se va quemando la superficie exterior de la pieza, esta carbonización protege el interior de la pieza e impide que el interior se queme porque no deja pasar el oxígeno necesario para la combustión; siempre que no dure excesivamente el incendio.
- El hormigón tiene buena reacción y resistencia, aunque esta última va disminuyendo a medida que se ve sometido a altas temperaturas.

El edificio, además de la estructura, contiene mucha carga de incendio: productos empleados en los cerramientos y particiones, revestimientos de



Figura 1.18. Efecto del fuego sobre una estructura de acero

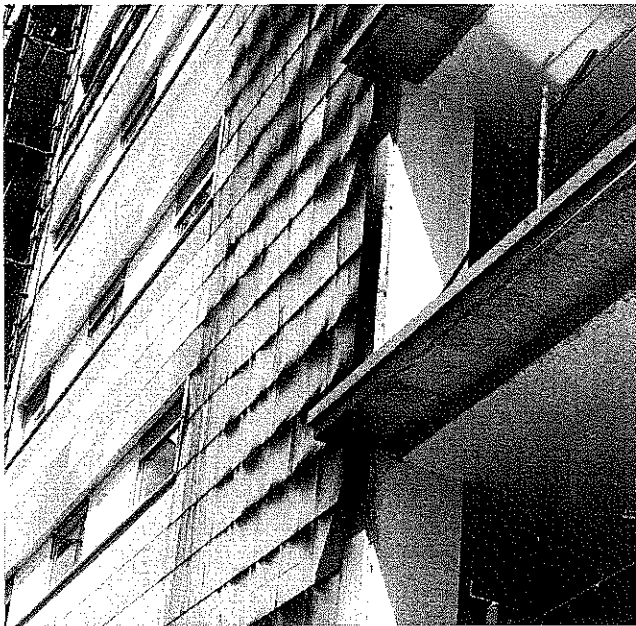


Figura 1.19. Incendio en una fachada durante el proceso de ejecución

paredes y suelos, muebles, papel, alfombras, etc. Además, presenta muchas fuentes potenciales de ignición para incendios accidentales: calderas defectuosas, chimeneas mal aisladas y que arrojan chispas o tienen escapes, conexiones eléctricas flojas, sobrecargas en los cables eléctricos, cerillas y cigarrillos.

Durante el proceso de ejecución también pueden producirse incendios que deben prevenirse y evitarse. Por ejemplo, en la figura 1.19 se muestra el incendio del aislamiento de poliuretano de una fachada transventilada debido al soplete de un fontanero que trabajaba en la planta baja del edificio, junto a este cerramiento.

La seguridad frente al fuego tiene como objeto reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción y uso y mantenimiento". Para ello los edificios se proyectarán de forma que:

- Se limite el riesgo de propagación del incendio por el interior del edificio.
- Se limite la propagación exterior del incendio. Las fachadas y cubiertas tienen una incidencia grande en este aspecto.
- Los ocupantes puedan, en caso de incendio, abandonar el edificio o alcanzar un lugar seguro dentro del mismo en condiciones de seguridad.
- Se dispongan equipos e instalaciones adecuadas para hacer posible la detección, el control y la extinción del incendio, así como la transmisión de la alarma a los ocupantes.
- Se faciliten las actuaciones de rescate y extinción del incendio.
- La estructura portante mantenga su resistencia al fuego en caso de incendio, durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse las anteriores exigencias.

1.2. EXIGENCIAS DEL USUARIO Y DE LA EDIFICACIÓN

Las exigencias humanas pueden clasificarse en:

- *Psico-fisiológicas*, como ser inteligente y como ser vivo que es el hombre. Afectan y causan molestias a las personas en su aspecto psicológico y en su aspecto físico. Por ejemplo, exigencias acústicas, higrotérmicas, de seguridad, calidad del aire, iluminación, accesibilidad, etc.
- *Sociológicas*, como ser social. Todo edificio debe dar una respuesta adecuada y válida a las actividades de la persona como miembro de una sociedad y en concreto, la vivienda a las actividades de la vida familiar. Por ejemplo, necesidad de unas superficies e instalaciones mínimas.
- *Económicas*. El coste del edificio debe ser adecuado a su tipología y a las posibilidades económicas del propietario.
- *Durabilidad*. Relacionadas con la vida útil del edificio y con su costo de mantenimiento.

La edificación debe dar respuesta a las exigencias del hombre para poder llevar a cabo sus actividades con una serie de condiciones de bienestar. Aunque estas exigencias dependen también del uso del edificio, todos deben cumplir unos requisitos mínimos de funcionalidad, seguridad y habitabilidad. A su vez, estos requisitos se desarrollan en una serie de exigencias que deben cumplirse al proyectar, construir, usar, mantener y conservar los edificios.

Actualmente la mayoría de estas exigencias están reguladas por normativas de obligado cumplimiento, en especial por el Código Técnico de la Edificación, tal y como se recoge en el cuadro de la figura 1.20.

Asimismo estas exigencias pueden tener carácter:

- *Absoluto*, cuando son objetivas. Por ejemplo, todas las exigencias de seguridad, radiactividad, calidad del aire, hundimiento del edificio, etc.

- *Relativas*. Son más subjetivas. Suelen recibir el nombre de exigencias de bienestar y confort. Por ejemplo: aislamientos, revestimientos, carpinterías, calefacción, agua caliente, aire acondicionado, domótica, telemática, etc. Definen niveles de calidad que se han clasificado de manera ambigua en:

- Mínimo, que conlleva el cumplimiento de todas las normas obligatorias.
- Medio.
- Superior.

Las exigencias del usuario y, por lo tanto, las de los edificios no son constantes, sino que van cambiando a lo largo del tiempo en función de circunstancias sociológicas, culturales, etc. Es decir, aumentan al aumentar el nivel de vida. Los niveles de exigencia son más bajos, sin duda alguna, en países subdesarrollados, que en países en vías de desarrollo y en éstos, a su vez, que en los países más desarrollados. Por otra parte, estas exigencias también varían en función de los avances tecnológicos. Estos cambios motivan las obras de rehabilitación de edificios, al tener que adaptar éstos a las nuevas exigencias.

En el diseño de los edificios tenemos que contemplar los requisitos y exigencias básicos. En caso contrario, su incumplimiento dará lugar a lesiones y defectos, que podrán motivar reclamaciones por parte del promotor o del usuario. Los cerramientos del edificio tienen que cumplir la mayoría de estas exigencias. En el capítulo 2 se han recogido las que conciernen actualmente a las cubiertas.

1.3. DISEÑO Y CLASIFICACIÓN DE LOS CERRAMIENTOS DEL EDIFICIO

Por último, podríamos afirmar que el proyecto de los cerramientos del edificio tiene que dar respuesta a las acciones exteriores y a las exigencias de los usuarios. A lo largo de la historia, este diseño ha ido evolucionando de tal manera que en la construcción

tradicional existía una unidad entre estructura y cerramiento, y en la construcción moderna se produce la distinción entre ambos subsistemas del edificio.

Hasta bien entrado el siglo XX, la construcción se caracterizaba por muros de una sola hoja que, por su espesor y disposición constructiva, cumplían todas las funciones: resistencia y habitabilidad. Con la aparición de la planta libre en el siglo XX se producen grandes cambios en el sistema constructivo del edificio. Se sustituyen los muros de carga por pórticos de acero o de hormigón armado y, en menor medida, de madera. La estructura y el cerramiento se independizan, se rebaja mucho el espesor de este último y cambia su diseño

constructivo. La adecuada respuesta de la envolvente global a las acciones exteriores y exigencias de los usuarios dependerá de los tipos de materiales empleados y de su disposición dentro del cerramiento.

Podemos clasificar los cerramientos fundamentalmente en fachadas y cubiertas. El Código Técnico de Edificación, en el DB-HE 1 "Limitación de demanda energética", concreta más y los clasifica en las categorías que se recogen en la figura 1.21.

En este primer volumen sobre cerramientos vamos a tratar el tema de las cubiertas y posteriormente nos referiremos a las fachadas en una segunda publicación.

REQUISITOS Y EXIGENCIAS		NORMATIVA
1. FUNCIONALIDAD	UTILIZACIÓN - Superficies y volúmenes - Dotación de servicios, instalaciones	- V.P.O. - Decretos de habitabilidad
	ACCESIBILIDAD - Acceso y circulación sin barreras arquitectónicas	- Ley 13/82, integración de discapacitados - Decretos de Accesibilidad
	ACCESO A SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES	- Reglamento de telecomunicaciones
2. SEGURIDAD	ESTRUCTURAL - Resistencia y estabilidad - Aptitud al servicio	- DB-SE, Seguridad estructural - DB-SE-AE, Acciones en la edificación - DB-SE-A, Estructuras de acero - DB-SE-C, Cimentaciones - DB-SE-F, Estructuras de fábrica - DB-SE-M, Estructuras de madera - EHE, Instrucción de hormigón - NCSE-02, Norma sismorresistente - EFHE, Instrucción de forjados hormigón
	EN CASO DE INCENDIO - Propagación interior - Propagación exterior - Evacuación de ocupantes - Instalaciones de protec. incendios - Intervención de bomberos - Resistencia estructural al incendio	- CTE-SI, Seguridad en caso de incendio DB-SI-1 DB-SI-2 DB-SI-3 DB-SI-4 DB-SI-5 DB-SI-6
	DE UTILIZACIÓN - Frente al riesgo de caídas - Riesgo de impacto o atropamiento - Riesgo de aprisionamiento - Riesgo causado por iluminación inadecuada - Riesgo situaciones con alta ocupación - Riesgo de ahogamiento - Riesgo vehículos en movimiento - Riesgo causado por acción del rayo - Otros	- CTE-SI, Seguridad de utilización DB-SU-1 DB-SU-2 DB-SU-3 DB-SU-4 DB-SU-5 DB-SU-6 DB-SU-7 DB-SU-8 - REBT-02, Reglamento de Baja Tensión - RITE, Reg. de Inst. Térmicas en Edificios - RIGLO, Reg. Instalaciones de Gas - Direct. 95/16/CEE, Seguridad ascensores - Reglam. sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, RD 783/2001 - Reglamento de Explosivos, RD 230/1998
3. HABITABILIDAD	SALUBRIDAD - Protección frente a la humedad - Recogida y evacuación de residuos - Calidad del aire interior - Suministro de agua - Evacuación de aguas	- CTE-DB-HS, Salubridad DB-HS-1 DB-HS-2 DB-HS-3 DB-HS-4 DB-HS-5 - Reglamento de Actividades Clasificadas - Decretos de habitabilidad
	PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO - Contra el ruido aéreo - Contra el ruido de impactos - Acondicionamiento acústico - Contra el ruido de las instalaciones	- CTE-DB-HR, Protección contra el ruido (en el futuro) - NBE-CA-88 (actualmente)
	AHORRO DE ENERGÍA - Limitación de demanda energética - Rendimiento de las inst. térmicas - Eficiencia de las inst. iluminación - Contribución solar mínima de ACS - Contribución fotovoltaica de energía eléctrica	- CTE-HE, Ahorro de energía DB-HE-1 DB-HE-2 DB-HE-3 DB-HE-4 DB-HE-5 - RITE, Reg. de Instalaciones Térmicas en Edificios

Nota: CTE, Código Técnico de la Edificación / DB, Documento Básico del Código Técnico

Figura 1.20. Requisitos y exigencias de los edificios

1. Clasificación de los cerramientos de los espacios habitables según su situación	
Cubierta	Comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal
Suelo	Comprende aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, con el terreno o con un espacio no habitable
Fachadas (*)	Comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación sea superior a 60° respecto a la horizontal
	Norte: $300 \leq \alpha < 60$
	Este: $60 \leq \alpha < 111$
	Sureste: $111 \leq \alpha < 162$
	Sur: $162 \leq \alpha < 198$
	Suroeste: $198 \leq \alpha < 249$
	Oeste: $249 \leq \alpha < 300$
Medianerías	Comprenden aquellos cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad, el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada.
Cerramientos en contacto con el terreno	Comprenden aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno
2. Clasificación de los cerramientos de los espacios habitables según su comportamiento térmico y cálculo de sus parámetros característicos	
Cerramientos en contacto con el aire	
– Parte opaca	Constituida por muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire y los puentes térmicos integrados
– Parte semitransparente	Constituida por huecos (ventanas y puertas) de fachada y lucernarios de cubiertas
Cerramientos en contacto con el terreno	
– Suelos en contacto con el terreno	
– Muros en contacto con el terreno	
– Cubiertas enterradas	
(*) Siendo α el ángulo formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario.	

Figura 1.21. Clasificación de los cerramientos según el CTE-DB-HE 1

2

CUBIERTAS. CONCEPTOS GENERALES

- 2.1. Definición
- 2.2. Componentes de las cubiertas
- 2.3. Exigencias o roles de las cubiertas
 - 2.3.1. Control ambiental
 - Iluminación
 - Higienización
 - Aislamiento
 - Impermeabilidad y evacuación de aguas
 - Control de la radiación solar
 - Humidación
 - Ventilación
 - 2.3.2. Seguridad
 - Seguridad estructural
 - Seguridad contra incendios
 - Seguridad frente al allanamiento
 - Seguridad de uso y mantenimiento
 - 2.3.3. Estética
 - 2.3.4. Durabilidad
- 2.4. Clasificación de las cubiertas
 - 2.4.1. Según su comportamiento higrotérmico
 - Cubierta caliente
 - Cubierta fría
 - 2.4.2. Según las pendientes
 - 2.4.3. Según el uso
- 2.5. Criterios de diseño para la solución de cubiertas

Desde los comienzos de la civilización, el hombre ha tenido la necesidad de resguardarse del sol, de la lluvia, de los agentes atmosféricos recurriendo a los elementos y materiales básicos para idear cubiertas sencillas, como elemento de primera protección. Tierras arcillosas, paja, cañas, tablillas de madera, lajas de piedra servían para dar forma a las cubiertas con técnicas sencillas y, a la vez, laboriosas, basadas en la sabiduría popular.

A lo largo de la historia se han ido perfeccionando estas técnicas para idear formas y soluciones constructivas que resuelvan las exigencias de las cubiertas frente a estas acciones exteriores.

2.1. DEFINICIÓN

Se denomina **cubierta** al conjunto de elementos constructivos que integran el cerramiento superior de una edificación, generalmente comprendidos entre la superficie inferior del último techo habitable y el acabado superior en contacto con el ambiente exterior.

Puede definirse también como elemento constructivo de cualquier forma, que tiene una pendiente sobre la horizontal menor de 60° . Comprende tanto las partes opacas como las transparentes.

2.2. COMPONENTES DE LAS CUBIERTAS

Dentro del sistema constructivo global de un edificio, la cubierta constituye el sub-sistema de cierre horizontal o inclinado, que como se verá en los capítulos posteriores, puede estar formado por uno o varios de los siguientes componentes (figuras 2.2 y 2.3):

- *Estructura resistente.* Tiene la misión de absorber los esfuerzos mecánicos que recibe el conjunto de la cubierta. Aunque en algunos casos no forma parte del subsistema de cubierta sino del de estructura, su comportamiento influye en el de la misma. En otros casos puede constituir simultáneamente la estructura resistente y el soporte de cobertura (ejemplo, forjados inclinados de hormigón).
- *Soporte de cobertura.* Su función consiste en formar los faldones de la cubierta, como elemento intermedio entre la estructura resistente y la cobertura, dando la pendiente a la misma.
- *Cobertura.* Situado en contacto directo con los agentes atmosféricos tiene como misión la protección del resto de los componentes de las acciones climáticas. Puede estar constituida por un elemento continuo (lámina impermeabilizante) o por piezas independientes adecuadamente colocadas para garantizar la estanquidad.
- *Aislamiento térmico.* Es el elemento constructivo que reduce las pérdidas o ganancias de calor en las distintas épocas de año.



Figura 2.1. Cubierta de paja

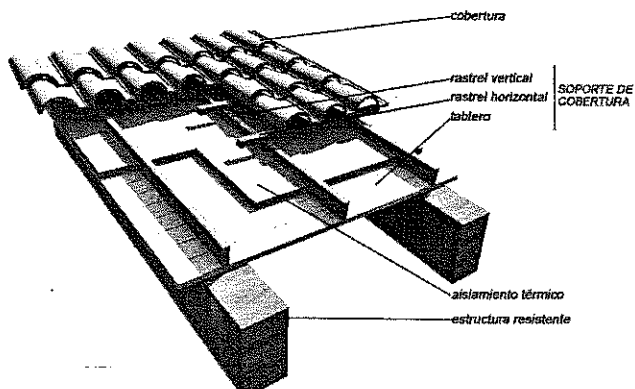


Figura 2.2. Cubierta inclinada. Componentes

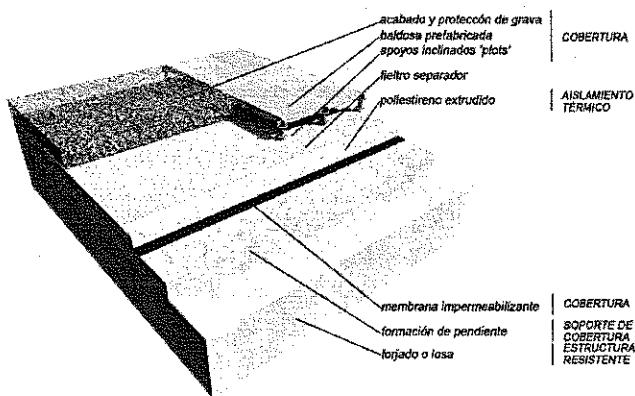


Figura 2.3. Cubierta horizontal o plana. Componentes

- El sistema de *evacuación de aguas* es un componente generalmente necesario para el buen funcionamiento de la cubierta; no ha sufrido transformaciones excesivas a través del tiempo, en cuanto a su concepción y materiales.

2.3. EXIGENCIAS ACTUALES DE LAS CUBIERTAS

La cubierta de un edificio debe dar respuesta a específicas exigencias de habitabilidad y seguridad, en muchos casos reguladas por normas de obligado cumplimiento. Por su posición, que la hace estar más

expuesta a los agentes atmosféricos, así como por su función protectora, es el cerramiento que más riesgo tiene de fracasar. Para su correcto diseño se deben considerar todas estas exigencias y satisfacerlas simultáneamente.

Ha de garantizar la estanquidad al agua, a la nieve y al viento, aislar térmicamente en ambiente frío y cálido, permitir la atenuación acústica de ruidos aéreos y de impacto, ofrecer seguridad ante incendios, estabilidad ante acciones estáticas y dinámicas y garantizar la durabilidad y compatibilidad de los materiales que la forman. Todos estos aspectos se han agrupado en cuatro puntos que son: control ambiental, seguridad, estéticas y de durabilidad. Las exigencias correspondientes a los elementos de iluminación cenital se han recogido en el capítulo 5.

2.3.1. Exigencias de control ambiental

El cerramiento modifica las condiciones exteriores para crear otras interiores de bienestar y confort relativas a la temperatura, humedad, aislamiento acústico, impermeabilidad, control de la radiación solar, iluminación y ventilación. Por lo tanto, la cubierta debe cumplir las siguientes exigencias de control ambiental:

Térmicas

El diseño de este cerramiento implica el control de las pérdidas y ganancias de calor a través de su superficie, amortiguando los efectos de las temperaturas extremas y disminuyendo el consumo de energía de distintas clases, necesario para conseguir una climatización adecuada.

Las características mínimas de comportamiento térmico que deben reunir los cerramientos de los edificios, están reguladas por el Código Técnico en el Documento Básico HE1 "Limitación de demanda energética", cuyos objetivos son el ahorro de energía y la mejora del entorno medioambiental, al reducir la emisión de contaminantes (dióxido de carbono) asociada

a la generación de energía. Para ello se establecen unas estrictas exigencias energéticas:

- Los cerramientos deben construirse de tal forma que limiten adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico, en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen en verano y en invierno.
- La contribución de los cerramientos a la demanda energética del edificio se determinará teniendo en cuenta sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar.
- Las partes de los cerramientos en los que se puedan formar puentes térmicos deben ser tratados adecuadamente, para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

Las características exigibles dependerán del clima de la localidad en la que se va a construir el edificio. Se han establecido 12 zonas climáticas identificadas por una letra asociada al régimen de invierno (A, B, C, D, E), seguida de un número asociado al régimen de verano (1, 2, 3, 4), cuyas condiciones figuran en el Apéndice D del CTE-DB-HE1. Se han excluido las combinaciones imposibles para la climatología española.

De acuerdo con este Documento Básico del Código, se considera que un edificio satisface la exigencia de limitación de demanda energética cuando se verifica simultáneamente que se cumplen las siguientes características:

- Los cerramientos que constituyen la envolvente térmica tendrán unos valores medios de transmitancia¹ para cada uno de los cerramientos (fachada, cubierta, suelos, cerramiento en contacto con el terreno, huecos) y de factor solar

¹ La transmitancia térmica se define como 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.

modificado (huecos, lucernarios), inferiores a los valores límites señalados en las tablas 2.2 del CTE-DB-HE1, dados en función de la zona climática en la que está ubicado el edificio, del tipo de cerramiento, del porcentaje de huecos, y de la carga interna de sus espacios (baja, alta). En la figura 2.4 de este libro se recogen los valores de la transmitancia límite de cubiertas.

- Además, se limita el valor individual de transmitancia de cada cerramiento (tabla 2.1. del CTE-DB-HE1) para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios. En la figura 2.5 de este capítulo se recogen los valores correspondientes a la cubierta.
- Se comprobará que no se producen condensaciones superficiales ni intersticiales en el cerramiento.
- La permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos de fachadas y cubiertas, medida con una sobrepresión de 100Pa, será inferior a:
 - 50 m³/hm² para las zonas climáticas A y B. Por lo tanto, podrán ser clase 1, clase 2, clase 3, clase 4.
 - 27 m³/hm² para las zonas climáticas C, D y E. Tendrán que ser carpinterías de clase 2, 3 y 4, según la permeabilidad al aire.

Um (W/m ² K)					
Cubiertas	ZONA CLIMÁTICA				
	A	B	C	D	E
	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35

Figura 2.4. Valores límite de transmitancia media de cubiertas (CTE-HE-1)

U (W/m ² K)					
Cubiertas	ZONA CLIMÁTICA				
	A	B	C	D	E
	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46

Figura 2.5. Transmitancia máxima de cada cerramiento de cubierta (DB-HE-1)

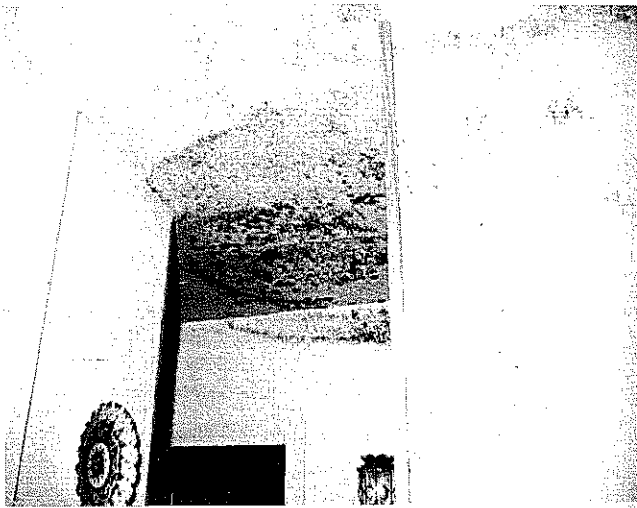


Figura 2.6. Humedades de condensación en cubierta

Higrotérmicas

El diseño del cerramiento de cubierta debe reducir el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características (figura 2.6). El CTE-HE1 es muy explícito en este tema al considerar que:

- Las condensaciones superficiales en los cerramientos que constituyen la envolvente térmica del edificio, se limitarán de forma que se evite la formación de mohos en su superficie interior. Para ello, en aquellas superficies interiores de los cerramientos que puedan absorber agua o sean susceptibles de degradarse y especialmente en los puentes térmicos de los mismos, la humedad relativa media mensual en dicha superficie será inferior al 80%.
- Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos que constituyen la envolvente térmica del edificio serán tales que no produzcan una merma significativa en sus

prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada período anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo período.

Además, a efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos, el CTE-HE1 caracteriza los espacios habitables por el exceso de humedad interior, estableciendo las siguientes categorías:

- Espacios de clase de higrometría 5: espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías y piscinas.
- Espacios de clase de higrometría 4: espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas industriales, restaurantes, pabellones deportivos, duchas colectivas u otros de uso similar.
- Espacios de clase de higrometría 3 o inferior: espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios de edificios residenciales y el resto de los espacios no indicados anteriormente.

Para poder comprobar la limitación de condensaciones, el mismo documento básico del Código, dentro de la opción simplificada, establece un sistema de verificación tanto para las superficiales como para las intersticiales.

Por otra parte, debe eliminarse el agua de construcción y alcanzarse la humedad de equilibrio en todos los elementos constructivos antes de colocar las láminas impermeabilizantes o cualquier material no permeable al agua y/o al vapor. De lo contrario, pueden originarse diversas lesiones, como, por ejemplo, abombamientos de las láminas por la presión del vapor producido por la evaporación del agua de obra, durante el período de secado.

Acústicas

Mientras no se apruebe el Documento Básico de Protección contra el ruido, seguirá estando vigente la NBE-CA-88. En el primer borrador del CTE se establecía que *el aislamiento a ruido aéreo entre un recinto habitable y el exterior del edificio no será menor de 30 dBA, cuando predomine el ruido de tráfico rodado, ni menor que 32 dBA, cuando predomine el ruido de aeronaves o tráfico ferroviario* (DAC-HR 1, Protección contra ruido aéreo). Estos valores son menos exigentes que los que se establecen en la normativa actual NBE-CA-88 Condiciones acústicas en los edificios donde el aislamiento mínimo a ruido aéreo tiene que ser mayor de 45 dBA.

En cubiertas transitables el requisito acústico determinante es el nivel de ruido de impactos, ya que resulta más restrictivo que el aislamiento a ruido aéreo. El CTE-DAC-HR 2 Protección contra ruido de impactos fija que *el nivel (de presión) de ruido de impactos en un recinto habitable subyacente a una cubierta transitable no será mayor de 65 dB*. En este caso, es más exigente que en la actual que lo limita a 80. Sin embargo, al estar relacionados los dos tipos de aislamiento por la fórmula recogida en la NBE-CA-88: $L_n = 135 - R$, cuanto más pequeño tenga que ser L_n (aislamiento a ruido de impacto), mayor tiene que ser R (aislamiento a ruido aéreo), lo cual parece un contrasentido. Para solventar el problema, será necesario emplear soluciones de suelos flotantes o incorporar capas interpuestas de aislamiento específico a ruido de impactos para cumplir con prescripciones de este tipo.

Impermeabilidad y evacuación de aguas

La cubierta ha de ser estanca y permitir la recogida y evacuación rápida de agua y nieve para evitar sobrecargas y reducir el riesgo de filtraciones hacia las superficies interiores del edificio. Por eso es importante

que todo tipo de cubierta tenga algo de inclinación.

En las cubiertas horizontales (o planas) se suele fijar como pendiente mínima el 1%, siendo más adecuada, 1,5-2%. La estanquidad en estas cubiertas exige la presencia de un material continuo impermeable, sin grietas, con juntas (si son necesarias) estancas. De lo contrario, la pequeña velocidad de evacuación del agua, la acción del viento y la posibilidad de formación de charcos originan filtraciones.

En las cubiertas inclinadas la impermeabilidad se garantiza, en primer lugar mediante coberturas de baja absorción de agua, en segundo lugar con la pendiente adecuada para cada material y zona climática, y, por último, mediante los solapes precisos entre cada pieza. Además, en el caso de cubiertas unihoja, por ejemplo, de panel sándwich metálico con aislamiento interior, hay que estudiar las juntas entre paneles, para impedir la entrada de agua o facilitar su desagüe.

Han de cuidarse especialmente los encuentros de la cubierta con los puntos singulares: chimeneas de humos y ventilaciones, instalaciones, paramentos verticales, medios de evacuación de agua, etc., ya que resultan



Figura 2.7. Impermeabilización de cubiertas horizontales

problemáticos en la estanquidad de la cubierta. Dicha estanquidad es exigible incluso en el caso de agrietamiento o fisuración previsible de la obra gruesa.

Algunos tipos de cubierta permiten la acumulación y recogida del agua para aprovecharla en distintos usos: riego, aljibe, refrigeración. Esto ha sido posible gracias al desarrollo de las membranas impermeables y a diseños adecuados de soluciones de cubiertas con cámaras en las que se recoge el agua.

Para las cubiertas debe cumplirse la exigencia del Código Técnico "Protección frente a la humedad" HS 1 que establece: *se limitará el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o, en su caso, permitan su evacuación sin producción de daños.*

Control de la radiación solar

La radiación solar incide directamente sobre la cubierta pudiendo actuar de forma beneficiosa cuando participa en el equilibrio térmico del edificio o cuando, a través de placas solares, se capta energía para las necesidades de instalaciones de agua caliente sanitaria, electricidad o calefacción. Sin embargo, la radiación solar también produce otros efectos:

- La *acción destructiva de la radiación ultravioleta* sobre algunos tipos de materiales utilizados en la impermeabilización (láminas bituminosas sin autoprotección) y en el aislamiento de las cubiertas (por ejemplo, aislamientos vistos de poliuretano proyectado), acelera su envejecimiento. Por lo tanto, afecta a su durabilidad. Esto exige una protección adecuada de estos materiales durante la construcción y vida útil del edificio.

- La *radiación infrarroja* produce el aumento de temperatura de los materiales que la absorben, lo cual puede producir en ellos, dilataciones importantes y diferentes entre los materiales que están en contacto, volatilización de componentes, rigidización progresiva de los productos bituminosos, etc. Especial cuidado habrá que tener cuando las coberturas sean placas o chapas metálicas.

Además, la incidencia de la radiación sobre los materiales de la cubierta hace que éstos la absorban, y transmitan el calor hacia el interior del edificio. En el caso de cubiertas ventiladas, se evita o minimiza esta transmisión, ya que el aire caliente de la cámara, por diferencia térmica, crea una corriente ascendente que sale por los respiraderos situados en la parte alta o en la línea de cumbrera y es sustituido por aire más frío que entra por las aberturas del alero.

La radiación infrarroja tiene gran importancia en ambientes situados debajo de las cubiertas con claraboyas y lucernarios, porque pueden llegar a experimentar importantes aumentos de su temperatura debido al efecto "invernadero" que puede producirse en ellos (figura 2.8). Por eso el CTE-DB-HE 1 limita también el factor solar modificado límite de los lucernarios, que tiene que ser inferior a los valores de las tablas 2.2, en función de cada zona climática y que se han recogido en el capítulo 5 de este libro.

En función del tipo de edificio, situación, climatología y uso, el diseño de la cubierta tiene que permitir, mediante sistemas pasivos, aprovechar y controlar la captación solar (en climas fríos y soleados, por ejemplo) o protegerse de ésta (en climas calurosos). Asimismo se podrán emplear captadores solares (figura 2.9) para producción de energía térmica y/o fotovoltaica. En el caso de esta última, se detecta la importancia que están adquiriendo las cubiertas como grandes superficies para disponer placas captadoras de energía que después se puede vender a

las propias compañías suministradoras de electricidad, siendo un elemento más a tener en cuenta, tanto en el proyecto de la cubierta como en el planteamiento medioambiental.

Iluminación

La iluminación natural a través de la cubierta, se puede obtener por huecos de paso de luz protegidos por diversos sistemas de cerramiento: lucernarios, claraboyas, tragaluces, troneras, cubiertas en diente de sierra. Esta última permite la captación de la radiación lumínica difusa, con el confort y ahorro que supone para muchas actividades, al tiempo que protege de la radiación térmica. También puede conseguirse con piezas translúcidas, por ejemplo, con placas de gran tamaño de material sintético.

La cantidad de luz será función de la orientación de la superficie de la cubierta que contiene los huecos y de la relación de la superficie del suelo que se ilumina con la superficie de vidrio. En el capítulo 5 se recogen algunos parámetros para el cálculo de la superficie necesaria de iluminación.

Hay que tener en cuenta que la apertura de un hueco en cubierta rompe la continuidad del cerramiento y por lo tanto sus características protectoras de estanquidad al agua y al aire y aislamiento térmico y acústico. Por ello será necesario resolver adecuadamente los elementos de iluminación y tratar los encuentros con el resto de la cubierta como puntos singulares.

Ventilación

Los cerramientos sirven para, controlar la entrada de polvo, arena, humo, contaminantes químicos del aire, etc., así como para renovar el aire interior a través de sus huecos e incluso, a través de la cámara de aire que pueden tener. En algunos casos es nece-

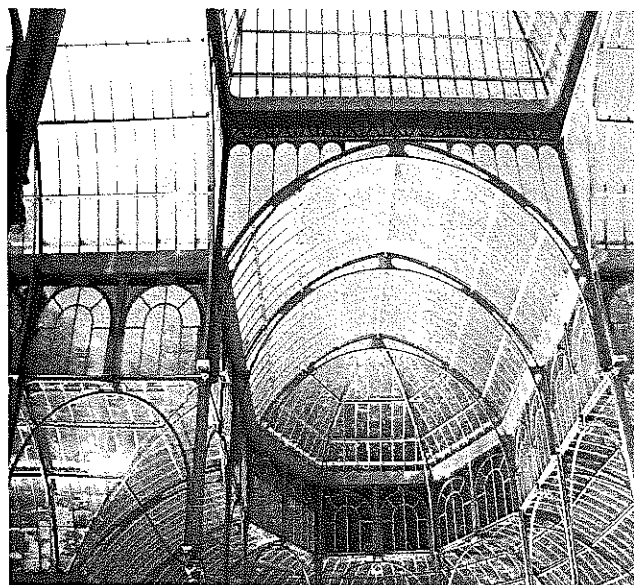


Figura 2.8. Aportes térmicos a través de la cubierta

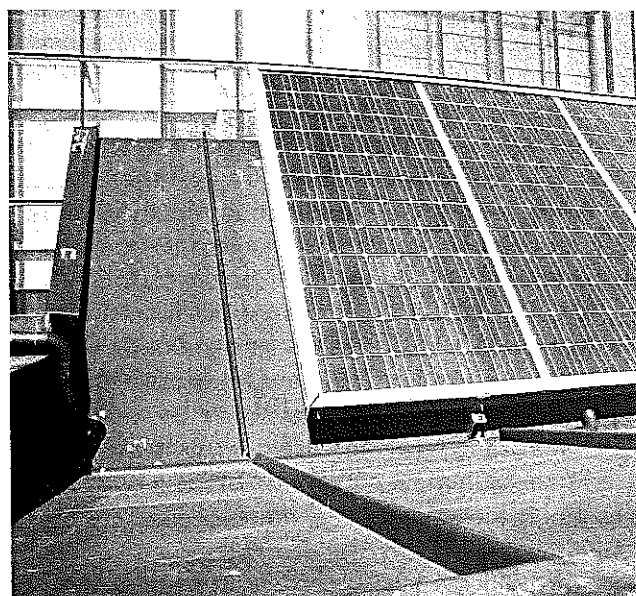


Figura 2.9. Captadores solares en cubierta

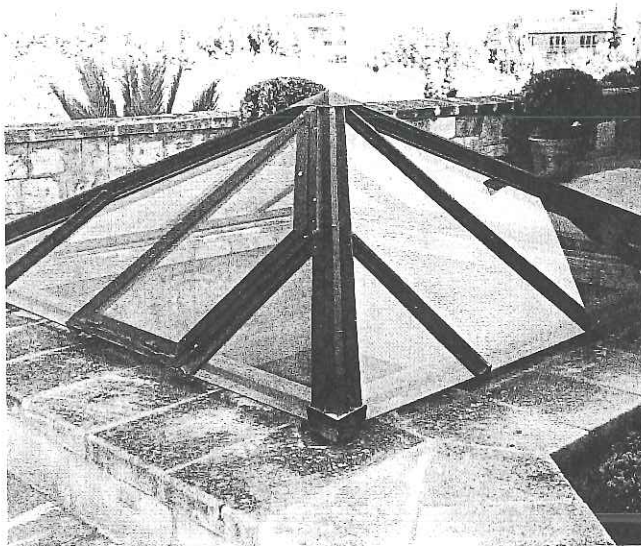


Figura 2.10. Iluminación y ventilación cenital

sario el empleo de ventilación forzada, así como la utilización de filtros.

Cuando los espacios subyacentes a una cubierta sean habitables y se iluminen exclusivamente por lucernarios, será necesario que éstos sean practicables para garantizar la ventilación natural (figura 2.10). En las normativas de habitabilidad de viviendas suele establecerse que la superficie de ventilación debe ser al menos la tercera parte de la de iluminación.

El CTE incorpora normativa específica en materia de ventilación a través del documento básico DB-HS3, "Calidad del aire interior". Para los locales habitables de viviendas se establecen las siguientes condiciones, que habrá que tener en cuenta en espacios bajocubierta en los que no se solucionen las mismas a través de las fachadas:

- Ventilación básica compuesta de: una abertura de admisión (aberturas dotadas de aireadores dispuestos a una altura superior a 1,80 m del

suelo, o aperturas fijas de la carpintería) en comedor, estar, dormitorios, cuando se utilicen carpinterías de clase 2, 3, 4 permeabilidad al aire s/UNE EN 12 207:2000; una abertura de extracción: aseo, cocina, cuarto de baño.

- Ventilación natural, complementaria a la anterior, en comedor, estar, dormitorios, cocina.

En el mismo documento básico HS3 también se especifican las alturas de las chimeneas de ventilación. La boca de expulsión del conducto de extracción debe ubicarse en la cubierta del edificio a una altura sobre ella de 1 m como mínimo y debe superar las siguientes alturas en función de su emplazamiento (figura 2.11):

- La altura de cualquier obstáculo que esté a una distancia comprendida entre 2 y 10 m.
- 1,3 veces la altura de cualquier obstáculo que esté a una distancia menor o igual que 2 m.
- 2 m en cubiertas transitables.

2.3.2. Exigencias de seguridad

Toda cubierta debe dar respuesta válida de seguridad estructural, contra incendios, frente al allanamiento, y durante el uso y mantenimiento.

Seguridad estructural

Los elementos constructivos de la cubierta tienen que diseñarse y construirse para que no sufran movimientos o daños por las acciones que se especifican en el CTE-DB-SE-AE "Acciones en la edificación": acciones permanentes como peso propio de los elementos portantes y no portantes entre los que se incluyen las cubiertas, acciones variables de uso (cubierta transitable o no transitable), acciones variables climáticas (viento, temperatura, nieve), acciones sísmicas (según la norma NCSE-02), etc.

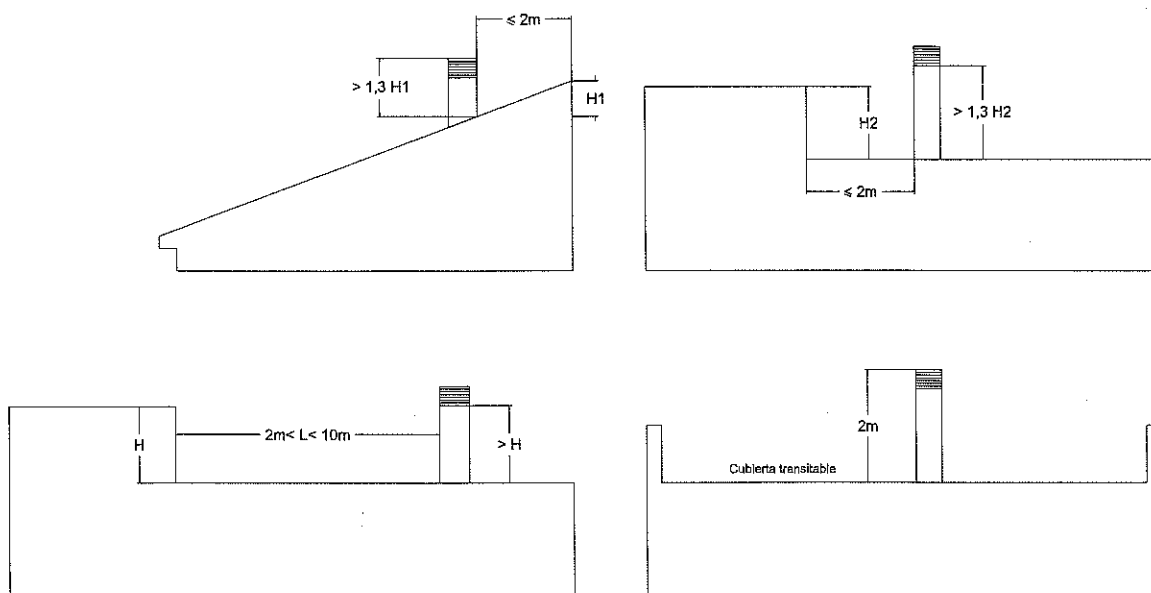


Figura 2.11. Alturas de chimeneas de ventilación en cubiertas (CTE-HS3)

Además, no es suficiente con que el elemento estructural principal no sufra daños o se caiga, sino que también es necesario que:

- La cobertura no se mueva, no haga ruido, no salga volando por la acción del viento o se deslice con la nieve.
- Que no se produzcan los mismos efectos en las placas de fibrocemento, acero, aluminio o sintéticas.
- Que las láminas no adheridas y los aislantes térmicos empleados en las cubiertas planas no vuelen.
- Que los lucernarios se resuelvan con vidrios de seguridad: laminados o armados.

Seguridad contra incendios

La cubierta debe servir de barrera contra la propagación del fuego tanto en el edificio considerado como hacia y desde los edificios vecinos. Los ele-

mentos que la componen deben resistir un fuego de intensidad dada sin que se produzca la propagación del fuego, humos y gases.

Las exigencias de seguridad en caso de incendios correspondientes a las cubiertas, y de acuerdo al CTE-DB-SI son:

1. Para evitar el riesgo de propagación exterior del incendio por la cubierta, ya sea entre dos edificios colindantes, ya sea en un mismo edificio, ésta tendrá una resistencia al fuego REI 60, como mínimo, en una franja de 0,5 m de anchura medida desde el edificio colindante, así como en una franja de 1,00 m de anchura situada sobre el encuentro con la cubierta de todo elemento compartimentador de un sector de incendio o de un local de riesgo especial alto. Como alternativa a la condición anterior puede optarse por prolongar la medianera o el elemento compartimentador 0,60 m por encima del acabado de la cubierta (figura 2.12).

2. En el encuentro entre una cubierta y una fachada que pertenezcan a sectores de incendio o a edificios diferentes, la altura h sobre la cubierta a la que deberá estar cualquier zona de fachada cuya resistencia al fuego no sea al menos EI 60 será la que se indica en la figura 2.12 (4), en función de la distancia "d" de la fachada, en proyección horizontal, a la que esté cualquier zona de la cubierta cuya resistencia al fuego tampoco alcance dicho valor.
3. Los materiales que ocupen más del 10% del revestimiento o acabado exterior de las cubiertas, incluida la cara superior de los voladizos cuyo saliente exceda de 1 m, así como los lucernarios, claraboyas y cualquier otro elemento de iluminación, ventilación o extracción de humo, deben pertenecer a la clase de reacción al fuego $B_{ROOF}(t_1)$; (t_1) indica el ensayo aplicable en España, correspondiente a la acción de una pavesa en llamas. El RD 312/2005, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y resistencia al fuego, recoge en el cuadro 2.2-1, los productos y materiales de recubrimiento de cubiertas que puede considerarse incluidos en las clases $B_{ROOF}(t_1)$ sin necesidad de ensayo (se indican en el cuadro de la figura 2.13).
4. Las estructuras de cubiertas ligeras no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes y cuya altura respecto de la rasante exterior no exceda de 28 m, así como los elementos que únicamente sustenten dichas cubiertas, podrán ser R 30 cuando su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometer la estabilidad de otras plantas inferiores o la compartimentación de los sectores de incendio. A tales efectos, puede entenderse como ligera aquella cubierta cuya carga permanente no exceda de 1 kN/m^2 .

La clasificación de resistencia al fuego establecida en el RD 312/2005 se basa en nuevos parámetros, fundamentalmente: R (capacidad portante), E (integridad), I (aislamiento). Por lo tanto, las siglas indican los parámetros exigidos. Las escalas de tiempo para suelos y cubiertas pueden ser: R(30), RE(20, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 360), REI (15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360).

En cuanto a la reacción al fuego, la clasificación se hace en función del:

- Grado de combustibilidad: A1, A2, B, C, D, E, F (sin clasificar).
- Parámetro indicativo de emisión de humo: s1, s2, s3 (bajo, medio o alta opacidad).
- Parámetro indicativo de desprendimiento de gotas o partículas inflamadas: d0, d1, d2 (nula, media o alta caída).

No es perjudicial dotar a la estructura de más estabilidad al fuego de la necesaria; sin embargo, sí puede serlo dar más resistencia al fuego que la exigida a ciertos elementos constructivos. En cubiertas puede dificultar la disipación térmica, lo que generará la necesidad de aumentar la estabilidad y la resistencia de los elementos interiores al sector incendiado.

Como se ha comentado en el capítulo 1, durante el proceso constructivo es necesario evitar incendios accidentales. Por ejemplo, en la figura 2.14 se muestran los daños producidos en el geotextil y en el poliestireno extrudido de una cubierta plana debido a una chispa durante la ejecución de las soldaduras de la subestructura metálica de la fachada, a nivel del antepecho de cubierta.

Seguridad frente al allanamiento

La facilidad de acceso al edificio a través de cubiertas ligeras, de lucernarios, de salidas de emergencia son parámetros que tienen en cuenta las compañías de seguros al fijar el importe de la póliza de

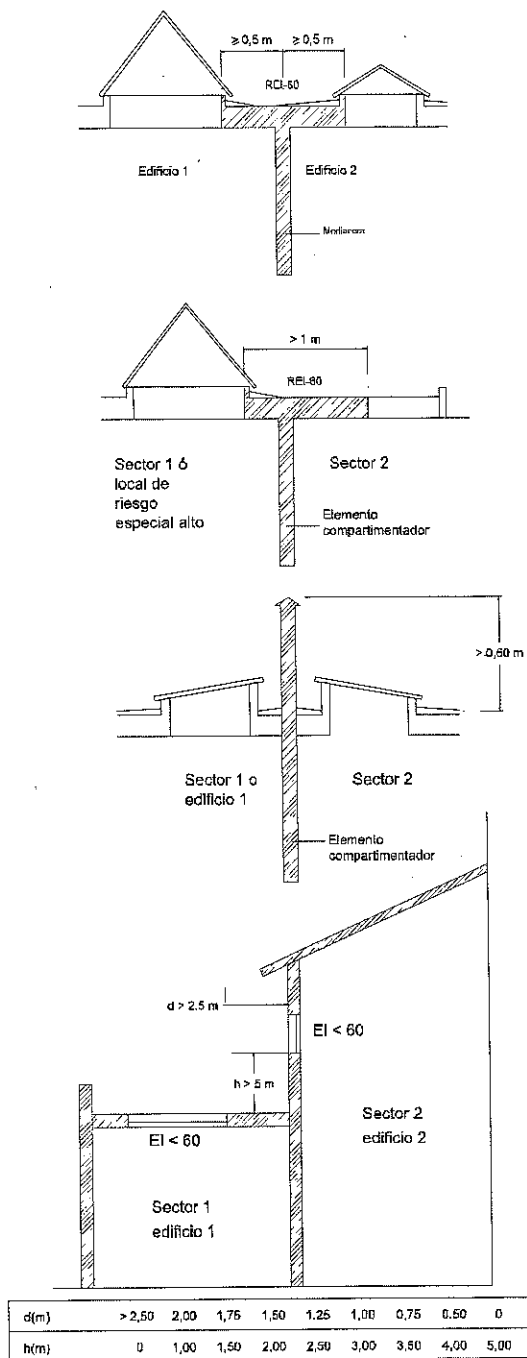


Figura 2.12. Resistencia al fuego de las cubiertas

PRODUCTOS Y MATERIALES DE RECUBRIMIENTO DE TEJADOS B_{ROOF} (t1)	
Pizarras	- Pizarra natural. - Pizarra de piedra.
Tejas	- De piedra. - De hormigón. - Arcilla. - Cerámica. - Acero.
Fibro cemento	- Chapas planas y perfiladas. - Pizarras.
Chapas metálicas perfiladas	- Aluminio o aleación de aluminio. - Cobre o aleación de cobre. - Cinc o aleación de cinc. - Acero no revestido. - Acero inoxidable. - Acero galvanizado. - Acero revestido en bobinas. - Acero esmaltado.
Placas metálicas planas	- Aluminio o aleación de aluminio. - Cobre o aleación de cobre. - Cinc o aleación de cinc. - Acero no revestido. - Acero inoxidable. - Acero galvanizado. - Acero revestido en bobinas. - Acero esmaltado.
Productos destinados a ser cubiertos totalmente en utilización normal (con los materiales inorgánicos enumerados a la derecha).	- Grava suelta de un espesor mínimo de 50 mm o una masa $\geq 80 \text{ Kg/m}^2$ (tamaño mínimo del árido: 4 mm; máximo: 32 mm). - Capa de revestimiento de arena o cemento de un espesor mínimo de 30 mm. - Piedra moldeada o losas minerales de un espesor mínimo de 40 mm.
(*) Siempre que cumplan las disposiciones nacionales relativas al diseño y ejecución de las obras y a las condiciones específicas del cuadro 2.2-1 del RD 312/2005.	

Figura 2.13. Productos y materiales de recubrimiento de cubiertas clasificados B_{ROOF} (t1) sin necesidad de ensayo (*) (RD 312/2005)

aseguramiento del contenido del edificio. De ahí la necesidad de tener en cuenta en el diseño del cerramiento este coste de utilización, que ha de sumarse al de construcción para obtener el coste global del edificio, además de prever elementos constructivos específicos como vidrios y/o mecanismos de seguridad.

Seguridad de uso y mantenimiento

El uso y mantenimiento de la cubierta tiene que realizarse en condiciones adecuadas de seguridad, especialmente cuando la cubierta tiene uso no transitable. Por ello, el Documento Básico del CTE de Seguridad de Utilización contempla en el CTE-DB-SU 1 la exigencia básica de "Seguridad frente al riesgo de caídas", estableciendo que:

- Existirán barreras de protección en los desniveles con una diferencia de cota mayor que 550 mm, excepto cuando la disposición constructiva haga muy improbable la caída o cuando la barrera sea incompatible con el uso previsto. En el caso de las cubiertas transitables, se dan desniveles mayores y será preceptivo el empleo de barreras de protección.
- Estas barreras tendrán, como mínimo, una altura de 900 mm cuando la diferencia de cota que protegen no exceda de 6 m y de 1.100 mm en el resto de los casos. La altura se medirá verticalmente desde el nivel de suelo.
- Las barreras de protección tendrán una resistencia y una rigidez suficiente para resistir una fuerza horizontal de 1,6 kN/m en el caso de cubiertas transitables accesibles y de 0,8 kN/m para cubiertas accesibles sólo para conservación.
- Las barreras de protección situadas en zonas destinadas al público en establecimientos de uso comercial o de pública concurrencia, así

como las situadas en zonas comunes de edificios de uso residencial vivienda o en escuelas infantiles, estarán diseñadas de forma que: en primer lugar, no puedan ser fácilmente escaladas por los niños, para lo cual no existirán puntos de apoyo en la altura comprendida entre 200 mm y 700 mm sobre el nivel del suelo; en segundo lugar, no tendrán aberturas que puedan ser atravesadas por una esfera de 100 mm de diámetro. En zonas destinadas al público en edificios o establecimientos de usos distintos a los citados anteriormente, únicamente deberán cumplir que no tengan aberturas que puedan ser atravesadas por una esfera de 150 mm de diámetro.

Por otra parte, en las cubiertas no transitables, planas o inclinadas, se deben prever las obras de mantenimiento, en especial de los puntos singulares y de los elementos anclados sobre ellas como antenas, pararrayos, etc. Para ello hay que colocar



Figura 2.14. Incendio accidental en una cubierta durante el proceso constructivo



Figura 2.15. Elementos de protección para el mantenimiento de cubiertas

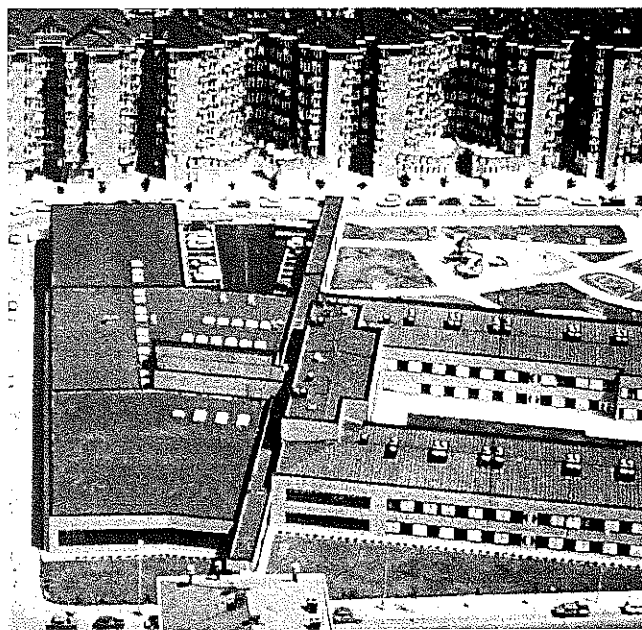


Figura 2.16. Ejemplo de cubierta con gran incidencia en el entorno²

² Diseño de cubierta de residencia de ancianos Ajuría en Vitoria. Fotografía cedida por el autor del proyecto: Javier Botella.

medios de seguridad fijos en toda la superficie de cubierta, que permitan realizar con seguridad los trabajos de mantenimiento y conservación, especialmente en las cubiertas inclinadas donde se deben situar, por ejemplo, ganchos en cumbrera cada 2 m o barandillas perimetrales. También para las mismas labores, se dispondrán pasarelas o caminos que permitan transitar cómodamente, inspeccionar cualquier punto crítico, utilizar carretillas para el transporte de materiales, etc.

2.3.3. Exigencias estéticas

La cubierta es un elemento primordial de los cerramientos, ya que su forma y aspecto externo puede tener un efecto dominante sobre el diseño completo. Al ser la parte más expuesta del edificio a las acciones climáticas, es fundamental la necesidad de resolver los problemas estéticos y técnicos que implica para lograr un resultado satisfactorio.

Sin embargo, salvo las excepciones de naves industriales y edificios de baja altura, la cubierta ha sido considerada un elemento constructivo al que no se dedica demasiado esfuerzo en el diseño, ya que el hecho de que en los edificios altos no se vean desde la calle invita a estudiarlas poco, por lo que esto no sólo influye en la estética, sino también en el resultado de la solución constructiva. En la figura 2.16 se aprecia un ejemplo de una cubierta donde en el diseño se tuvo muy en cuenta el impacto que tenía este cerramiento sobre el entorno, y por ello se resolvió con césped artificial y cobre.

También en ocasiones acaban siendo el lugar de fijación de maquinaria de aire acondicionado, antenas y otras máquinas. Esto provoca que si los anclajes no han sido previstos antes de la impermeabilización o de la ejecución de la cobertura, posteriormente puedan perforarse estos elementos y producir goteras. Además, la colocación de maquinaria sobre cubiertas horizontales transitables, por falta de previsión, puede inutilizar su uso como terrazas.

2.3.4. Exigencias de durabilidad

Se define como la vida útil de los elementos de cubierta, con el uso previsto y el mantenimiento adecuado. Es función de la solución constructiva y de la calidad de los materiales y elementos constructivos que la componen, así como de sus condiciones de uso y mantenimiento. El grado de durabilidad se traduce en una exigencia de tipo económico que, para la vida útil previsible del edificio completo, lleva a tener que optimizar el coste global de la cubierta (Cg).

$$C_g = C_c + C_m + C_r$$

siendo:

C_g = Coste Global de la cubierta.

C_c = Coste de construcción de la cubierta = coste de contrata + coste de honorarios + costes fiscales y legales + costes financieros + costes varios.

C_m = Costes de mantenimiento.

C_r = Coste de reparación, reposición de elementos constructivos cuya vida es menor que la del edificio y de reparación de daños por averías en la cubierta.

El coste de construcción de la cubierta respecto del total del edificio es variable en función del número de plantas, sin incluir en el coste el valor de la estructura portante, podría estimarse en:

$$C_c \text{ cubierta} = \frac{0,1}{n} C_c \text{ edificio, siendo } n = N^\circ \text{ de plantas}$$

En el caso de viviendas unifamiliares, el coste de repercusión de la cubierta es muy superior al de las viviendas en bloque.

Los costes de mantenimiento son resultado directo de las decisiones del diseño formal y constructivo, así como de la calidad de la ejecución, por lo que hay que buscar un equilibrio entre el C_c y el C_m para que el C_g sea óptimo.

La vida útil de una cubierta se estima en 20-25 años. La de algunos materiales es menor, como en el

caso de las láminas impermeables que en general sólo se garantizan por 10 años, por lo que habrá que tener en cuenta su coste de reparación.

La vida útil de otros materiales de cobertura es muy variable según sea su constitución. Las cubiertas metálicas pueden presentar problemas de corrosión, cuya velocidad de desarrollo depende de factores ambientales como la proximidad al mar, humedad ambiental, polución, etc., a los que se pueden unir, para facilitar su desarrollo, factores de otro tipo como una mala ejecución (manchas de cemento, humedad retenida, etc.) o defectuoso diseño (por ejemplo, fijaciones realizadas con otros metales incompatibles o condensaciones producidas en el aislamiento). En el caso de materiales porosos como cerámica, etc., es necesario exigir resistencia a los ciclos de hielo/deshielo, siempre que exista este riesgo.

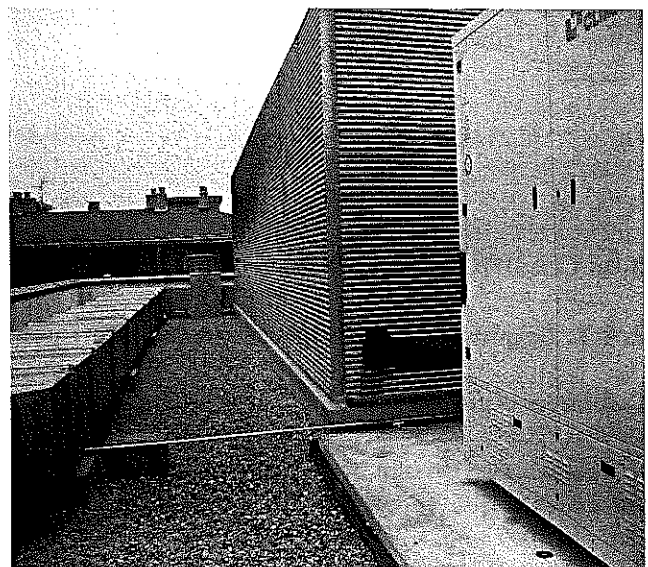


Figura 2.17. Elementos sobre cubierta

Cubierta Ventilada.
comportamiento en invierno

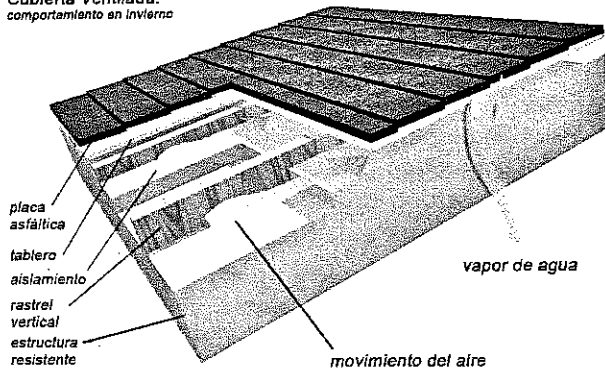


Figura 2.18. Comportamiento en invierno de la cubierta ventilada

Cubierta Ventilada.
comportamiento en verano

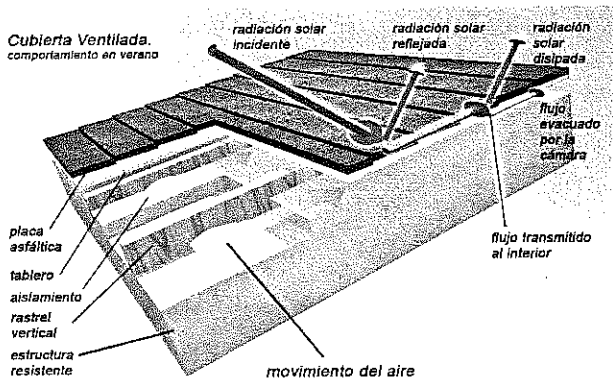


Figura 2.19. Comportamiento en verano de la cubierta ventilada

2.4. CLASIFICACIÓN DE LAS CUBIERTAS

2.4.1. Según su comportamiento higrotérmico

Cubierta caliente

Sin cámara de aire o con cámara no ventilada. El cerramiento que separa el interior del exterior está formado por una sola hoja o en algunos casos por dos hojas, que forman entre ellas una cámara de aire totalmente cerrada. Dichas hojas pueden estar com-

puestas a su vez por una o varias capas de materiales o componentes diferentes.

Cubierta fría

Con cámara de aire ventilada. El cerramiento que separa el interior del exterior está constituido por dos hojas que forman entre ellas una cámara de aire ventilada³. Dichas hojas también pueden estar compuestas a su vez por una o varias capas de materiales o componentes distintos. Si esta cámara no está suficientemente ventilada, su comportamiento se aproximará al de la cubierta caliente.

En general, el comportamiento higrotérmico de la cubierta fría es superior al de la caliente, ya que la primera:

- Permite el secado del material de cobertura.
- En invierno, la circulación del aire hace que el material aislante permanezca siempre aireado y, por lo tanto, seco, evitando que se produzcan condensaciones en su interior por la posible acumulación de vapor de agua procedente del espacio habitado cuando el material de cobertura no permite o dificulta mucho su paso a través de él. Así, en la mayoría de los casos no se requiere instalación de barrera de vapor. Sólo en situaciones especiales en las que existe una alta concentración de vapor se colocará dicha barrera (figura 2.18).
- En verano, el aire existente en la cámara de ventilación, por el efecto de la irradiación solar, se calienta y, por diferencia térmica, crea una corriente ascendente que sale por los respiraderos situados en la línea de cumbrera. Al mismo tiempo entra aire fresco por

³ Cámara de aire ventilada es el espacio de separación en la sección constructiva de una fachada o de una cubierta que permite la difusión del vapor de agua a través de aberturas al exterior dispuestas de forma que se garantiza la ventilación cruzada (CTE-DB-HS 1).

las aberturas del alero, por lo que se elimina de modo natural el calor acumulado en la capa de cobertura, evitando o minimizando su transmisión hacia el interior del edificio (figura 2.19).

También en las cubiertas planas es conveniente diseñar cámaras de aire ventiladas.

2.4.2. Clasificación según las pendientes

Para garantizar la impermeabilidad, toda cubierta tiene que tener pendiente hacia los elementos de evacuación de aguas, en función de su uso y del tipo de cobertura.

En el documento básico de Protección frente a la humedad (HS1) del CTE se establecen las pendientes mínima y máxima de las cubiertas planas (figura 2.20) y las mínimas de las inclinadas (figura 2.21).

2.4.3. Clasificación según el uso

El uso de la cubierta condicionará la tipología de cubierta que hay que diseñar y los componentes que hay que emplear. En el cuadro de la figura 2.22 se

recoge la clasificación según el uso de este cerramiento y los productos empleados de cobertura.

2.5. CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA SOLUCIÓN DE CUBIERTA

Las soluciones de cubiertas deben dar respuesta a las acciones exteriores y a las exigencias anteriormente expuestas, cumpliendo la normativa correspondiente. Deben adaptarse a cada proyecto concreto y a diversos condicionantes:

- La *imagen proyectual*. Como ya se ha comentado, al ser la cubierta la parte más expuesta a las acciones climáticas, es fundamental resolver los problemas estéticos y técnicos que implica para lograr un resultado satisfactorio. En la actualidad empieza a ser considerada como elemento de diseño que permite recuperar el solar perdido en la construcción del edificio, y de ahí el gran desarrollo que están teniendo las cubiertas ajardinadas o las inundadas de agua.
- La *situación geográfica o zona climática*, donde hay que tener en cuenta el soleamiento, la dirección y velocidad de los vientos dominantes, las temperaturas máximas y mínimas, la humedad relativa del ambiente exterior, el

PENDIENTES DE LAS CUBIERTAS PLANAS				
USO		PROTECCIÓN	PENDIENTE MÍNIMA %	PENDIENTE MÁXIMA %
TRANSITABLE	Peatones	– Solado fijo – Solado flotante	1	5 (1)
	Vehículos	– Capa de rodadura	1	15
NO TRANSITABLE		– Grava	1	5
		– Lámina autoprottegida	1	15
AJARDINADAS		– Tierra vegetal	1	5
(1) Para rampas no se aplica la limitación de pendientes máximas.				

Figura 2.20. Pendientes de cubiertas planas (CTE-DB-HS1)

PENDIENTES DE LAS CUBIERTAS INCLINADAS			
PROTECCIÓN (1) (2)		PENDIENTE MÍNIMA %	
TEJAS (3)	Teja curva	26	
	Teja mixta y plana monocanal	30	
	Teja plana marsellesa o alicantina	40	
	Teja plana con encaje	50	
PIZARRA		60	
PLACAS Y PERFILES	Cinc	10	
	Fibrocemento	Placas simétricas de onda grande	10
		Placas asimétricas de nervadura grande	10
		Placas asimétricas de nervadura media	25
	Sintéticos	Perfiles de ondulado grande	10
		Perfiles de ondulado pequeño	15
		Perfiles de grecado grande	5
		Perfiles de grecado medio	8
		Perfiles nervados	10
	Galvanizados	Perfiles de ondulado pequeño	15
		Perfiles de grecado o nervado grande	5
		Perfiles de grecado o nervado medio	8
		Perfiles de nervado pequeño	10
		Paneles	5
	Aleaciones ligeras	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 mayor 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 menores a 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) o UNE 136.020 (Tejas cerámicas), que se recogen en el punto 4.2.1 del capítulo 4 de este libro.

Figura 2.21. Pendientes de cubiertas inclinadas (CTE-DB-HS1)

CLASIFICACIÓN DE LAS CUBIERTAS SEGÚN EL USO			
USO	TIPO		COBERTURA
TRANSITABLE	Planas	Tránsito peatonal	– Losa filtrante – Placas flotantes – Placas fijas
		Tránsito rodado	– Capa de rodadura
		Ajardinada	– Tierra vegetal
NO TRANSITABLE	Planas	No tránsito	– Grava – Losa ligera
		Inundada	– Agua
	Inclinadas	Piezas solapadas pequeñas	– Tejas – Pizarra – Placas asfálticas
		Piezas solapadas grandes	– Placas fibrocemento – Placas sintéticas – Placas metálicas
		Láminas metálicas	– Zinc – Cobre – Acero galvanizado – Acero inoxidable
		Paneles	– Sándwich

Figura 2.22: Clasificación de las cubiertas según el uso

- espesor máximo de la capa de nieve (cm), la lluvia máxima ($l/h \cdot m^2$). La situación en zonas con altos valores de precipitación podría implicar la necesidad de adoptar medidas de prevención, como mayor número de rebosaderos (desagües de seguridad) o sobredimensionamiento de las bajantes.
- El *ambiente*: urbano, rural, industrial, marino. Aspectos como tipos de polucionantes y grado de contaminación, nivel de ruido del ambiente exterior, protección del medioambiente, condicionan la solución constructiva.
 - El *emplazamiento*. El diseño de los faldones, su inclinación, el sistema de evacuación de aguas

depende de que sean edificios exentos o adosados.

- El *uso del edificio*. La solución de cubierta será función de las condiciones interiores que haya que crear por el tipo de uso: residencial, público, industrial, etc.
- El *uso de la cubierta* (transitable o no, privado o público, tránsito de vehículos o sólo peatonal...) condicionará la selección de una u otra capa de protección.
- La *normativa particular* de aplicación: urbanística, municipal, autonómica, especial del patrimonio artístico-histórico, que establecerá determinadas prescripciones.



Figura 2.23. Influencia de la zona climática en el diseño de la cubierta



Figura 2.24. Influencia del ambiente. Protección del medio ambiente

Los criterios para la elección de un tipo u otro de cubierta estarán basados en estos condicionantes, así como en el estudio en cada solución de:

- El *comportamiento higrotérmico* que va a proporcionar la cubierta. En primer lugar, que las pérdidas de calor a través del cerramiento sean mínimas en invierno, que no aparezcan humedades de condensación superficiales o intersticiales, que no existan puentes térmicos. En segundo lugar, el comportamiento en verano: mínimas ganancias térmicas no deseadas, evacuación del calor almacenado en el interior del cerramiento. En ambos casos, los cerramientos con cámara de aire ventilada van a presentar ventajas frente a los que no disponen de ella. Además, se analizará la conveniencia de que tenga inercia térmica (capacidad de almacenar calor para posteriormente cederlo al ambiente interior) o de que no la tenga.
- El *aislamiento acústico* que dependerá de las condiciones exteriores y de las del uso interior. Las cubiertas pesadas, por ejemplo, las soportadas por estructuras continuas, tendrán un comportamiento mejor que las ligeras, pero eso no quiere decir que éstas no puedan resolver este aspecto.
- El *grado de sostenibilidad* de la solución constructiva que dependerá, en primer lugar, del nivel de respuesta a las exigencias ambientales anteriormente descritas (térmicas, higrotérmicas, acústicas, impermeabilidad, control de la radiación solar, iluminación, ventilación), así como de la protección frente al fuego y la durabilidad; en segundo lugar, de las medidas adoptadas para colaborar en la disminución del impacto que producen algunos aspectos ambientales significativos de la edificación (consumo de energía, agua y materiales; emisiones; vertidos; residuos...). Por último, en la influencia que tiene la elección de la tipología

de cubierta y de los materiales empleados en el ciclo de vida del proceso edificatorio (fabricación de componentes y transporte, ejecución, uso y mantenimiento, deconstrucción). Por ejemplo, consumo energético en cada etapa derivado de la solución constructiva, grado de toxicidad de los materiales empleados o residuos generados, etc.

- El *proceso de ejecución*, en función de que sea más tradicional o más industrializado, con más o menos operaciones de montaje, más o menos complejo, y sobre todo que pueda hacerse dicho proceso en menos tiempo. En general, la prefabricación de componentes en taller, su traslado a obra y su montaje mediante uniones secas siempre permite disminuir los plazos y simplificar la ejecución, siendo éstas algunas de las ventajas que presentan las cubiertas industrializadas frente a los sistemas tradicionales, además de la mejora de las condiciones de seguridad de las obras.
- Los *costes*. El criterio de selección también depende de las posibilidades económicas de la propiedad y será función de los materiales y sistemas elegidos, de su durabilidad, del plazo de ejecución y de la sencillez del montaje.

Por lo tanto, en la elección del tipo de cubierta podrán primar distintos aspectos en cada proyecto, que deberán ser identificados y evaluados, previamente a la adopción de cualquier medida.

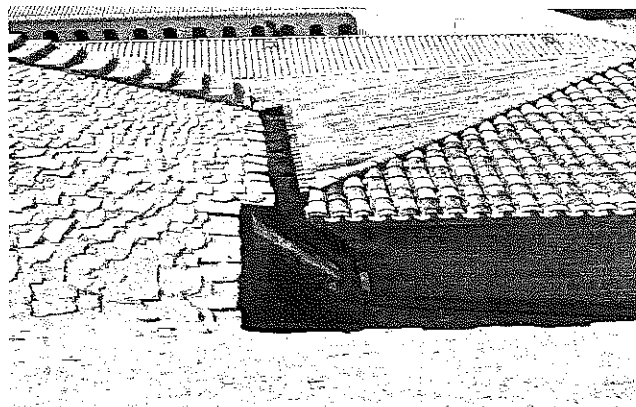


Figura 2.25. Influencia del emplazamiento



Figura 2.26. Influencia del uso del edificio

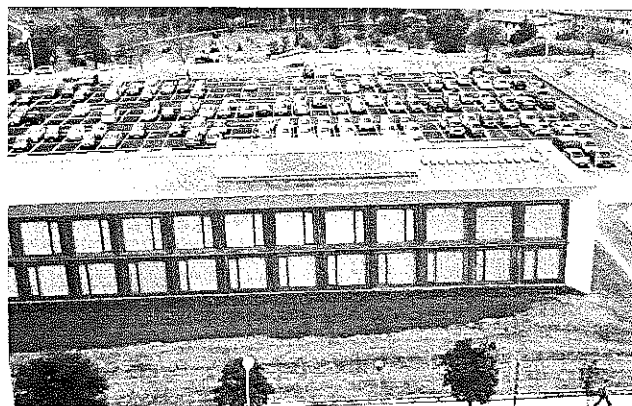


Figura 2.27. Dos cubiertas para distintos usos: inundada y tráfico rodado

3

CUBIERTAS PLANAS

- 3.1. Introducción
- 3.2. Ventajas de la cubierta invertida
- 3.3. Componentes de la cubierta invertida
 - 3.3.1. Estructura resistente
 - 3.3.2. Capa de formación de pendiente
 - 3.3.3. Impermeabilización
 - 3.3.4. Aislamiento térmico
 - 3.3.5. Capas separadoras
 - 3.3.6. Capas de protección y acabado
 - 3.3.7. Evacuación de aguas
- 3.4. Tipos de cubierta plana
 - 3.4.1. Cubierta no transitable
 - 3.4.2. Cubierta transitable
 - 3.4.3. Cubierta ajardinada
 - 3.4.4. Cubierta para tráfico rodado
 - 3.4.5. Cubierta industrial
 - 3.4.6. Cubierta de agua o marisma
- 3.5. Evolución de puntos singulares
 - 3.5.1. Juntos
 - 3.5.2. Pisos o encuentro con paredes
 - 3.5.3. Elementos pasantes
 - 3.5.4. Borlas laterales de salida
 - 3.5.5. Rebosaderos
 - 3.5.6. Puertas de acceso a cubiertas
 - 3.5.7. Anclaje de elementos
 - 3.5.8. Rincones y esquinas
 - 3.5.9. Encuentro con el sumidero
 - 3.5.10. Instalaciones sobre cubierta
 - 3.5.11. Placas solares
 - 3.5.12. Encuentro con huecos de ventilación

3.1. INTRODUCCIÓN

La cubierta plana se define como aquella que tiene una pendiente entre el 1 al 5%. El Código Técnico de la Edificación, en el documento básico HS 1 "Protección frente a la humedad", admite hasta el 15% en cubiertas de tipo convencional con lámina impermeable autoprotegida y en cubiertas transitables para vehículos con capa de rodadura.

La aparición y desarrollo de productos que garantizan la impermeabilidad, y su facilidad constructiva frente a las cubiertas inclinadas, le han proporcionado un gran espacio en la arquitectura actual, desde que fue introducida por el "Movimiento Moderno".

Dentro de las cubiertas planas, las cubiertas calientes son las más frecuentes, aunque su comportamiento higro-térmico es peor que el de las cubiertas frías, por lo que conviene introducir en las soluciones constructivas, cámaras de aire ventiladas. Generalmente se resuelven con los siguientes componentes: estructura resistente, soporte de cobertura, lámina impermeable, aislamiento térmico y capa de protección. Denominaremos cubierta de tipo convencional (figura 3.1) a la que se construye disponiendo la lámina o membrana impermeable por encima del aislamiento térmico (los problemas que pueden presentarse en su comportamiento se describen en el capítulo 7), frente a la cubierta de tipo invertido (figura 3.2) en la que la impermeabilización queda protegida por el aislamiento térmico y cuyas ventajas vamos a ver a continuación.

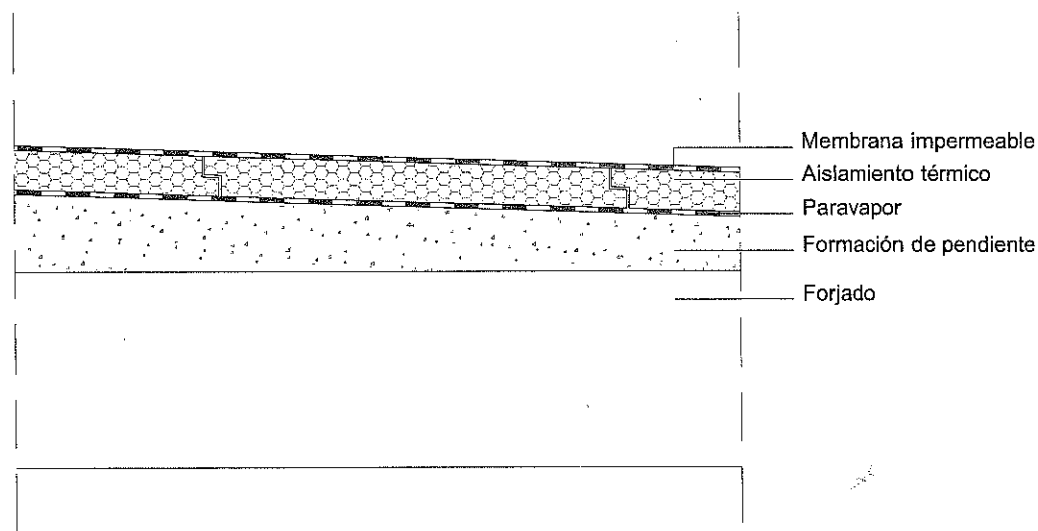


Figura 3.1. Cubierta de tipo convencional

3.2. VENTAJAS DE LA CUBIERTA INVERTIDA

La cubierta invertida presenta grandes ventajas frente a la cubierta de tipo convencional:

- Debido a la situación del aislamiento térmico y de la capa de protección, la membrana impermeable queda protegida de las acciones mecánicas, solares (rayos ultravioleta e infrarrojos) y térmicas (variaciones y choques térmicos en primavera, en otoño y en verano tras las tormentas) (figura 3.3).
- Se garantiza la impermeabilidad de la cubierta, ya que el agua discurre tanto por la superficie, como a través de las juntas del aislamiento (poliestireno extrudido), llegando al impermeabilizante y de ahí a los sumideros.
- Al ser el aislamiento exterior, se mantiene la estabilidad dimensional de la estructura de cubierta, por lo que no se producen movimientos ni rotura en la cobertura ni en el soporte.
- Al emplear un aislamiento impermeable, no absorbente al agua, como el poliestireno extrudido, por ejemplo, no hay pérdidas de calor producidas si éste se humedeciera. En invierno, no existen condensaciones superficiales, ni intersticiales, ya que la lámina actúa de paravapor en la cara caliente del aislamiento.
- En el caso de pavimentos flotantes sobre "plots" o distanciadores, existe una cámara de aire entre el aislamiento y la protección, que mejora el comportamiento higrotérmico en verano.
- Permite una fácil ejecución, reduciendo la mano de obra debido a la ausencia de trabajos de albañilería y proporcionando con ello economía y rapidez de ejecución.
- Posibilita registrar el impermeabilizante levantando la capa de protección y el aislamiento térmico.

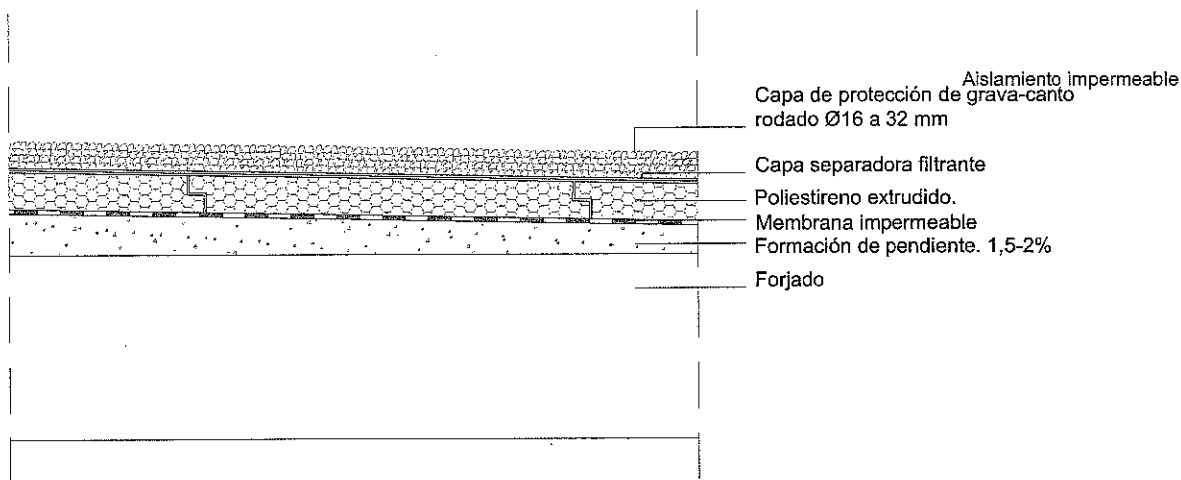


Figura 3.2. Cubierta invertida

3.3. COMPONENTES DE LA CUBIERTA INVERTIDA

Los componentes que hay que definir en el diseño de una cubierta invertida son: estructura resistente, capa de formación de pendiente, impermeabilización, aislamiento térmico, capas separadoras, capas de protección y acabado, y evacuación de aguas (figuras 3.4 y 2.2).

3.3.1. Estructura resistente

Debe calcularse teniendo en cuenta las acciones previstas en el CTE-DB-AE: el peso propio de la cubierta, las sobrecargas debidas a la acumulación de nieve o agua, al uso y a las necesidades de mantenimiento. Este subsistema del edificio tiene que cumplir además otras normativas de seguridad, entre otras la instrucción EHE para estructuras de hormigón, o la norma NCSE-02, para determinadas zonas sísmicas, y otros documentos básicos del CTE como SE-A y SE-M, para estructuras de acero y de madera, respectivamente.

Las tipologías de estructuras más empleadas para realizar cubiertas planas son:

- Estructuras superficiales continuas como forjados de hormigón o losas de hormigón horizontales. Podrían hacerse inclinados y evitar el hormigón de pendiente, pero esta actuación supone una ejecución más complicada y más cara (figura 3.5).
- Estructuras discontinuas de vigas de acero, hormigón o madera y placas grecada de acero. Para colocar la impermeabilización se requiere colocar encima un soporte continuo que puede realizarse con una capa de hormigón, un tablero de partículas o un panel de cartón-yeso. Las posibles dilataciones térmicas de la estructura se minimizan con la colocación en el plano superior del aislamiento térmico (figura 3.6).

3.3.2. Capa de formación de pendiente

Es el elemento que conforma y da pendiente a la cubierta y sirve de soporte a la impermeabilización

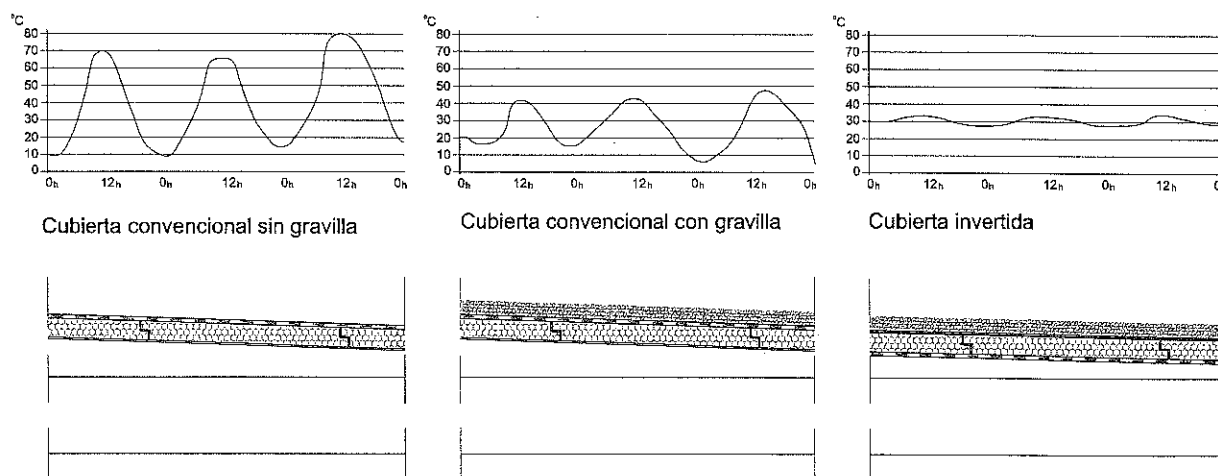


Figura 3.3. Gráficos de temperatura que alcanza la impermeabilización según el tipo de cubierta

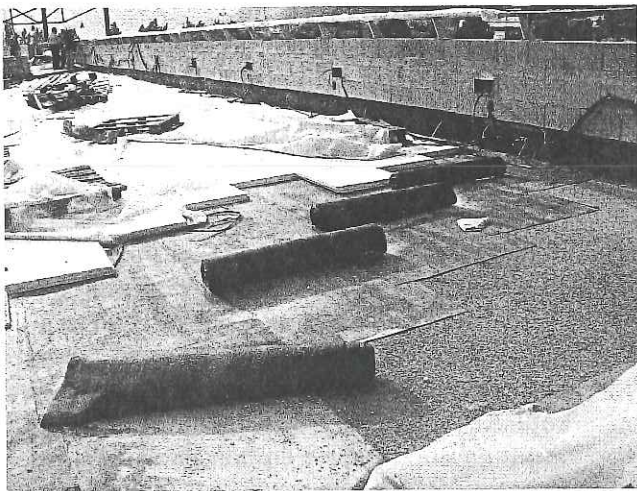


Figura 3.4. Componentes de la cubierta invertida

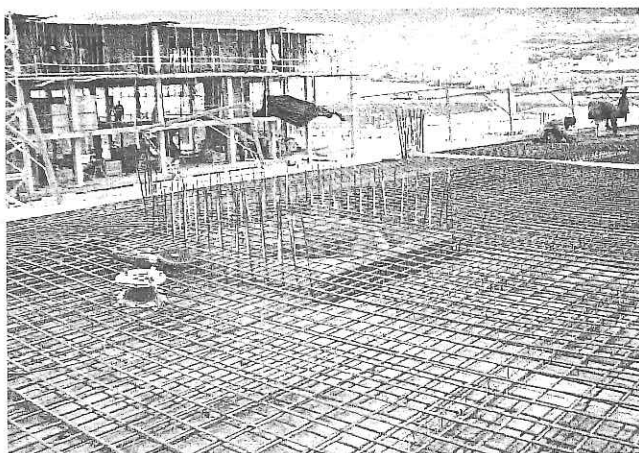


Figura 3.5. Estructura resistente continua para cubierta plana

(soporte de cobertura). Debe tener cohesión y estabilidad suficiente frente a las solicitaciones mecánicas y térmicas. Conviene que el espesor mínimo sea de 2 cm y no sobrepasar los 10 cm; la pendiente mínima del 1% (aunque es recomendable el 1,5%) y la máxima del 5% para cubiertas de grava, ajardinadas y transitables para peatones. Con inclinaciones mayores del 5%, por ejemplo, en cubiertas de tráfico rodado, es mejor realizarlas con la propia estructura resistente.

Materiales de formación de pendiente

Los materiales que se emplean como formación de la pendiente y soporte de la impermeabilización tienen que ser ligeros, de poco peso y de gran resistencia, y compatibles con la impermeabilización. Entre otros pueden utilizarse:

a) Hormigón celular

- Hormigón de estructura porosa que se obtiene al introducir burbujas de gas dentro de la mezcla fluida de cemento y arena para producir un material de poca densidad.
- Cuando la impermeabilización no sea adherida, la resistencia a compresión debe ser mayor de 0,2 Mpa.
- Por otro lado, cuando ésta vaya adherida al soporte, o no tenga la resistencia mecánica adecuada, o no sea compatible la lámina con el soporte, se rematará la superficie con una capa de mortero de cemento u hormigón (HM-10-10), cuyo espesor estará comprendido entre 1,5 y 2 cm y cuya dosificación será de 250 kg/m³.

b) Morteros de áridos ligeros

- Su resistencia a compresión tiene que ser mayor de 0,2 Mpa.
- En caso contrario, se prepara la superficie con una capa de mortero de cemento de regularización de espesor 1,5 a 2 cm, con una dosificación de 250 kg/m³. Estos morteros deben estar exentos de irregularidades que dañen la membrana. Para ello se procura que el árido sea fino, que el mortero no suelte áridos y que no se fisure por retracción o acciones térmicas.
- Entre otros áridos se pueden utilizar bolas de poliestireno expandido.

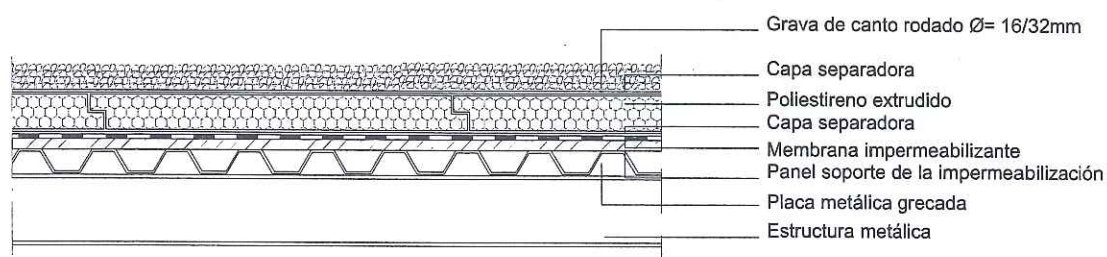


Figura 3.6. Estructura resistente discontinua

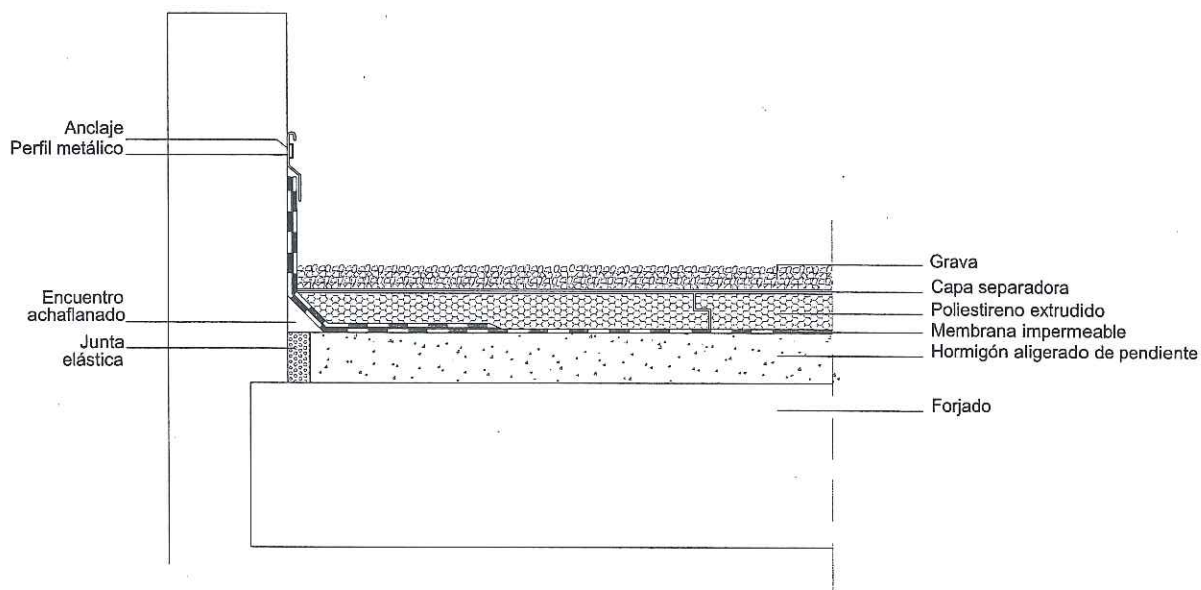


Figura 3.7. Encuentro con paramento vertical

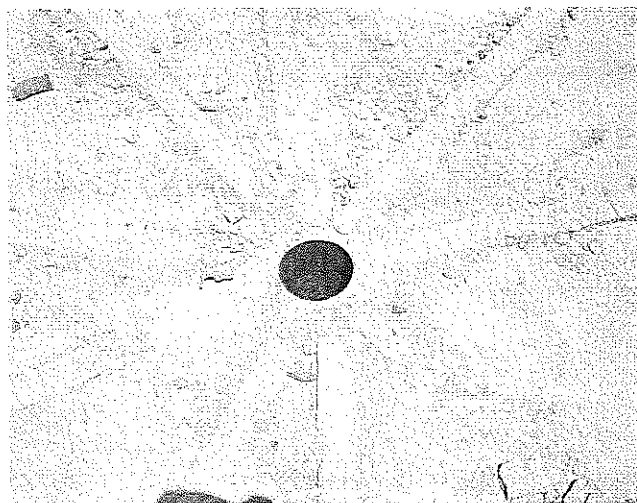


Figura 3.8. Ejecución de la capa de formación de pendiente

c) *Arcilla expandida*

- Los faldones realizados con este material deben cubrirse con una capa de mortero de 3 cm de espesor, pero si va aglomerada con cemento, el espesor puede reducirse a 2 cm.
- La dosificación del mortero debe ser superior a 250 kg/m³.

d) *Otros materiales* que se pueden emplear son: mortero de cemento, elementos prefabricados de hormigón celular, placas metálicas y tableros de madera.

Condiciones de ejecución

Es necesario diseñar juntas de dilatación del soporte, que coinciden con las propias de la cubierta. Se realizan cada 15 m en todos sus bordes y en el encuentro con paramentos verticales, manteniendo además las juntas de la estructura resistente. Los faldones de pendiente quedarán separados de todo paramento vertical o inclinado, elevado sobre el nivel de forjado, con una junta de 10 a 12 mm que se rellenará con una tira de poliestireno expandido u otro material elástico. Para impermeabilizar el encuentro con elementos verticales, se debe achaflanar la capa de pendiente con un ángulo aproximado de $135 \pm 10^\circ$ (figura 3.7).

Para la ejecución de la capa de formación de pendiente:

- Se replantean las limahoyas, limatesas, las juntas longitudinales, transversales y perimetrales, y los desagües.
- Se colocan maestras, de ladrillo o mortero de cemento, sobre las líneas de replanteo para poder verter el material y así darle la pendiente necesaria (figura 3.8).
- Se realizan las juntas de dilatación del soporte, colocando un elemento elástico.
- La superficie de terminación estará seca, limpia de polvo, uniforme, lisa y exenta de cuerpos extraños.
- El grado de humedad del soporte, en superficie y en el interior de la masa, será menor o igual del 8% antes de la colocación de la impermeabilización.

3.3.3. Impermeabilización

Es el elemento principal de toda cubierta plana, a diferencia de las inclinadas en las que raramente

se emplean, ya que otros componentes, como las piezas de cobertura, su solape y la pendiente, proporcionan la impermeabilidad. Su misión es garantizar la estanquidad de la cubierta, impidiendo el paso del agua.

Pueden emplearse láminas prefabricadas bituminosas o sintéticas, o bien impermeabilizantes "in situ".

Láminas prefabricadas

Vienen en rollos y una vez extendidas deben ser solapadas y soldadas hasta conseguir la total continuidad de la cubierta. Se clasifican en:

- *Bituminosas*. Pueden ser:
 - Lámina bituminosa de oxiasfalto (LO).
 - Lámina de oxiasfalto modificado (LOM).
 - Lámina de betún modificado con elastómeros (LBM).
 - Lámina de betún modificado con plastómeros (LBM).
 - Lámina de betún modificado con polímeros (LBME).
 - Lámina de alquitrán modificado con polímeros (LAM).

Todas estas láminas pueden formar parte de las membranas impermeabilizantes (figura 3.13), constituidas por una única o por una serie de láminas unidas o no entre sí y con el soporte. Pueden ser también autoprotegidas a base de gránulos minerales (G) o lámina metálica (M). Esta protección ligera va incorporada a la última lámina de las que componen la impermeabilización. Se utilizan sólo en las cubiertas no transitables tradicionales o en los encuentros vistos con paramentos verticales.

Las de betún modificado y de alquitrán modificado son mezcla de un material bituminoso con otros materiales, en general plásticos, que mejoran sus características. Las de alquitrán se utilizan menos, ya que el producto puede producir algunos problemas

de salud, y si se aplica en caliente, ocasiona irritación de la piel.

Las uniones entre láminas se realizan por fusión y vertido, soldadura o clavado (figura 3.9).

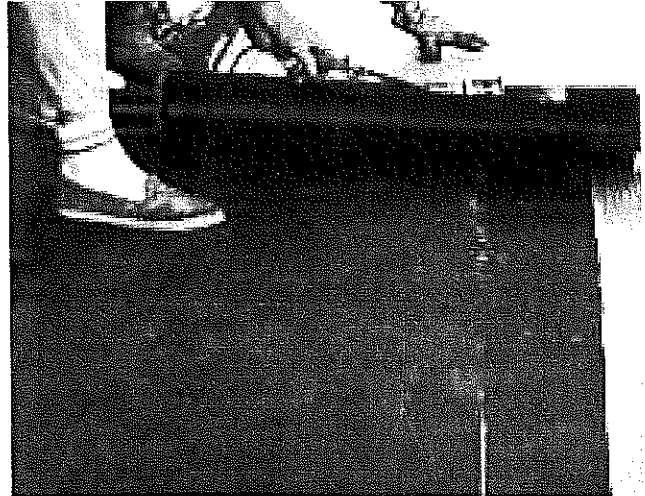


Figura 3.9. Ejecución de la impermeabilización prefabricada bituminosa (Asfaltos Chova)

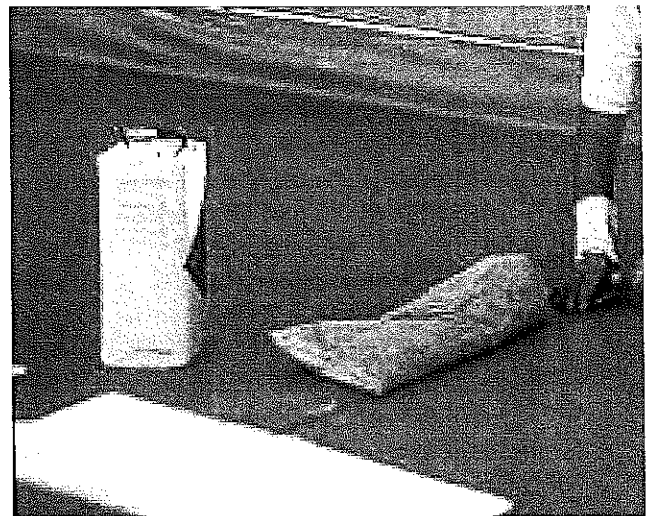


Figura 3.10. Ejecución de impermeabilización sintética (Intemper)

• Sintéticas

Este tipo de láminas está en continua investigación y se debe exigir el cumplimiento de la norma UNE correspondiente y en su caso, el marcado CE. Si no disponen de éste, es conveniente someterlas a ensayos fidignos antes de emplearlas. Pueden ser de:

- Policloruro de vinilo (PVC) plastificado, armada o sin armar y resistente o no al betún, con espesores de 2 mm (UNE 104302).
- Polietileno clorado o clorosulfonado (UNE 53411, 104301).
- Elastómeros, como caucho butílico (IIR), etileno propileno dieno (EPDM) o caucho de cloropreno (CR) con espesores de 1 a 1,5 mm (UNE 104308).
- Poliolefinas, con espesores de 1,2 a 1,5 mm.

En general, las láminas sintéticas presentan altas prestaciones y se aplican en sistemas monocapa. No se deben utilizar las de PVC en contacto con materiales bituminosos, poliestireno extrudido o expandido, aceites, grasas o productos que contengan disolventes u otros materiales que provoquen la migración de los plastificantes del PVC.

En las láminas sintéticas la unión se realiza por solape, montando una lámina sobre otra un mínimo de 50 mm y ejecutándose la unión entre sí:

- Con *disolventes o adhesivos* que se aplican con brocha en las superficies de solape, presionando durante unos segundos y a una temperatura ambiente superior a 5 °C.
- Con *soldadura por aire caliente*. Mediante la energía aportada por un chorro de aire caliente de un aparato electrosoplante se funde el material de ambas caras del solape y se presiona uniformemente con un rodillo, obteniéndose una unión homogénea e instantánea.
- Con *soldadura por cuña caliente*. Se realiza mediante aparatos cuyo vástago final transmite

por contacto la temperatura suficiente, para así fundir las zonas de solape de las láminas, al tiempo que se presiona uniformemente con un rodillo.

- Con *soldadura por alta frecuencia*: se gelifica el material localmente en la zona de unión por la resistencia que éste ofrece al paso de una corriente eléctrica de alta frecuencia y se une mediante la presión de los electrodos. Este tipo de unión se utiliza en la confección de grandes láminas en taller.

En la tabla de la figura 3.11 se recogen los tipos de láminas prefabricadas y las normas UNE que les son de aplicación.

En el siguiente cuadro 3.12 figuran algunos valores comparativos de características de las láminas, que pueden ayudar a elegir el tipo de lámina impermeable.

El parámetro que indica la resistencia al calor es el punto de reblandecimiento, que establece la temperatura a la cual el material pasa de tener una consistencia pastosa a una fluida.

El efecto de las bajas temperaturas sobre el material, consiste en un aumento de su fragilidad que puede llegar incluso a provocar un agrietamiento. Se evalúa mediante un método que establece el procedimiento para obtener la temperatura a la que pueden ser dobladas las láminas sin fisurarse. El valor resultante da idea de la temperatura mínima a la que es posible manipular en obra sin que el material se agriete y pueda llegar a presentar una pérdida de estanquidad.

Si establecemos una comparación entre las láminas de oxiasfalto y las de betún modificado, podemos decir que estas últimas presentan un mejor comportamiento frente a las temperaturas extremas (altas y bajas) y mayor durabilidad. Aúnan las características de estanquidad y resistencia del betún, dadas fundamentalmente por su masa y composición química, con la elasticidad y plasticidad que confiere el polímero modificador utilizado. Las láminas de oxiasfalto pueden utilizarse como láminas de sacrificio y en la formación de membranas bicapas combinadas con las de betún modificado.

TIPOS DE LÁMINAS PREFABRICADAS				
LÁMINAS	DEFINICIÓN	NORMA UNE	TIPOS	CARACTERÍSTICAS
BITUMINOSAS				
LO	Lámina constituida por una o varias armaduras, recubrimiento a base de oxiasfalto, material antiadherente y, ocasionalmente, una protección.	104238	LO-20 LO-30 LO-40 LO-50	Superficie no protegida
			LO-40/G	Superficie protegida con protección mineral
			LO-30/M LO-40/M	Superficie protegida con protección metálica
			LO-40/P	Perforadas
LOM	Lámina constituida por una o varias armaduras, recubrimiento a base de oxiasfalto modificado, material antiadherente y, ocasionalmente, una protección.	104239	LOM-40	Superficie no protegida
			LOM-40/M	Superficie protegida con protección metálica
LBM	Lámina constituida por una o varias armaduras, recubiertas con másticos bituminosos modificados con elastómeros o plastómeros, material antiadherente y, ocasionalmente, una protección.	104242/1y2	LBM-24 LBM-30 LBM-40 LBM-48	Superficie no protegida
			LBM-40/G LBM-50/G	Superficie protegida con protección mineral
			LBM-30/M LBM-30/M-NA LBM-48/M	Superficie protegida con protección metálica
LBME	Lámina constituida por un recubrimiento bituminoso a base de un mástico de betún modificado con polímeros y, ocasionalmente, una armadura de fieltro de fibra de vidrio.	104243	LBME-20/NA	Láminas sin reforzar
			LBME-15FV LBME-20FV	Láminas reforzadas
LAM	Lámina sin armadura constituida por un recubrimiento bituminoso a base de un mástico de betún modificado con polímeros y, ocasionalmente, una armadura de fieltro de fibra de vidrio.	104244	LAM-2 LAM-3	2 y 3 expresan el espesor de la lámina en mm
(*) El número de la designación de la lámina hace referencia a la masa nominal. Por ejemplo, el LBM-24, masa nominal: 2,4 kg/m ²				

Figura 3.11. Tipos de láminas prefabricadas

(Continúa)

LÁMINAS	DEFINICIÓN	NORMA UNE	TIPOS	CARACTERÍSTICAS
SINTÉTICAS				
PVC	Lámina flexible continua de poli cloruro de vinilo plastificado, armado o sin armar. Debe poder soldarse de forma homogénea por los procedimientos habituales, tales como aire caliente, alta frecuencia, disolventes u otros.	104302	No resistente al betún, sin soporte	
		104302	No resistente al betún, con inserción de tejidos de hilo sintético	
		104302	No resistente al betún, con inserción de tejidos de hilo sintético	
		104302	Resistente al betún, sin armadura	
		104302	Resistente al betún, con armadura de fibra de vidrio	
		104302	Resistente al betún, con armadura de tejidos de hilo sintético	
POLIETILENO	Lámina de polietileno clorado o clorosulfonado armado o sin armar. Debe poder soldarse de forma homogénea por los procedimientos habituales, tales como aire caliente, alta frecuencia, disolventes u otros.	53411	Polietileno clorado sin armadura	
		104301	Polietileno clorosulfonado con inserción de tejidos sintéticos	
ELASTÓMEROS	Lámina de elastómeros sin refuerzo ni armadura.	104308	IIR	Caucho butílico
			EPDM	Etileno propileno dieno
			CR	Caucho de cloropreno
POLIOLEFINAS	Lámina constituida por una aleación polimérica utilizando una mezcla de poliolefinas flexibles y un refuerzo de manta de fibra de vidrio.		FPO	1,2-1,5 kg/m ²

Figura 3.11. Tipos de láminas prefabricadas (continuación)

	PLEGABILIDAD A BAJAS TEMPERATURAS	RESISTENCIA AL CALOR	RESISTENCIA MÍNIMA A LA TRACCIÓN A 23 °C	ALARGAMIENTO MÍNIMO EN LA ROTURA A 23 °C
LO	5 °C	80 °C	175 - 600 N/5 cm	30 - 250%
LOM	-5 °C	80 °C	220 - 600 N/5 cm	30 - 250%
LBM (elast)	-15 °C	80 °C	120 - 500 N/5 cm	30 - 250%
LBM (plast)	-5 / -10 °C	80 °C	200 - 600 N/5 cm	30 - 250%
LBME	-20 °C	80 °C	400 N/5 cm	400%
LAM	-10 °C	80 °C	1,5 - 2,5 MPa	60 - 150%
PVC	-20 °C	80 °C	15 Mpa	200%
PE cloro.	-20 °C	80 °C	12 Mpa	300%
PE sulf.	-30 °C	80 °C	> 1100 N/5 cm	> 400%
EPDM	-55 °C	115 °C	8 Mpa	300%
IDR	-40 °C	115 °C	9 Mpa	300%
CR	-35 °C	100 °C	10 Mpa	250%
FPO	-25 °C	70 °C	1100 N/5 cm	

Figura 3.12. Características de las láminas impermeabilizantes

Las láminas más empleadas son las LBM, EPDM, PVC por sus altas prestaciones técnicas. Desde el punto de vista ambiental, los productos de PVC están más discutidos, ya que originan en la fase de fabricación residuos de sustancias organocloradas en forma de gases o vertidos de aguas residuales. Asimismo, en caso de incendio desprenden productos tóxicos: ácido clorhídrico, dioxinas y cadmio, y no es un material biodegradable, aunque sí reciclable.

Impermeabilizantes "in situ"

Son productos líquidos resistentes al agua que, aplicados en varias capas, al secarse forman una película sólida, elástica e impermeable, con un espesor de 1 a 2 mm, a la que se puede incorporar o no una armadura en su interior. Se aplican con rastrillo de borde recto, cepillo, brocha, rodillo o por pulverización, impregnando la armadura con el producto. En general, se ejecutan en frío, excepto las breas, que se hacen en caliente. Pueden ser:

- *Bituminosos*. Son productos de consistencia pastosa que contienen en su composición alquitrán mezclado con polímeros. Además pueden contener otros productos, tales como disolventes, plastificantes, materia mineral fina o fibrosa y otros aditivos. Se colocan 2 capas de másticos modificados de alquitrán con 1 ó 2 hojas de aluminio. También se pueden emplear emulsiones de betún con caucho y betunes modificados con resinas.
- *Sintéticos*. Productos a base de copolímeros en dispersión acuosa con armadura de malla de tejido sintético. Se dan dos manos, una cruzada sobre la otra, con un producto semifluido disperso en agua, capaz de aplicarse a brocha, rodillo o por pulverización con el que se impregna la armadura. Los materiales que se pueden emplear son: resinas acrílicas al agua, poliuretanos, epoxi, epoxi-poliuretano, epoxi-

betunes y poliéster. La evaporación de agua del producto líquido da lugar a dichas capas. La dosis suele oscilar entre 1,5-2 kg/m², siendo más aconsejable 3 kg/m².

Los sistemas de impermeabilización "in situ" pueden presentar algunas ventajas frente a las prefabricadas: se consigue una membrana continua sin juntas, la ejecución es más rápida y más fácil en los puntos singulares ya que el producto se adhiere directamente sin necesidad de utilizar piezas especiales. Además, puede utilizarse en la impermeabilización de cubiertas con formas raras: cáscaras, láminas de hormigón no planas, etc., cuya ejecución con sistemas prefabricados es más complicada.

También tienen algunos inconvenientes como la dificultad de garantizar el espesor mínimo y su uniformidad, así como la influencia que pueden tener las condiciones climáticas en la ejecución de la membrana "in situ", sin olvidar que su aplicación impide la reutilización o reciclaje del producto.

En cualquier caso, para conseguir la adecuada efectividad del sistema se deben comprobar cuantas certificaciones y documentación sean exigibles, y las condiciones bajo las que los productos que intervienen son susceptibles de construir un verdadero sistema de impermeabilización "in situ" y no una simple pintura.

Sistemas de impermeabilización

Los sistemas de impermeabilización desde el punto de vista de la unión al soporte pueden ser:

- *Adherido (A)*: Cuando todas las capas que constituyen la impermeabilización se adhieren tanto entre sí como al soporte. Previamente sobre éste se da una imprimación, excepto cuando la primera capa de la impermeabilización se realice "in situ". Este sistema se emplea cuando se quiere evitar el deslizamiento de la membrana en pendientes superiores al 5%, en cubiertas con pavimentos fijos, en cubiertas

ajardinadas, y en las de tipo convencional sin capa de protección.

- *Semiadherido (A)*: La impermeabilización se une al soporte base en una extensión comprendida entre el 15 y el 50% de la superficie. La adherencia de la impermeabilización al soporte se consigue a través de las perforaciones de la primera lámina al colocarla sobre una capa de imprimación, que se dispone sobre el soporte. En las láminas sintéticas se puede conseguir mediante fijaciones mecánicas a lo largo de las bandas de solape. En el caso de los impermeabilizantes "in situ" se interpone sobre el soporte una capa auxiliar de independencia con perforaciones. Esta capa se elimina en el encuentro con los puntos singulares, donde tiene que quedar siempre adherida.
- *No adherido (N)*: Se emplea cuando se quiere asegurar la independencia de la membrana al soporte y mejorar así la absorción de movimientos estructurales. Desde el punto de vista ambiental, en la fase de deconstrucción facilita la recuperación selectiva y su reciclado posterior. La impermeabilización se coloca sobre el soporte base sin unirla al mismo, salvo en puntos singulares tales como juntas, sumideros, petos, bordes, etc., y en el perímetro de elementos sobresalientes de la cubierta, tales como chimeneas, claraboyas, mástiles, etc. Para conseguir la independencia de la impermeabilización con respecto al soporte, la primera lámina debe colocarse sin imprimación. En el caso de los impermeabilizantes "in situ" se coloca sobre el soporte una capa de desolidarización continua, que debe eliminarse en el encuentro con los puntos singulares donde tiene que quedar adherida. Los sistemas no adheridos requieren capas de protección pesada para evitar la succión del viento: por ejemplo, cubiertas con pavimentos flotantes o con protección de grava.

- *Fijado mecánicamente (F)*: La impermeabilización se sujeta al soporte mediante fijaciones mecánicas (puntas). Este tipo normalmente se realiza en cubiertas planas con pendientes mayores del 15% o inclinadas con cobertura de placas asfálticas, por lo que no es habitual en el tipo de cubierta que aquí nos ocupa.

Soluciones constructivas de membranas bituminosas

A diferencia de las láminas sintéticas, las bituminosas se utilizan en forma de membranas compuestas por varias láminas. En la tabla de la figura 3.13 se exponen de forma orientativa las distintas soluciones constructivas de impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos. Se indican aquellas que figuraban en la anterior normativa (NBE-QB-90) y que fueron eliminadas por la norma UNE 104402.

La elección entre una membrana bituminosa monocapa y una bicapa se fundamenta en criterios de ejecución y seguridad. Cuando se desea sencillez y rapidez de ejecución se emplean las primeras y cuando se precisa un mayor nivel de seguridad, se utilizan las bicapas.

Podríamos hacer algunas observaciones derivadas del anterior cuadro (figura 3.13) que pueden ilustrar mejor las prestaciones que aportan las láminas de betún modificado respecto a las de oxiasfalto:

- No se admite la membrana monocapa con láminas de oxiasfalto, tienen que ser bicapas.
- En general se exige mayor masa para una bicapa a base exclusivamente de láminas de oxiasfalto que para una bicapa a base de lámina de betún modificado.
- Para membranas que incluyen láminas de oxiasfalto no se admiten pendientes menores del 1%. A medida que disminuye la pendiente se limita la utilización de membranas a base de estas láminas. Y únicamente se admiten como aca-

SOLUCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN CON MATERIALES BITUMINOSOS					
SISTEMA	PROTECCIÓN	TIPO	INTERVALO DE PENDIENTES RECOMENDADO EN %	DENOMINACIÓN UNE 104-402	COMPOSICIÓN
Adherido	Pesada	Monocapa	1-10	PA-1 *	(OA)+(LBME-20-NA)
			1-15	PA-6	(LBM-40)
			0-15	PA-9 *	(LBM-48)
		Multicapa	1-10	PA-2	2(OA)+2(LBM-24)
			1-10	PA-3	4(OA)+3(LO-20-FV)
			1-15	PA-7	2(LO-40)
			0-15	PA-8 *	2(LBM-30)
		In situ	1-10	PA-4 *	5(OA)+4(AB)
			1-10	PA-5	2(MM-II B)+hoja de aluminio intercalada
	Ligera	Monocapa	>10	MA-1 *	(LBM-48/M)
			>1	GA-1	(LBM-50/G-FP)
		Multicapa	>10	MA-2	(LO-40)+(LO-30/M-NA)
					(LO-30)+(LO-30/M-NA)
			>5	MA-3	(LO-40)+(LO-30/M)
					(LO-40)+(LBM-30/M-NA)
			>1	GA-2	(LO-40)+(LBM-40/G)
					(LO-30)+(LBM-40/G)
			>5	GA-3 *	(LO-40)+(LO-40/G)
					(LO-30)+(LO-40/G)
			>5	GA-4 *	2(OA)+(LO-30)+(LO-40/G)
			>1	GA-5	2(OA)+(LBM-24)+(LBM-40/G)
			>1	GA-6 *	(LBM-30)+(LBM-40/G)
		In situ	5-15	MA-4	2(MM-IIB)+2 hojas de aluminio
Semiadherido	Ligera	Multicapa	>5	MS-1	(LO-40/P-FV)+(OA)+LO-40/M)
					(LO-40/P-FV)+(OA)+(LBM-30/M-NA)
			>3	GS-1 *	(LO-40/P FV)+(OA)+(LBM-30/M-NA)

Figura 3.13. Soluciones constructivas de impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos

(Continúa)

SISTEMA	PROTECCIÓN	TIPO	INTERVALO DE PENDIENTES RECOMENDADO EN %	DENOMINACIÓN UNE 104-402	COMPOSICIÓN
No-adherido	Pesada	Monocapa	1-5	PN-1	(LBM-40)
			0-5	PN-8 *	(LBM-48)
			1-5	PN-2 *	(LBME-20-FV)
			1-5	PN-3	(LAM-3)
			1-5	PN-4 *	(LOM-40)
		Multicapa	1-5	PN-5 *	(OA)+2(LBM-24)
			1-5	PN-6	2(LO-40)
			0-5	PN-7 *	2(LBM-30)
Fijación mecánica	Ligera	Monocapa	>1	GF3 *	(LBM-50/G)
		Multicapa	>1	GF-4 *	(LBM-30)+(LBM-40/G)

* Estas membranas aparecen en la norma NBE-QB 90 y desaparecen en la actualización de la norma UNE 104402/96.
+ Estas membranas aparecen como nuevas en la UNE 104402/96 y no estaban en la NBE-QB 90.

Las siglas de denominación de las membranas significan:
A: adherido
S: semiadherido
N: no adherido
F: clavada
P: protección pesada
G: autoprotección mineral
M: protección metálica
MM-IIB: mástico modificado de base alquitrán
AB: armadura bituminosa

Figura 3.13. Soluciones constructivas de impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos (continuación)

bado láminas autoprotegidas de oxiasfalto para pendientes mayores del 5%.

Condiciones de ejecución

Las condiciones de ejecución de impermeabilizaciones se recogen en las fichas del capítulo 6.

3.3.4. Aislamiento térmico

En todo sistema de cubierta invertida debe utilizarse un aislamiento térmico que cumpla las siguientes características, además de las tradicionales:

- Absorción mínima de agua, ya que en caso contrario el valor del aislamiento térmico disminuiría

en gran proporción; hay que tener en cuenta que el agua se filtra a través de la capa de protección hasta la impermeabilización, pasando por las juntas de las placas aislantes. La absorción de agua por inmersión debe ser menor del 0,7% (EN 12087) y la absorción de agua por difusión menor del 3% (EN 12088).

- Ser resistente a la intemperie y a los ciclos de helada y deshielo: la variación de resistencia a compresión será menor del 10% y la variación de absorción de agua menor del 1% (EN 12091).
- Resistencia para soportar la manipulación y el tránsito durante y después de la construcción, por lo que la resistencia a compresión debe ser superior a 0,3 Mpa (300 kPa, 3 kp/cm²).

- Buena estabilidad dimensional: deformación menor del 5% en largo, ancho y espesor, a 70° y 48 horas (EN 1604).
- Fácil manipulación.
- Adecuado comportamiento al fuego.
- Imputrescible, incluso en contacto permanente con el agua.

Existen en el mercado algunos productos que cumplen estas características y que son los idóneos para cubiertas invertidas. El material que más se emplea es la placa de espuma rígida de poliestireno extrudido. Se suministra en planchas de dimensiones y peso fácilmente manejables, que generalmente se colocan sueltas o pueden adherirse, bien por puntos, bien en sus bordes. Deben colocarse a tope contrapeadas y tienen los bordes machihembrados o a media madera, para que encajen perfectamente y para contrarrestar las retracciones de las placas por causas térmicas.

Las características que se deben exigir al poliestireno extrudido están recogidas en la UNE EN 13164, y en la figura 3.14 se muestran las tolerancias de las dimensiones de las placas. Respecto a la resistencia a compresión, se clasifica este material de acuerdo con los niveles establecidos en la figura 3.15.

Para cubiertas invertidas se exige una resistencia a compresión superior a 0,3 MPa. Por lo tanto, como mínimo se empleará el XPS-CS (10/Y) 300 - EN 13164.

Otro material que empieza a ser utilizado, sobre todo por cuestiones medioambientales, es el corcho, ya que es un recurso natural (proviene del alcornoque) y renovable. Sin embargo, debe elegirse un producto que cumpla las condiciones anteriormente descritas de absorción de agua y resistencia a compresión. Presenta algunos inconvenientes técnicos como su menor manejabilidad, sus movimientos dimensionales debido a los cambios de humedad, y para evitar la acción del agua debe ir aglomerado con resinas.

El espesor del aislamiento se debe calcular para cada zona climática según el CTE-DB-HE1, siendo lo normal que esté comprendido entre 50 y 80 mm.

Las pérdidas de calor a través de la cubierta invertida son la suma de las normales de una cubierta convencional de igual constitución. Sin embargo, en el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica de la cubierta hay que tener en cuenta el efecto de la presencia de agua bajo el aislamiento y entre las juntas del mismo (fenómeno de infiltración).

La experiencia y diversos ensayos han demostrado que dicha infiltración no ejerce influencia en la temperatura superficial del techo de los locales situados inmediatamente bajo la cubierta cuando se dispone, por ejemplo, de un forjado de hormigón de 10 cm de espesor mínimo. La elevada inercia térmica de este tipo de estructura o de otros de similar resistencia térmica actúa de regulador de la temperatura, protegiendo al conjunto del riesgo de condensaciones.

DIMENSIONES		TOLERANCIAS	
Longitud o anchura (mm)	Longitud o anchura (mm)	Rectangularidad en longitud y en anchura (mm/m)	Planeidad máx. (mm/m)
UNE-EN 822	UNE-EN 822	UNE-EN 824	UNE-EN 825
< 1000	± 8	5	7
1000 a 2000	± 10	5	14
2000 a 4000	± 10	5	28
> 4000	± 10	5	35

Figura 3.14. Tolerancias del poliestireno extrudido (UNE EN 13164)

NIVEL	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (KPa)
CS (10/Y) 100	≥ 100
CS (10/Y) 200	≥ 200
CS (10/Y) 250	≥ 250
CS (10/Y) 300	≥ 300
CS (10/Y) 400	≥ 400
CS (10/Y) 500	≥ 500
CS (10/Y) 600	≥ 600
CS (10/Y) 700	≥ 700
CS (10/Y) 800	≥ 800
CS (10/Y) 1000	≥ 1000

Figura 3.15. Niveles de resistencia a compresión del poliestireno extrudido (UNE EN 13164)

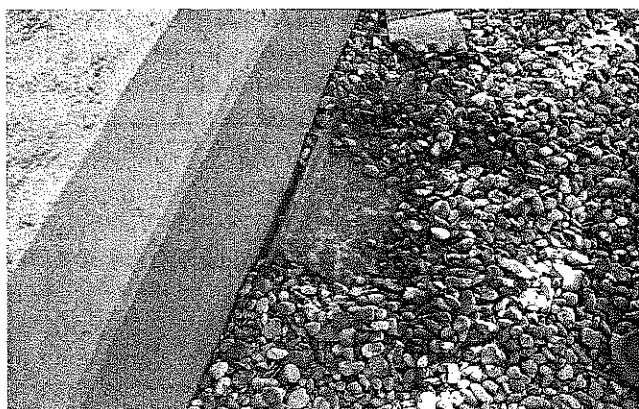


Figura 3.16. Capa separadora bajo grava

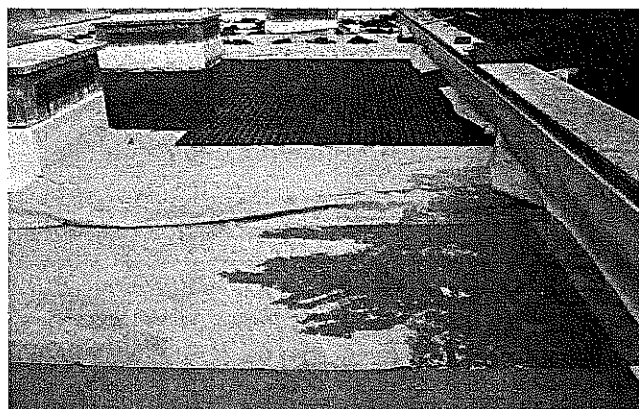


Figura 3.17. Capa separadora en cubierta ajardinada

Para tener cuantificadas estas pérdidas térmicas por infiltración se incrementa el coeficiente de transmitancia térmica determinado de forma habitual, mediante un suplemento cuyo valor depende de la relación entre la resistencia térmica de las zonas no afectadas por el contacto del agua de lluvia (soporte resistente o base) y la resistencia térmica total. La propia membrana impermeabilizante, situada a un nivel inferior de la superficie de deslizamiento de las aguas, se considera como parte integrante del soporte base a este efecto. En la práctica, se considera suficiente y muy del lado de la seguridad el aumentar un 10% el espesor del aislamiento térmico calculado convencionalmente.

3.3.5. Capas separadoras

Son productos que se interponen entre el resto de componentes de la cubierta para mantener la durabilidad y la eficacia del sistema. Tienen que ser imprescindibles.

Se emplean para: evitar la adherencia entre algunos de los otros componentes de la cubierta, permitir los movimientos diferenciales entre ellos, separar el aislamiento térmico de la protección, proporcionar protección física y química entre materiales que sean incompatibles y actuar como filtrante en cubiertas ajardinadas.

Algunos tipos de capas separadoras y su empleo se recogen en el cuadro de la figura 3.18.

3.3.6. Capas de protección y acabado

Tienen la misión de evitar la flotabilidad del aislante y de la impermeabilización, y proteger a éstos de la radiación solar y de la acción del viento.

Tanto la impermeabilización como los materiales aislantes térmicos necesitan una protección y/o acabado para no ser atacados por los rayos ultravioletas. Además corren el riesgo de ser succionados por el

viento, ya que presentan gran superficie y relativo poco peso, y en muchos casos no se adhieren al soporte. Por ello, es necesaria una capa de protección.

El tipo de protección depende principalmente del uso que vaya a tener la cubierta (figura 3.19): no transitable, transitable, ajardinada, inundada de agua, de tráfico rodado. Los materiales que se pueden emplear se describen en el apartado 3.4 en función del uso de la cubierta.

3.3.7. Evacuación de aguas

La recogida de aguas en las cubiertas planas invertidas es normalmente interior. En caso de llu-

via, dada la situación de la membrana impermeabilizante por debajo de la capa aislante, la evacuación del agua se realiza por encima, por debajo y entre las juntas de las placas aislantes. Los puntos de evacuación deben ser cuidadosamente pensados y distribuidos.

Lo más frecuente y que da mejor resultado en cubiertas planas es concentrar la recogida de aguas en puntos. Por ello se utilizan sumideros, aproximadamente 1 sumidero por cada 80 m² ó 100 m². Deben situarse alejados al menos 50 cm de los rincones o esquinas y de cualquier paramento vertical para facilitar la ejecución de la impermeabilización (figura 3.20).

EMPLEO	TIPO DE CAPA SEPARADORA
Para evitar el contacto de materiales químicamente incompatibles. Por ejemplo: – Entre láminas impermeables. – Entre láminas impermeables (de alquitrán o de PVC) y aislamientos de poliestireno.	– Película de plástico. – Fieltro de fibra de vidrio. – Fieltro sintético geotextil de 200 g/m ² de masa, como mínimo. – Capa de mortero de cemento, de 2 cm de espesor mínimo. – Hoja de aluminio liso de 50 micras, para pendientes > 5%.
Para evitar la adherencia entre el soporte base y la impermeabilización.	– Fieltro de fibra de vidrio. – Fieltro sintético geotextil. – Película de plástico.
Para evitar el punzonamiento, cuando la impermeabilización tiene una resistencia al punzonamiento estático inferior a: – 25 kg, con uso peatonal público y cubiertas ajardinadas. – 30 kg, con uso tráfico de vehículos.	– Fieltros no tejidos, de gramaje que permita superar el valor de carga máxima de punzonamiento estático que se determina mediante el ensayo que se describe en la norma UNE 104281.
En cubiertas convencionales, cuando la protección son losas apoyadas sobre soportes.	– Sobre la impermeabilización, capa separadora que puede ser de mortero.
En cubiertas invertidas con pavimento flotante, para uso peatonal. Para evitar el punzonamiento del aislante térmico.	– Fieltros no tejidos, de gramaje que permita superar el valor de carga máxima de punzonamiento estático.
Para impedir el paso de áridos finos: – En cubiertas invertidas con protección de grava (*). – En cubiertas ajardinadas con protección de tierra vegetal.	– Fieltro sintético filtrante.
Cuando la protección sea tierra vegetal.	Capa drenante: – Material prefabricado a base de lámina nodular con fieltro sintético adherido. – Capa ≥ 20 cm de áridos de diámetro > 10 mm.
(*) Si la grava es de canto rodado, la capa separadora será filtrante y en el caso de que sea de machaqueo, además será antipunzonante.	

Figura 3.18. Tipos de capas separadoras

TIPOS DE CAPAS DE PROTECCIÓN	
USO	PROTECCIÓN
Para cubiertas no transitables	– Grava – Losa ligera
Cubiertas transitables	– Losa filtrante – Placas flotantes – Placas fijas
Cubiertas ajardinadas	– Tierra vegetal
Cubierta inundada	– Agua
Cubierta tráfico rodado	– Capa de rodadura

Figura 3.19. Capas de protección

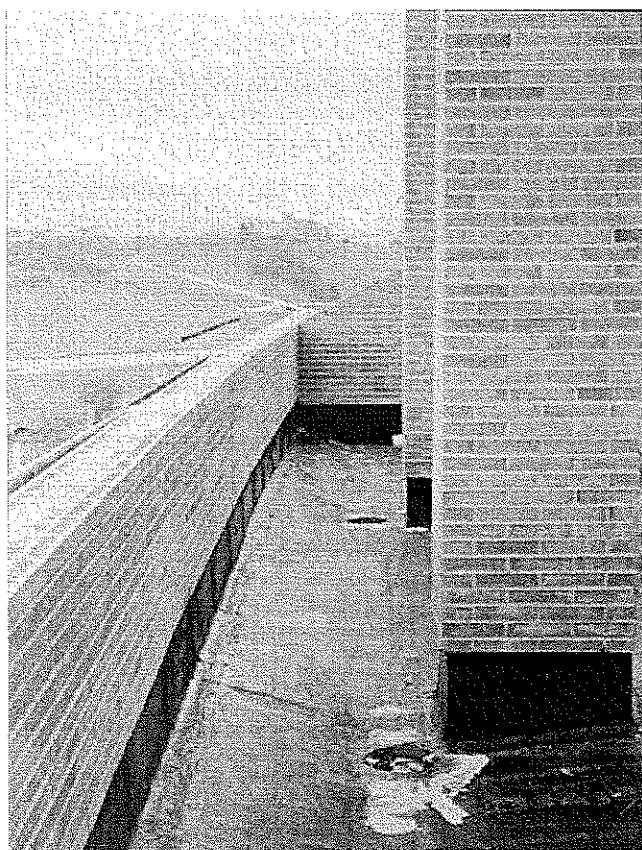


Figura 3.20. Ejecución de sumideros

El borde superior de los sumideros debe quedar por debajo del nivel del faldón de la cubierta, y la unión con la bajante por debajo de la cara inferior del forjado; además, el sumidero debe estar inmobilizado con el soporte y presentar estanquidad con la bajante.

Los sumideros estarán dotados de un dispositivo de retención de los sólidos que pudieran obstruir las bajantes. Normalmente se utilizan paragavillas o elementos similares que sobresalen del nivel de la capa exterior para evitar el riesgo de obturación (figuras 3.21 y 3.23), excepto en cubiertas transitables en las que se emplean rejillas enrasadas con el pavimento o sumideros en el plano inferior de la capa de protección cuando ésta es flotante.

La impermeabilización se dobla en torno a los sumideros, preparando un embocamiento seguro y eficaz dentro de la cazoleta y previendo bandas impermeables de refuerzo en estos puntos. Para mejorar la estanquidad en estos puntos se utilizan piezas especiales prefabricadas, que incorporan en el borde superior un ala de 10 cm de anchura como mínimo, y que son de material compatible con el tipo de impermeabilización (figuras 3.22 y 3.23). Ésta debe prolongarse 10 cm como mínimo por encima de las alas. Los detalles de encuentro con el sumidero se recogen en el punto 3.5.9. de este capítulo.

El drenaje de la cubierta debe realizarse de forma que no permanezca agua embalsada en la zona del aislante térmico. Además, en el encuentro con el sumidero, las planchas aislantes pueden ajustarse empleando para ello herramientas adecuadas.

Cuando por razones de diseño de la cubierta no pueda realizarse la evacuación con sumideros horizontales, pueden utilizarse laterales o canalones. En este caso, el borde superior del mismo debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta.

Las características de las bajantes de pluviales se recogen en el capítulo 4, apartado 4.6.2.

3.4. TIPOS DE CUBIERTAS PLANAS

3.4.1. Cubierta no transitable

Es aquella que únicamente es visitable a efectos de mantenimiento o reparación. Se puede resolver con capa de protección de grava, losas ligeras o incluso con materiales y soluciones propias de las cubiertas transitables.

Grava

La pendiente tiene que ser menor del 5% para que no se desplace la grava, aunque es más conveniente que no supere el 3% y se aconseja el 1,5%. Las características que debe reunir este tipo de protección son:

- Ser de canto rodado.
- Estar limpia y carecer de sustancias extrañas.
- El diámetro de la grava debe estar comprendido entre 16 y 32 mm; ni tan pequeña que se puede escapar por los desagües, ni tan grande que haga difícil su colocación y extendido.
- El espesor mínimo de la capa debe ser 5 cm.

En las cubiertas con protección de grava es necesario:

- Colocar una capa separadora entre ésta y el aislamiento, que puede ser un fieltro sintético filtrante, para impedir que se deteriore el aislante térmico por el paso de áridos finos.
- Prever pasillos de mantenimiento en las zonas de mayor tránsito, como las de acceso a instalaciones, antenas, etc. (figuras 3.24 y 3.25).

Se tendrá en cuenta, además, el lastre de grava adecuado en función de las diferentes zonas de expo-



Figura 3.21. Paragravillas

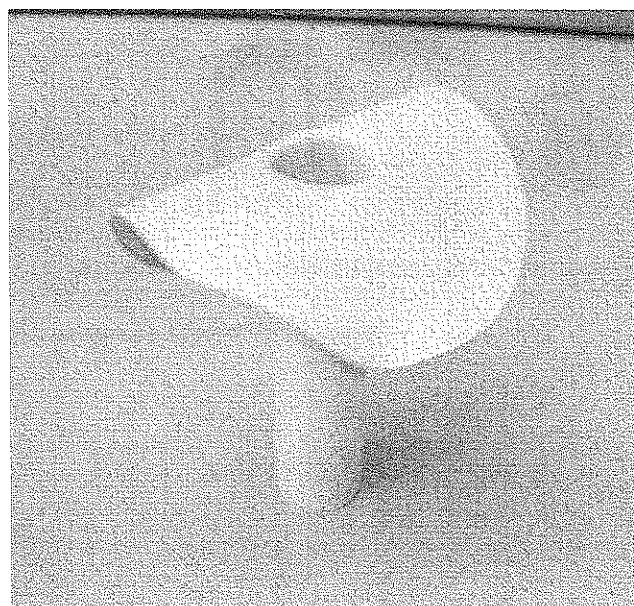


Figura 3.22. Sumidero prefabricado

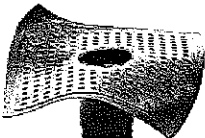
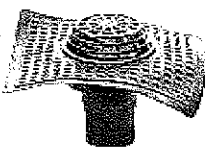
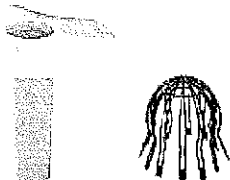
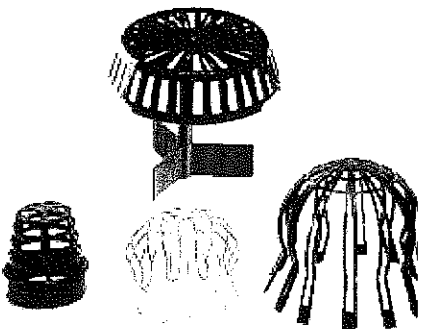
PRODUCTOS PARA EVACUACIÓN DE AGUAS EN CUBIERTAS PLANAS		
TIPO	CARACTERÍSTICAS	ø mm
	La cazoleta de eEDPM se compone de una arandela y un manguetón. La arandela tiene pequeños hoyos en líneas cruzadas que permiten la penetración en el asfalto y una adherencia perfecta a la membrana bituminosa.	De 40 a 200 mm
	Cazoleta sifónica de EDPM, provista de cubeta (sifón) y sombrerete, protegida por un paragravillas. Se compone de manguetón para la colocación en la bajante y arandela para la fijación a la lámina impermeable.	80 90 100 110
	Cazoleta de PVC para colocación en impermeabilizaciones realizadas con lámina de PVC. Soldadura entre arandela y lámina por termofusión.	60 80 100 120 150
	Paragravillas de polietileno, cinc, cobre y acero inoxidable.	De 60 a 200
Datos proporcionados por Impermeabilizaciones Españolas, S.A.		

Figura 3.23. Productos del sistema de evacuación de aguas para cubiertas planas

sición en la cubierta. El peso del canto rodado será el que se recoge en la tabla de la figura 3.26, en función de la altura del edificio y de la zona de la cubierta, ya que los petos influyen en la intensidad de las succiones producidas por el viento.

Losa ligera

Se trata de placas del aislamiento de poliestireno extrudido que incorporan una capa de 1 cm de mortero como protección contra el viento y los rayos ultravioletas. Por lo tanto, tienen la misión de aislamiento térmico y de protección, pero su uso es para cubiertas no transitables. Proporcionan una ejecución fácil y un acabado adecuado para las labores de mantenimiento.

Son muy apropiadas para rehabilitación de edificios, ya que el peso de las placas es de 25 kg/m^2 , por lo que aligeran la concarga de la cubierta. Sin embargo, hay que asegurar la estabilidad de las placas frente a la succión del viento dejando juntas entre ellas, y en caso necesario se deben lastrar en el perímetro y en las esquinas.



Figura 3.24. Cubierta de grava con pasillos para mantenimiento



Figura 3.25. Detalle de cubierta de grava con pasillos de mantenimiento

LASTRE DE GRAVA RECOMENDADA				
TIPO DE CUBIERTA	ALTURA DEL EDIFICIO	ZONA CENTRAL (A)	ZONA DE BORDE (B)	ZONA ESQUINA (C)
Convencional	Hasta 8 m	80 kg/m ²	100 kg/m ²	160 kg/m ²
	8 a 20 m	110 kg/m ²	160 kg/m ²	220 kg/m ²
	≥ de 20 m	125 kg/m ²	180 kg/m ²	240 kg/m ²
Invertida	Hasta 8 m	100 kg/m ²	130 kg/m ²	175 kg/m ²
	8 a 20 m	130 kg/m ²	190 kg/m ²	250 kg/m ²
	≥ de 20 m	150 kg/m ²	225 kg/m ²	300 kg/m ²
Nota: Cuando la lámina va fijada perimetralmente y en los encuentros con puntos singulares, se puede admitir que el lastrado perimetral sea igual que el central.				
Zona central (A): 80% de la menor dimensión del edificio.				
Zona de borde (B): 10% de la menor dimensión del edificio y como mínimo 1,50 m.				
Zona de esquina (C): 10% x 10% de la menor dimensión del edificio y como mínimo 1,50 x 1,50 m.				

Figura 3.26. Lastre de grava recomendada

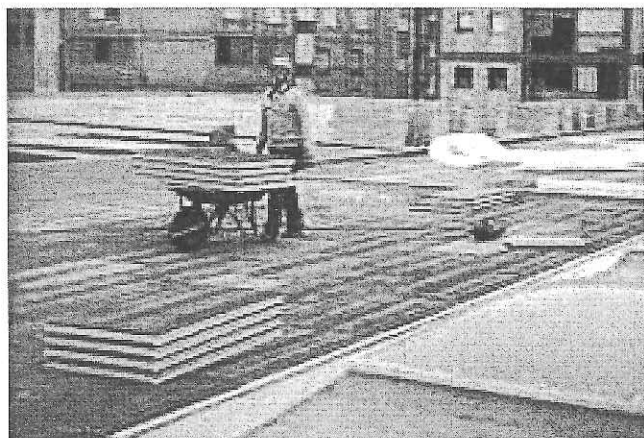


Figura 3.27. Losa ligera (Texsa)

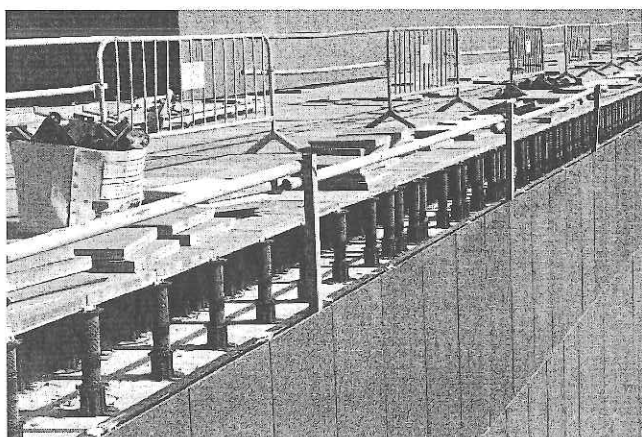


Figura 3.28. Cubierta no transitable (Arq. Patxi Mangado)

Otras soluciones en cubiertas no transitables

En ocasiones, la imagen proyectual condiciona el uso de materiales y soluciones propias de cubiertas transitables, donde la capa de protección tiene continuidad con el revestimiento de la fachada, y se resuelven con materiales iguales o similares. Sin embargo, al no disponer de elementos de seguridad para su uso, no pueden considerarse como transitables; como ejemplo puede servir la cubierta del Ba-

luarte (Palacio de Congresos de Pamplona, del arquitecto Patxi Mangado) representada en las figuras 3.28 y 3.29. En otros casos, como en la vivienda en Moledo (Portugal) del arquitecto Souto de Mora, la capa de protección es de hormigón poroso que filtra el agua al nivel inferior, y cuya elección se justifica como ejemplo de adaptación al entorno rocoso y agreste en el que se sitúa el edificio, pero con carácter de cubierta no transitable (figura 3.30).

3.4.2. Cubierta transitable

Para tránsito peatonal en una cubierta, se pueden utilizar distintas capas de protección, desde losas filtrantes a placas flotantes o fijas.

Losa filtrante

Existen placas similares a las losas ligeras anteriormente comentadas, pero que pueden ser utilizadas para cubiertas transitables. En este caso, el espesor de la capa superior de mortero es de 4 cm y se compone de un hormigón poroso de alta resistencia que absorbe el agua de lluvia para desplazarla a través de las juntas de las placas a la membrana impermeable y a los desagües (figura 3.31).

La capacidad de almacenamiento de agua de la losa filtrante es de 15 l/m² y la permeabilidad del hormigón superior es de 18 l/s y m², lo que supone 6,5 l/s por cada losa. Aunque se recomienda utilizar las mayores dimensiones de losas, superar los 60 x 60 cm dificulta la colocación de las piezas por un solo operario. Las características de estas placas se recogen en la tabla de la figura 3.33.

Placas flotantes

Se emplean para cubiertas transitables donde las piezas de protección se colocan sobre distanciadores o

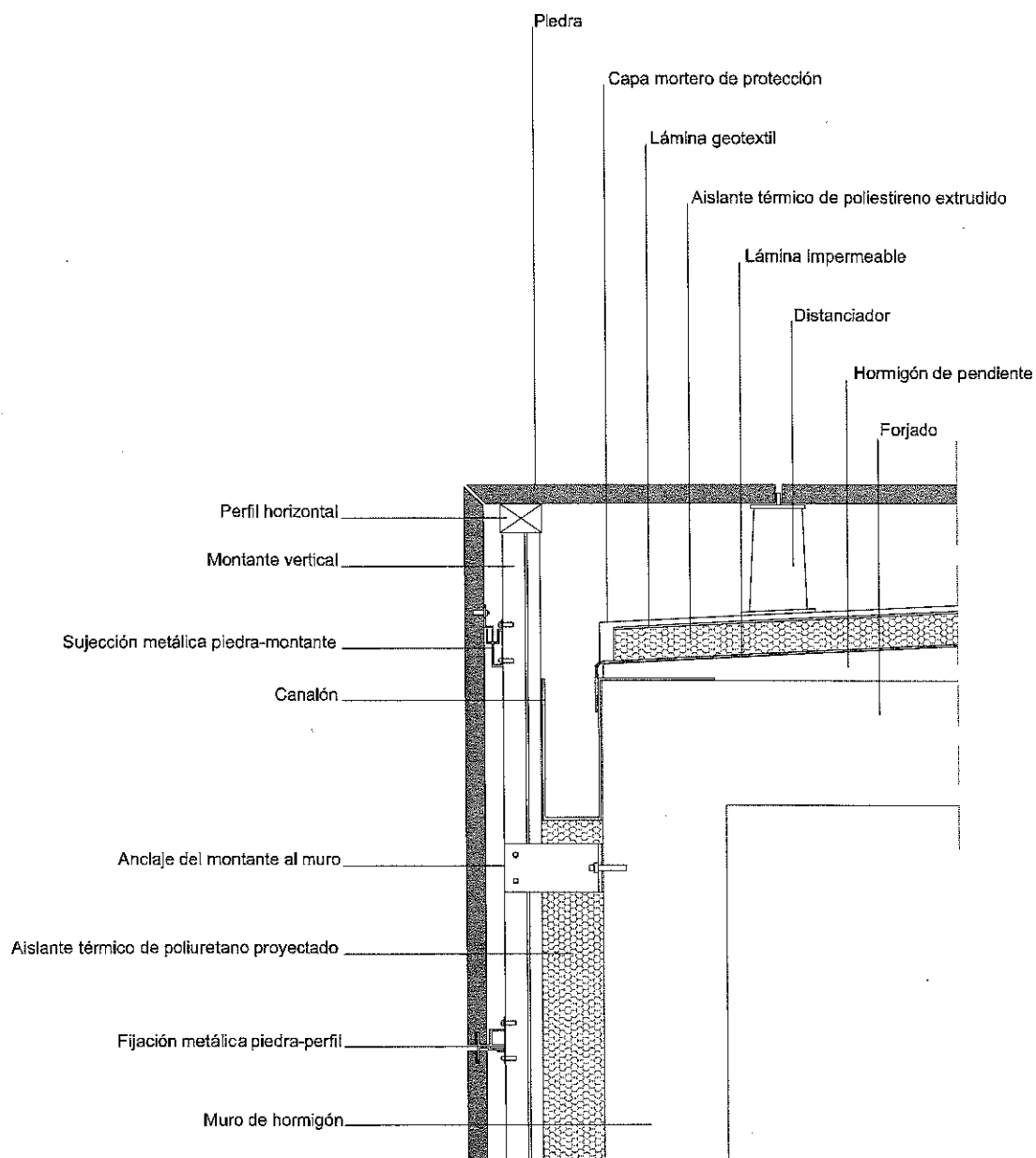


Figura 3.29. Sección de cubierta no transitable. Esquema (Arq. Patxi Mangado)

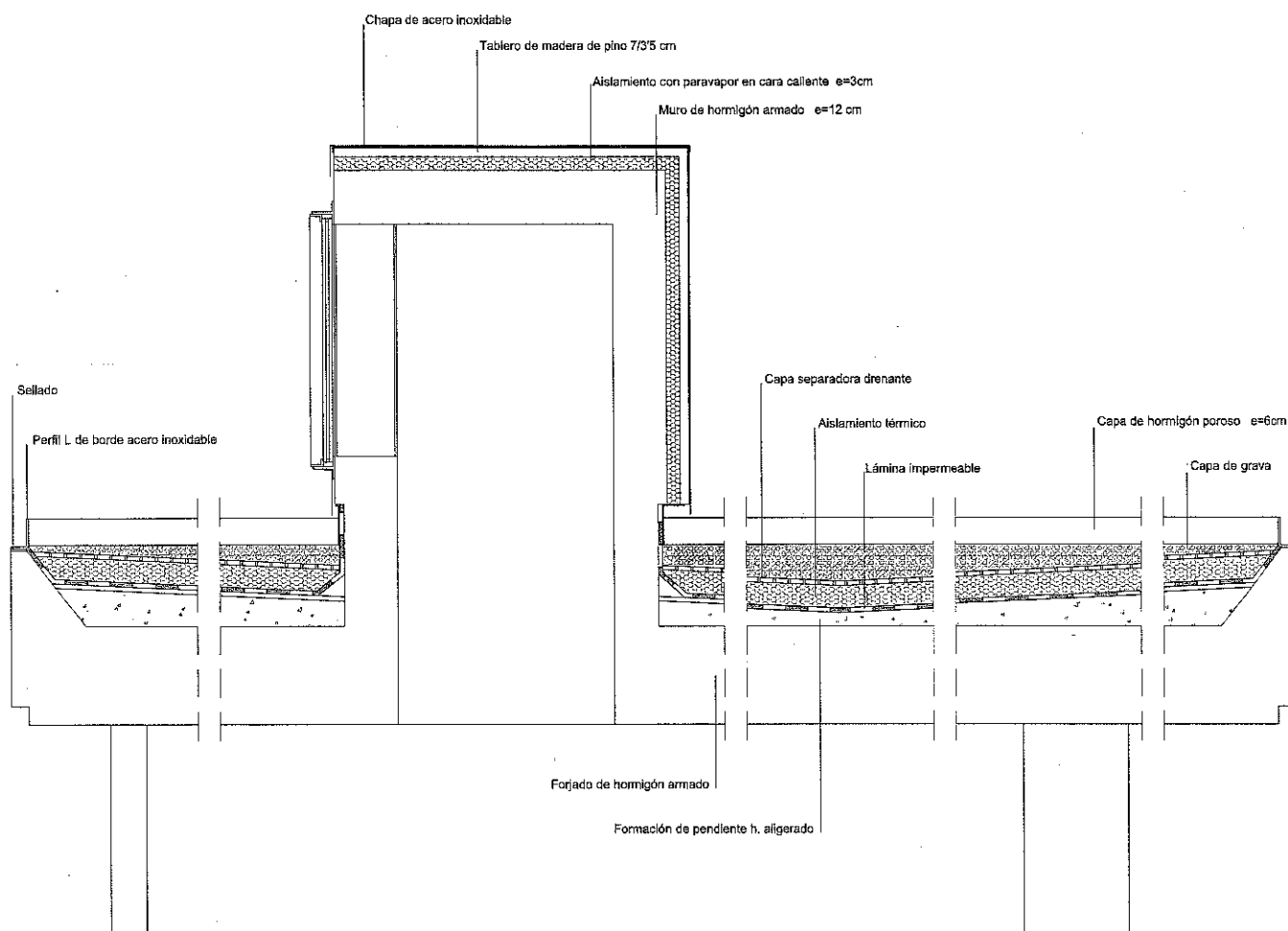


Figura 3.30. Sección de cubierta de capa de protección de hormigón filtrante. Esquema (Arq. Souto de Mora)

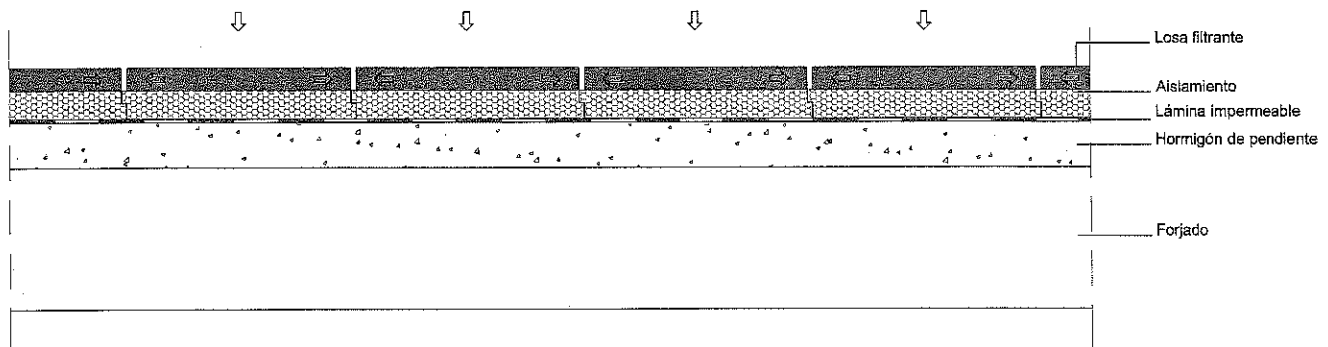


Figura 3.31. Capa de protección. Losa filtrante

subestructuras. Con este sistema se consigue una cámara de aire entre el aislamiento y la protección que mejora el comportamiento higrotérmico, y que puede aprovecharse para disponer instalaciones (figura 3.34). Las juntas entre las placas permiten la dilatación de las piezas y el drenaje, así el agua se filtra a través de las juntas y llega al nivel inferior hasta la impermeabilización y los desagües.

Las placas pueden ser:

- Baldosas de gres con espesores y características específicas para su utilización en exteriores.
- Placas de piedra natural (mármol, arenisca, granito, pizarra) con espesores de 3 a 4 cm, dependiendo de la resistencia del material (figura 3.34).
- Baldosa de piedra artificial o sintética. Es una baldosa monocapa compuesta por áridos, generalmente provenientes de la molienda del tipo de piedras que se desea imitar, con o sin colorantes y aglomerados con resinas de poliéster especiales no saturadas. Presentan texturas lisas o ligeramente granuladas.
- Piezas compuestas por tablas de madera (figura 3.35).

Además de estos materiales se puede colocar cualquier tipo de protección sobre la cubierta plana ya que como hemos visto, la capa superior de protección no tiene la misión de estanquidad y el agua se filtra a través de ésta y desagua al nivel de la impermeabilización. Por lo tanto, se puede disponer una subestructura metálica o de madera sobre la que



Figura 3.32. Capas de la losa filtrante para cubiertas transitables

CARACTERÍSTICAS DE LA LOSA FILTRANTE (*)					
DIMENSIONES	UNIDADES	TIPO R-7	TIPO R-8	TIPO R-9	TOLERANCIA
Superficie poliestireno extrudido	mm	600 x 600	600 x 600	600 x 600	± 2 mm
Superficie hormigón	mm	590 x 590	590 x 590	590 x 590	± 1 mm
Espesor poliestireno extrudido	mm	30	40	50	± 2 mm
Espesor total	mm	65	75	85	± 10%
Peso	kg/m²	75	75	75	± 10%
	kg/ud	26	26	26	± 10%
Resistencia térmica	m² · °C/W	1,034	1,387	1,740	± 10%
Color	Gris o blanco				
Textura	Gruesa o fina				
Resistencia térmica sistema R-Matic (Th °C = 36,18; Ts °C = 10,53) para losas R-8				1,159 m² · °C/W	
Resistencia térmica media de losa, en cámara climática para un conjunto de 9 losas tipo R-8				1,29 m² · °C/W	
Vida útil mínima del hormigón estructural				15 años	
R característica a compresión del hormigón estructural				175 kg/cm²	
R característica a flexotracción del hormigón estructural				> 35 kg/cm²	
Resistencia a compresión mínima del aislante térmico				3 kg/cm²	
Resistencia a impactos: cumple las directrices U.E.A.T.C. para aislamientos exteriores					
Permeabilidad del hormigón estructural				6,5 l/s	
Porosidad del hormigón estructural				30,75%	
Textura superficial (coef. del método "círculo de arena")				1,48	
Absorción máx. de agua de la base de poliestireno extrudido; % en volumen				0,5	
Capilaridad de la base de poliestireno extrudido: No presenta ascensos capilares					
Ciclos hielo-deshielo: No tiene influencia durante la vida útil mínima de la losa					
Succión por viento: En cubierta con peto perimetral de altura igual o superior al espesor de la losa Filtrón, se podrá colocar la losa en cualquier zona eólica, aunque la altura máxima de la cubierta dependerá de ésta. Para cubiertas en zona eólica normal, la altura sobre el nivel del suelo de la cubierta puede llegar a los 60 m.					
Desprendimiento de áridos superficiales: Es imperceptible, para una utilización normal de la losa.					
Comportamiento al fuego					
Hormigón estructural				No combustible	
Hormigón superficial				No combustible	
Base aislamiento térmico				Difícilmente inflamable	
Aislamiento acústico					
Ruido aéreo: Mejora promedio de 2,5 dB, en rango de frecuencia entre 0 y 4.000 Hz.					
Ruido de impactos: Mejora promedio de 11 dB, en rango de frecuencia entre 0 y 2.500 Hz.					
(*) Nota: Datos suministrados por Intemper Española, S.A.					

Figura 3.33. Características de la losa filtrante (*)

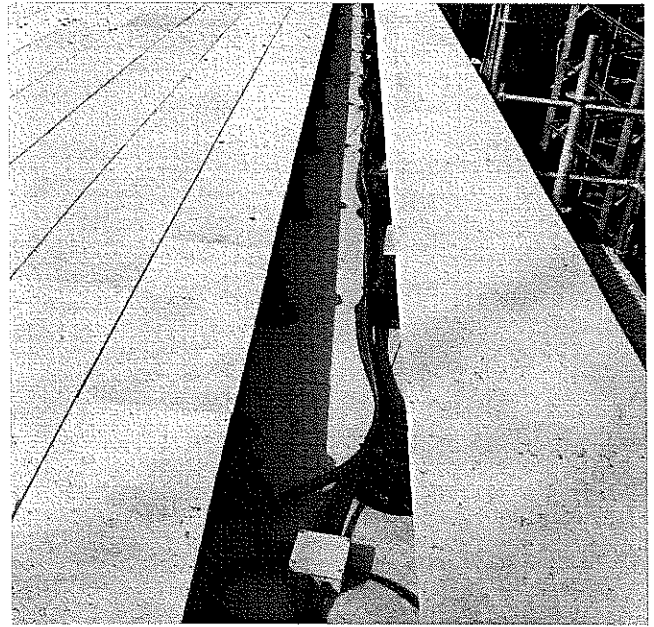
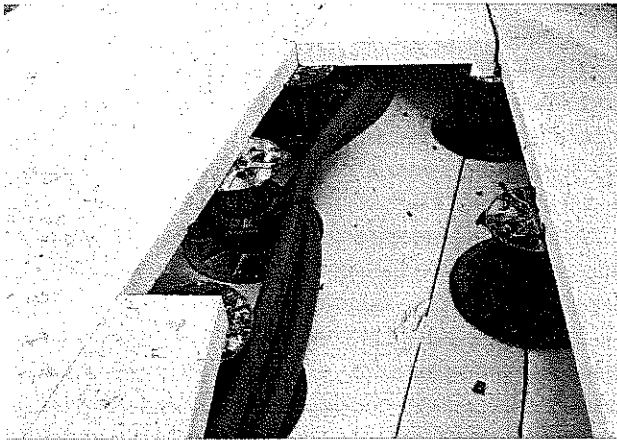


Figura 3.34. Placas de piedra sobre soportes

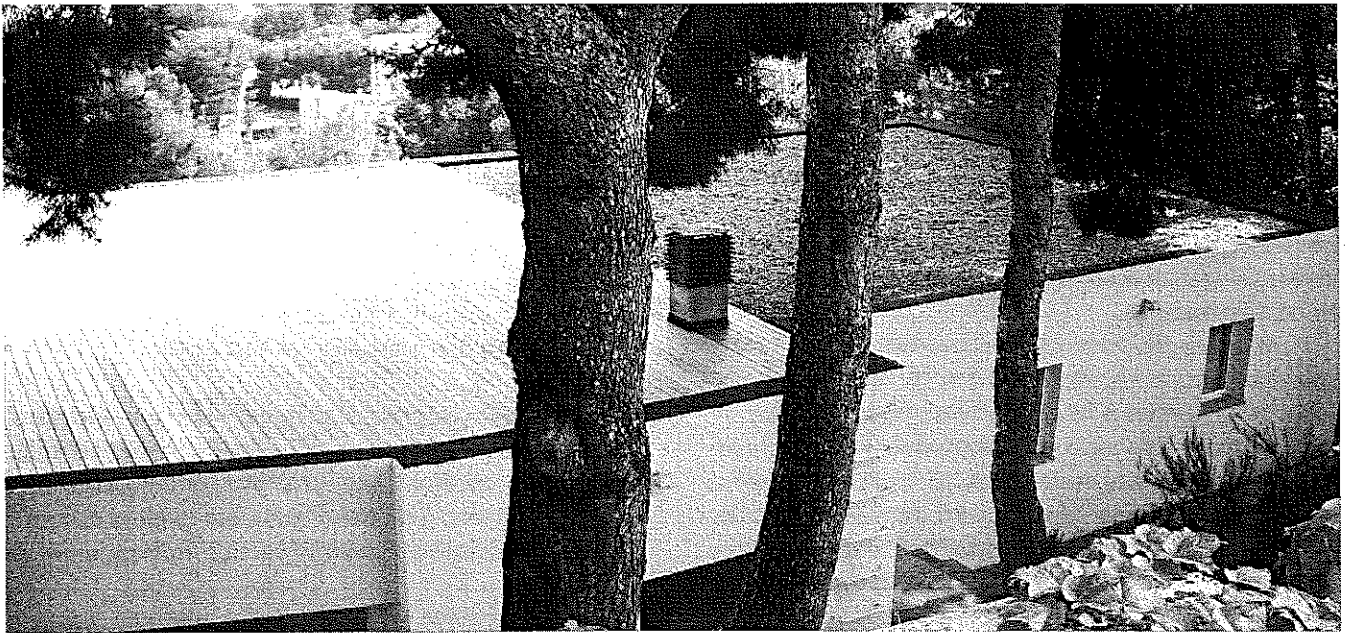


Figura 3.35. Capa de protección de madera

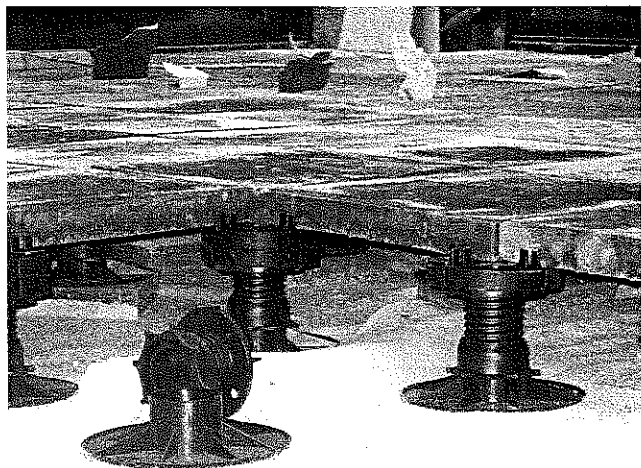


Figura 3.36. Distanciadores de material termoplástico

fijar la última capa que puede ser de lamas de madera o metálicas, mallas de acero, etc. Esto es posible siempre que se garantice la no succión del viento de los componentes subyacentes, y la protección contra los rayos ultravioleta del material inferior si éste no cumple esta misión.

Las placas y baldosas se calculan para que puedan absorber los esfuerzos de flexión que soportarán al estar apoyadas en las cuatro esquinas o en dos bordes. Su espesor dependerá de la separación entre soportes, de las características mecánicas del material y de las sobrecargas.

Las piezas de protección se pueden apoyar sobre subestructuras puntuales o lineales. La ventaja del empleo de las primeras es la sencillez de ejecución y el mejor filtrado del agua, mientras que las segundas permiten disminuir el espesor de las piezas de piedra al estar apoyadas en dos o cuatro lados en lugar de en cuatro puntos, una mayor libertad en el despiece del pavimento (cuando las placas se apoyan en dos bordes) y en las dimensiones de la pieza.

Los soportes o distanciadores puntuales deben tener una base amplia para no sobrecargar puntual-

mente el aislamiento. En general, los materiales que se emplean son tacos de mortero de cemento, discos de hormigón encajables unos en otros, material termoplástico con una cruceta que ayuda a replantear el pavimento y a regularizar el ancho de las juntas entre baldosas. Estos últimos pueden ser fijos o regulables en altura (figuras 3.36 y 3.37).

Con soportes regulables se puede hacer una cubierta totalmente horizontal a nivel superficial y con las pendientes para desaguar en su nivel inferior, lo que supone una ventaja cuando su uso es transitable (figuras 3.38 y 3.85).

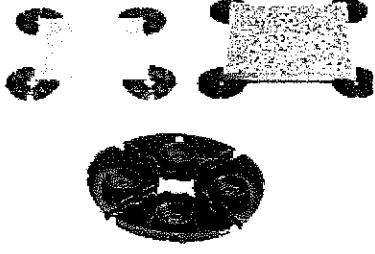
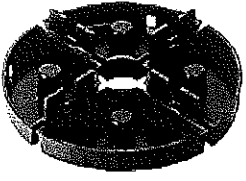
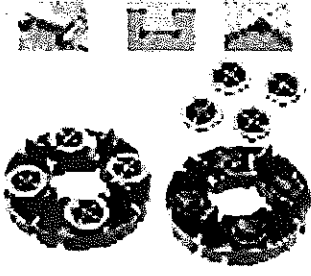
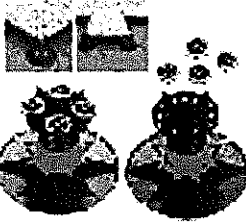
Cuando las placas se sustentan en dos o en cuatro lados sobre subestructuras lineales como perfiles metálicos (figura 3.39), se calculan éstos para la condición de flecha y para las cargas y sobrecargas que reciben. Es importante la elección del material del soporte para evitar corrosiones a lo largo de la vida útil, siendo conveniente que sean de acero inoxidable o galvanizado, o de aluminio. Asimismo se debe evitar la acumulación de agua en el perfil mediante perforaciones o discontinuidades.

Placas fijas

La colocación de las placas totalmente adheridas con mortero de cemento es una práctica muy extendida. En ocasiones se debe al desconocimiento del funcionamiento de la cubierta invertida, o bien a que el uso de la terraza es público y se desaconseja dejar las placas sueltas por problemas de vandalismo.

Se pueden emplear los siguientes materiales: baldosas y piedra natural recibidas con mortero, adoquín sobre lecho de arena (figura 3.40), hormigón o mortero filtrante, etc. El material tiene que tener una forma y unas dimensiones compatibles con la pendiente de la cubierta.

Se debe evitar la colocación a hueso de las piezas, y se requiere realizar juntas de dilatación tal y como se describe en el punto 3.5.1.

TIPO	CARACTERÍSTICAS	ø-mm	TIPO BALDOSA
	Permite una pavimentación con baldosas en cerámica con un espesor mínimo de 10 mm. Puede ser utilizado con las baldosas normales de hormigón.	145	50 x 50 40 x 40
	Permite realizar embaldosados aislados con la lámina impermeabilizante, transformando las cubiertas planas en terrazas, balcones, pasajes peatonales y aparcamientos. Este soporte es resistente a los agentes atmosféricos y al hielo.	145	50 x 50 40 x 40
	Diseñado para solucionar el problema de pavimentación en techos planos, cuando hay que ponerla sobre la impermeabilización. El soporte permite realizar embaldosados, aislados con la lámina impermeabilizante transformando las cubiertas planas en terrazas, balcones, pasajes peatonales y aparcamientos. Puede ser utilizado con cuatro niveladores flexibles para controlar el balanceo de las baldosas en caso de desnivel.	150	50 x 50 40 x 40
	Soporte para baldosas de hormigón. Se compone de una base, un anillo regulador de altura y de un soporte fileteado sobre el cual se colocan las baldosas. Puede regularse en altura de 7 a 12 cm.	205	50 x 50 40 x 40

Nota: Datos suministrados por Impermeabilizaciones Españolas, S.A.

Figura 3.37. Tipos de soportes termoplásticos

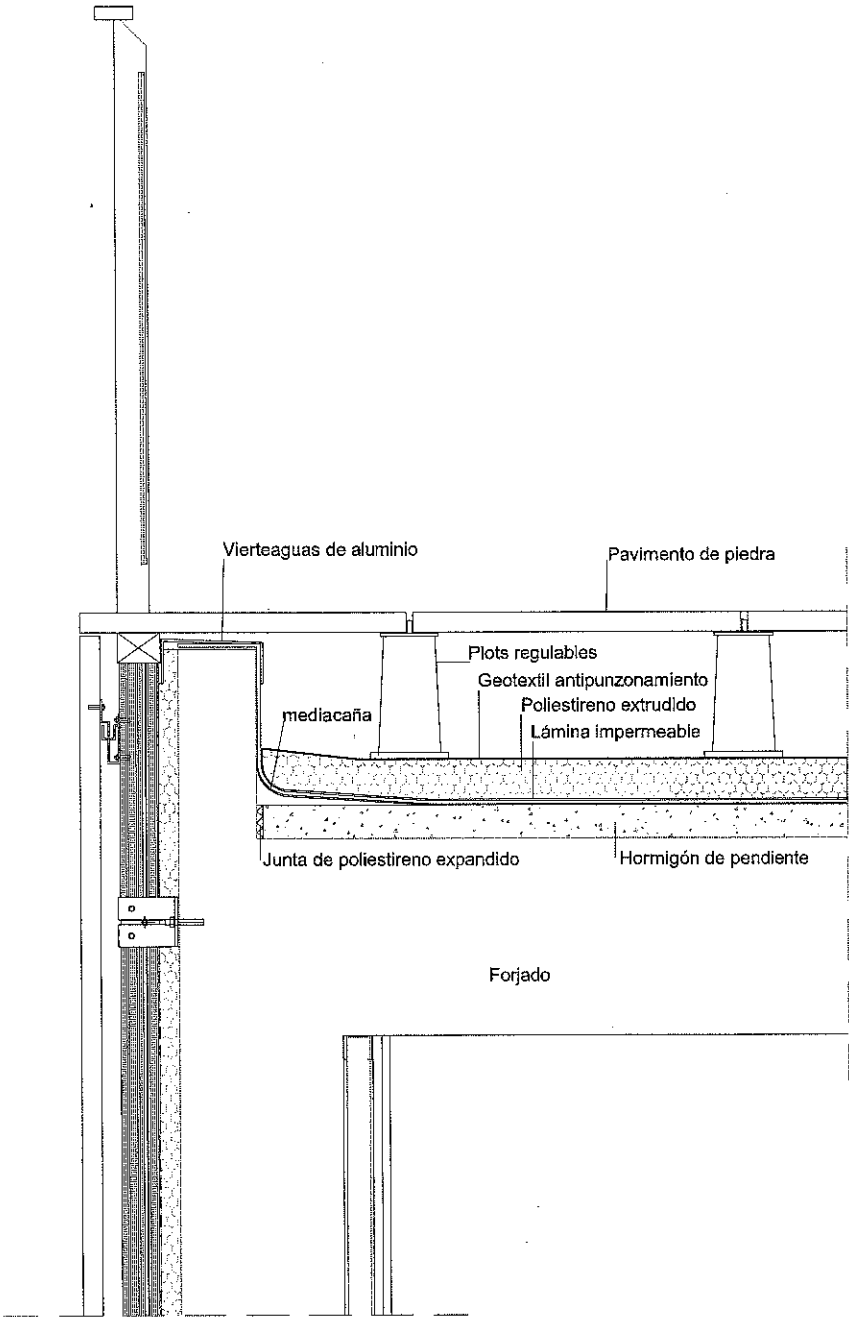


Figura 3.38. Cubierta con placas sobre soportes regulables

3.4.3. Cubierta ajardinada

Esta cubierta, que está teniendo un gran desarrollo en la actualidad, se destina a ser utilizada como área de plantación con fines recreativos, estéticos o medioambientales. Se caracteriza porque como protección se dispone una capa de tierra vegetal sobre la que se plantan distintas especies vegetales. Surgen dos grupos diferenciados de cubiertas: las cubiertas ajardinadas extensivas, también llamadas ecológicas y las intensivas. Las diferencias existentes entre ambas son las siguientes:

- Las extensivas ecológicas son aquéllas en las que el espesor de la capa de tierra es menor de 15 cm. Las plantas utilizadas son de bajo porte y no suelen sobrepasar los 10-12 cm de altura. Por otro lado, las necesidades de mantenimiento y riego son mínimas.
- Las intensivas son aquéllas en las que el espesor de la capa de tierra es mayor de 15 cm, dependiendo del tipo de plantación que se quiera disponer. No existe limitación en la elección de árboles o arbustos, excepto en los de gran potencial radicular. Requiere riego y un mantenimiento periódico. El ajardinamiento sobre garajes subterráneos y cubiertas dedicadas al ocio suelen pertenecer a este grupo.

Los principales beneficios de las cubiertas ajardinadas sobre el edificio son: mayor aislamiento térmico y acústico, prolongación de la vida de la impermeabilización, aprovechamiento de la superficie superior, y revalorización del edificio. Sobre el entorno mejoran la calidad del aire, retienen partículas contaminantes, disminuyen las emisiones de CO₂, reducen el volumen de escorrentía, mejoran el paisaje urbano y son un hábitat natural para aves y plantas. La utilización del suelo excavado en el emplazamiento para la construcción de la cubierta, asegura el crecimiento de la vegetación autóctona.

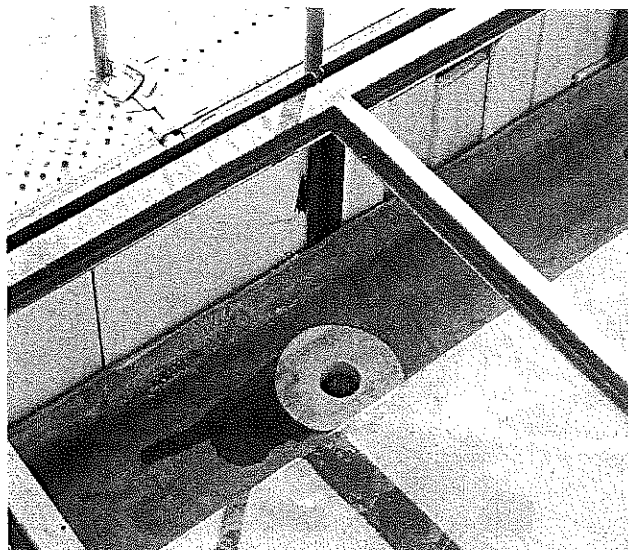


Figura 3.39. Subestructuras lineales para apoyo de las placas de piedra

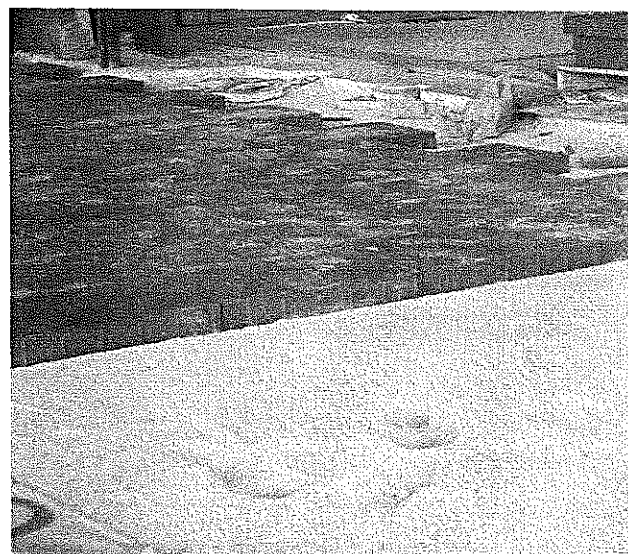


Figura 3.40. Capa de protección fija en una cubierta

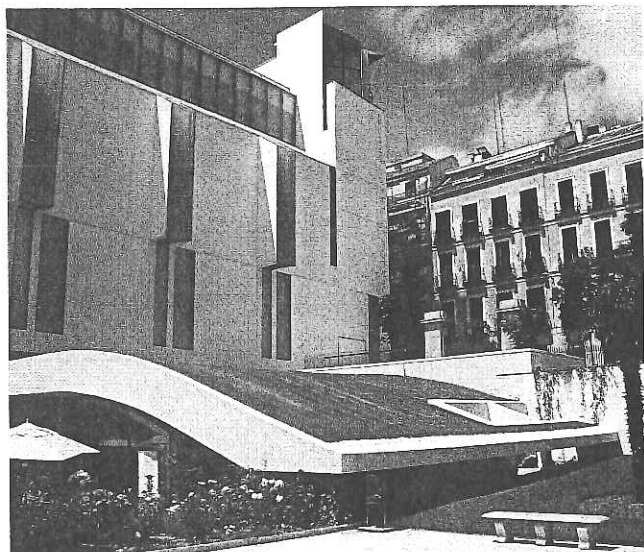


Figura 3.41a. Cubierta ajardinada

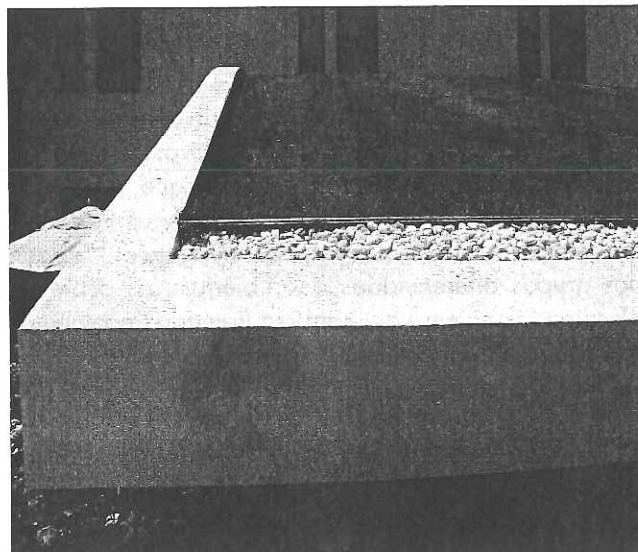


Figura 3.41b. Cubierta ajardinada. Recogida de aguas

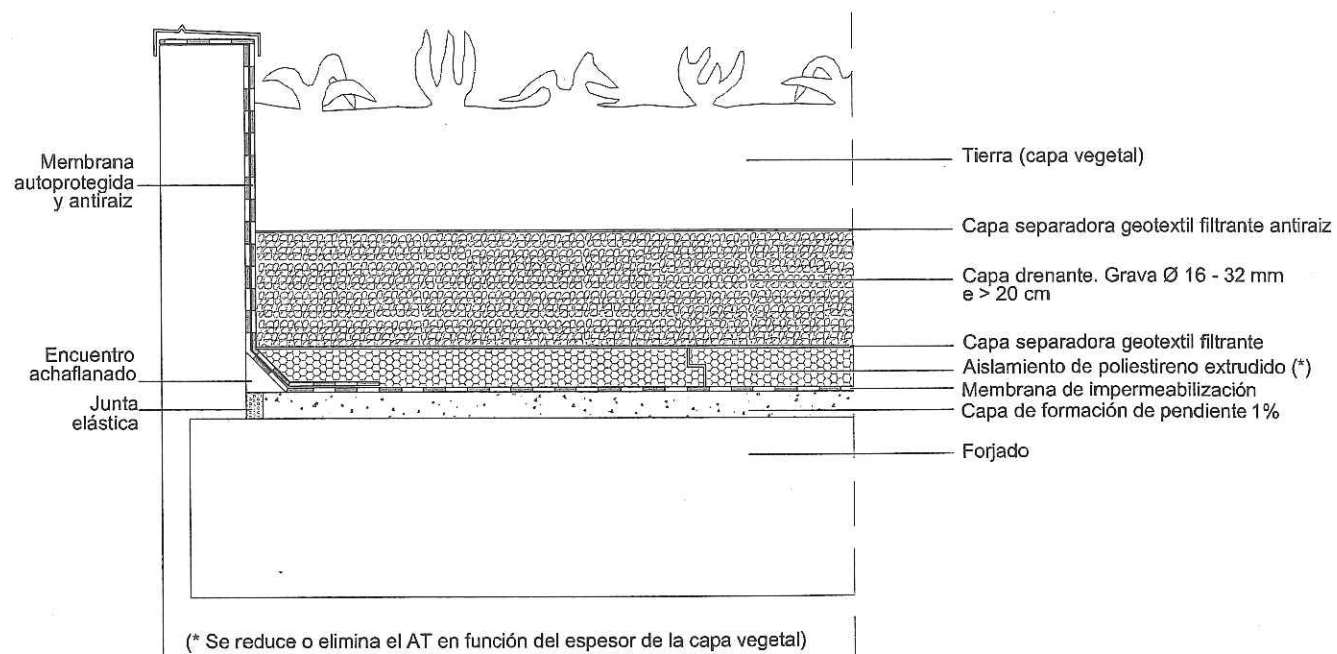


Figura 3.42. Detalle de cubierta ajardinada con capa drenante de grava

La plantación de especies de hoja caduca sobre este cerramiento, lo protege de la radiación solar directa en verano.

Los componentes de la cubierta ajardinada y el orden en que se colocan son los siguientes:

- Capa de formación de pendiente de espesor mínimo.
- Membrana impermeabilizante.
- Aislamiento térmico. En función del espesor de la capa de tierra vegetal, no será necesario disponer este elemento. Sin embargo, casi todas las cubiertas ajardinadas lo incorporan para disminuir el peso, a no ser que se requiera un espesor de tierra considerable para plantar determinada vegetación. El coeficiente de conductividad térmica de la tierra es $1,75 \text{ W/mK}$.
- Capa separadora filtrante, que evite el paso de tierra vegetal y el punzonamiento de raíces.

Por ejemplo, un fieltro sintético filtrante.

- Capa drenante de 20 cm de espesor mínimo de árido rodado, lavado y limpio, de diámetro 16 a 32 mm (figura 3.42) o capa drenante de material prefabricado a base de lámina nodular (figuras 3.43 y 3.44).
- Capa separadora resistente a la perforación por raíces, 200 gr/m^2 .
- Capa de protección de tierra. Sustrato que suministra agua, nutrientes y oxígeno a las plantas y es soporte físico de la vegetación.
- Vegetación. En el caso de las cubiertas extensivas, debemos conseguir una agrupación vegetal estable en el tiempo con muy pocos cuidados. Mayoritariamente se utilizan plantas suculentas, de fácil propagación, elevada resistencia a la falta de agua, a la radiación y a altas temperaturas. En las intensivas, la elección de la vegetación tan sólo se limitará a

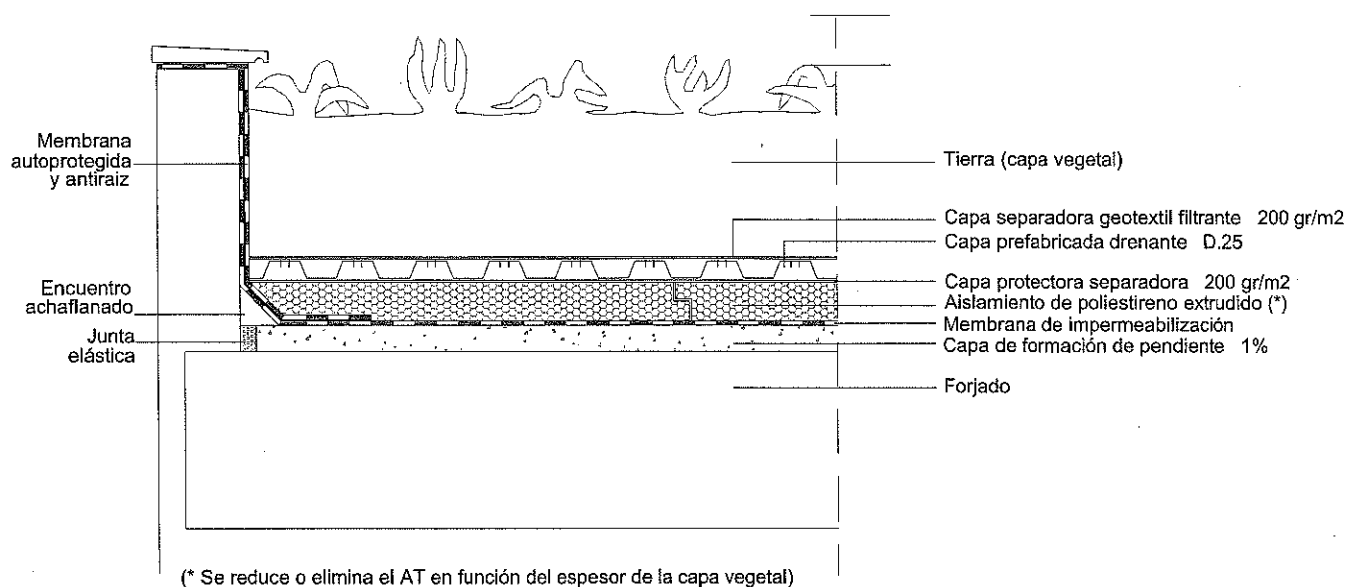


Figura 3.43. Detalle de cubierta ajardinada con lámina drenante prefabricada

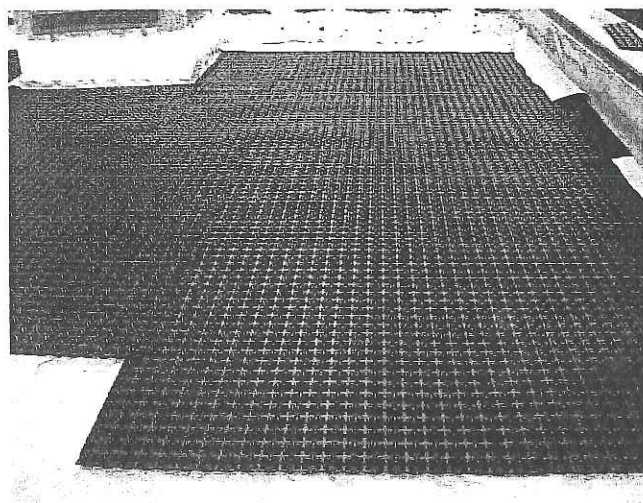


Figura 3.44. Lámina prefabricada drenante y capas separadoras para cubiertas ajardinadas

aquellos árboles de gran potencial radicular. En la figura 3.45 se indican los diferentes tipos de vegetación que se puede plantar y el espesor mínimo de tierra que requieren.

En la resolución de los puntos singulares de la cubierta ajardinada se tendrá en cuenta lo descrito en el apartado 3.5 de este capítulo. En el caso del sumidero, éste debe colocarse por debajo del nivel inferior de la tierra (capa de protección) y estará provisto de una protección (rejilla, alcachofa, etc.). Para su registro deben disponerse arquetas o elementos especiales (figuras 3.46 y 3.47).

3.4.4. Cubierta para tráfico rodado

La cubierta se diseña con acabado de rodadura para la circulación de vehículos. Esta capa de rodadura puede ser de hormigón o de aglomerado

asfáltico u otros materiales de características análogas.

Está constituida por:

- Estructura resistente.
- Capa de formación de pendientes.
- Membrana impermeable.
- Capa separadora.
- Capa de protección de hormigón o mortero.
- Capa de rodadura, compuesta por aglomerado asfáltico en caliente o losa de hormigón.

Cuando el aglomerado asfáltico se vierte en caliente directamente sobre la impermeabilización, el espesor mínimo de la capa de aglomerado debe ser de 8 cm (figura 3.49). Si se vierte sobre una protección previa de la impermeabilización, compuesta por una capa de mortero, se intercalará, entre la impermeabilización y la capa de mortero, una capa separadora que asegure la falta de adherencia entre ambas. La capa de mortero tendrá un espesor de 4 cm como mínimo, y deberá estar armada de tal manera que se evite la fisuración del mortero (figura 3.50). Se protegerán con esta capa de mortero todos los paramentos y elementos singulares que estén impermeabilizados.

Si se emplea hormigón como capa de rodadura, el espesor mínimo será de 8 cm y se armará debidamente con una malla electrosoldada resistente a la corrosión o mediante otro procedimiento que evite la fisuración (figura 3.51).

Este tipo de cubierta se emplea habitualmente como techo de aparcamientos o sótanos que son locales no calefactados por lo que, en principio, no necesita llevar aislamiento térmico. Sin embargo, es adecuado colocarlo para proteger la membrana impermeabilizante y aumentar su durabilidad si las capas superiores no son suficientes para garantizarla (figura 3.52). En este caso, la resistencia mínima a la compresión del aislamiento (según EN 826) debe ser 0,5 MPa (500 KPa).

TIPO DE PLANTA	TAMAÑO EN EL MOMENTO DE LA PLANTACIÓN	PROFUNDIDAD MÍNIMA NECESARIA EN cm
Árboles de sombra de hoja caduca	Hasta 30 cm de circunferencia	100
Árboles de sombra de hoja perenne	Hasta 16 cm de circunferencia	70
	De 16 a 30 cm de circunferencia	100
Coníferas 10-20 m de altura	Siempre	100
Coníferas de 3-10 m de altura	Hasta 1,5 m de altura	50
	De 1,5 a 3 m de altura	70
Coníferas de altura menor de 3 m	Hasta 0,5 m de altura	50
	De 0,5 a 3 m de altura	70
Palmeras	Hasta 1,5 m de altura	70
	Más de 1,5 m de altura	100
Grandes arbustos de hoja perenne	Hasta 1 m de altura	50
	Más de 1 m de altura	70
Grandes arbustos de hoja caduca	Hasta 1,5 m de altura	50
	Más de 1,5 m de altura	70
Arbustos de porte medio de hoja perenne	Hasta 0,7 m de altura	30
	De 0,7 a 1,5 m de altura	50
	Ejemplares frondosos muy desarrollados	70
Arbustos de porte medio de hoja caduca	Hasta 1 m de altura	30
	Ejemplares muy ramificados	50
Arbustos de porte bajo	Hasta 30 cm de altura o de diámetro	20
	Ejemplares muy ramificados	50
Trepadoras	Cualquier tamaño	30
Herbáceas Céspedes	Cualquier tamaño	20

Figura 3.45. Tipos de plantas para cubiertas ajardinadas (NTE-QAA)

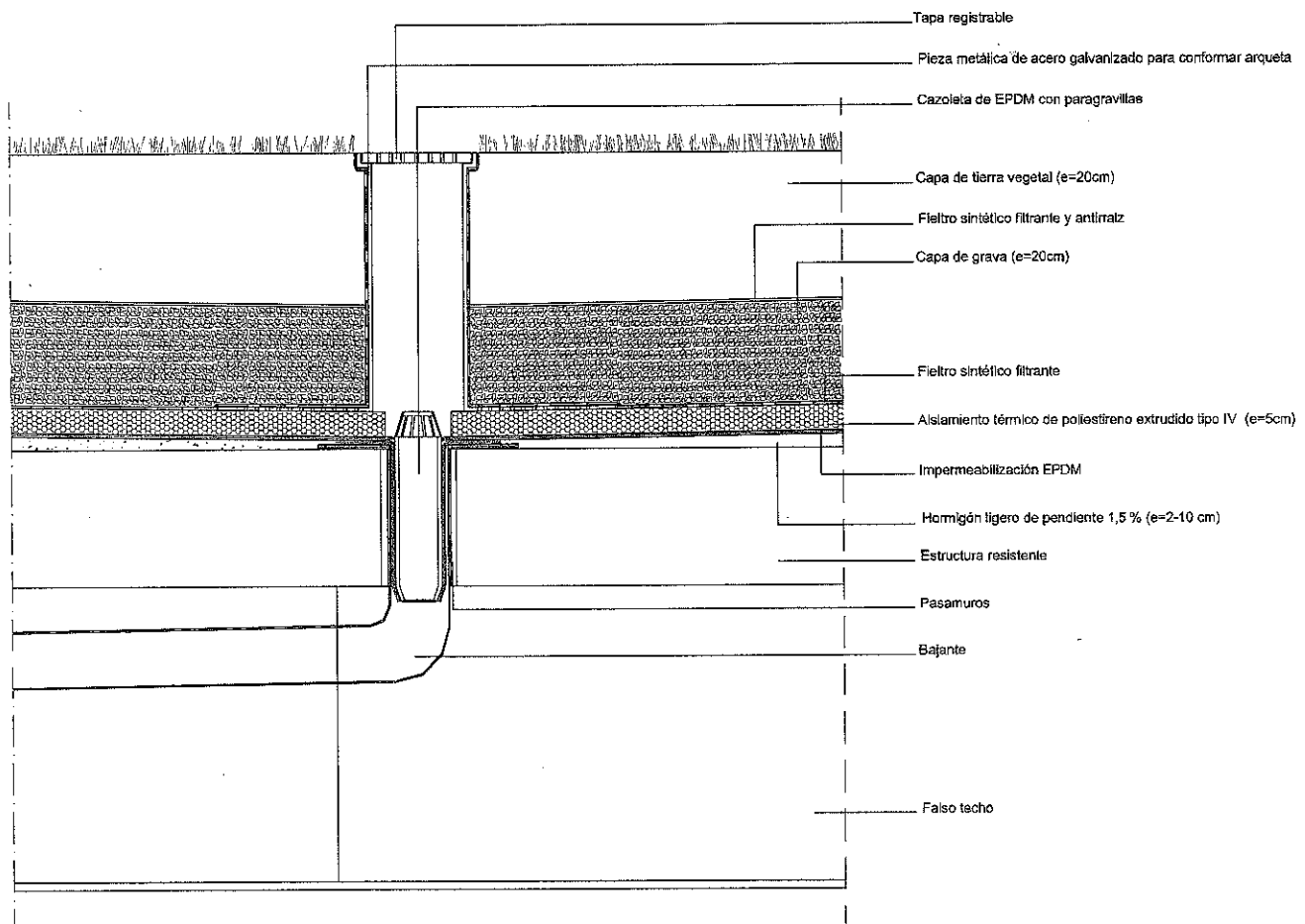


Figura 3.46. Detalle de arqueta y sumidero en cubierta ajardinada con capa drenante

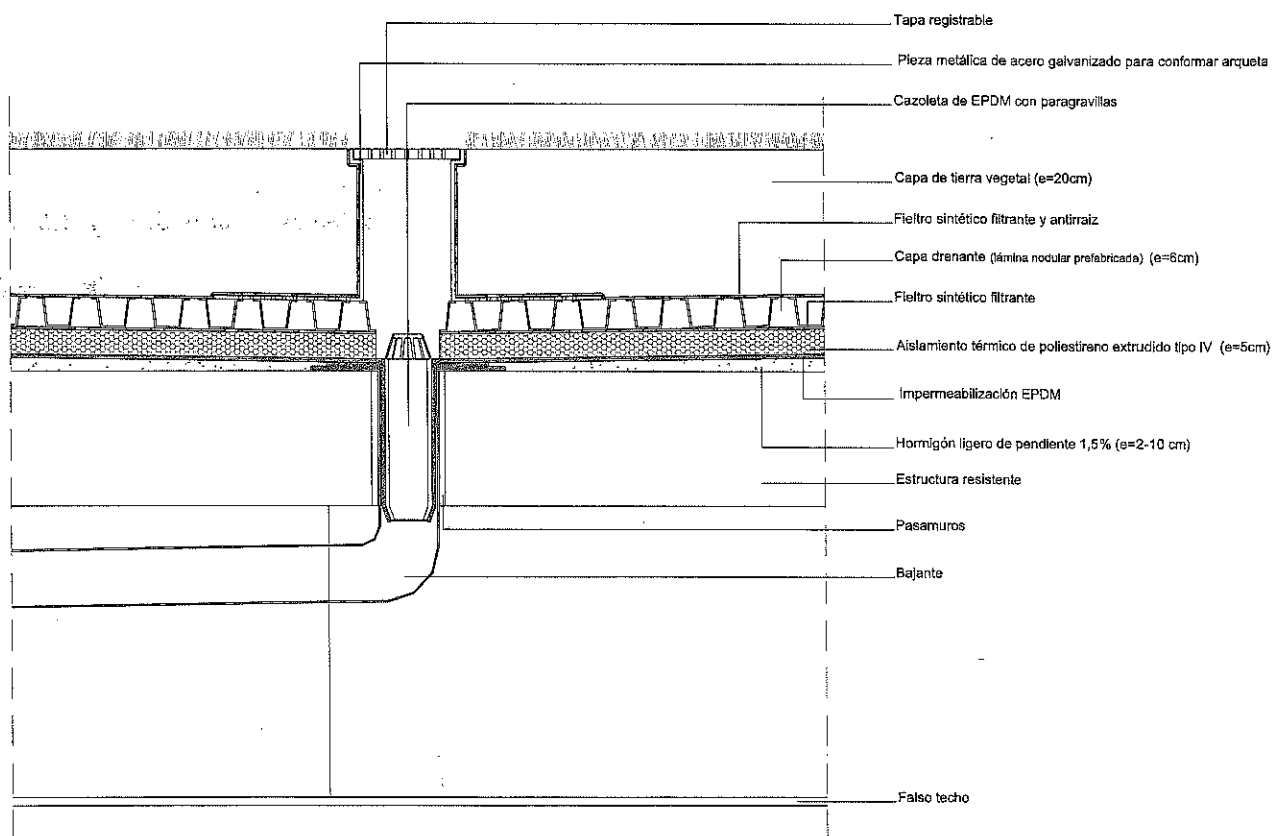


Figura 3.47. Detalle de arqueta y sumidero en cubierta ajardinada con lámina drenante prefabricada

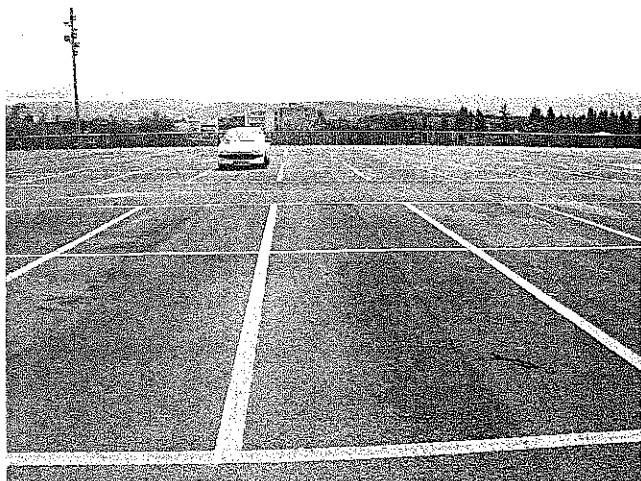


Figura 3.48. Cubierta para tráfico rodado

3.4.5. Cubierta de tipo industrial

Es una clase de cubierta diseñada principalmente para uso industrial o deportivo, en el que se busca poca pendiente, simplicidad, mínimo peso (aproximadamente 10 kg/m^2), facilidad constructiva y en la que no es necesario un buen aislamiento acústico.

Se utiliza como soporte base una placa grecada de acero galvanizado y la pendiente se proporciona con la propia estructura. Se puede colocar maquinaria ligera sobre ella y conviene crear pasillos de mantenimiento.

Los elementos que la componen y el orden en que se colocan son los siguientes (figuras 3.53 y 3.54):

- Capa de formación de pendiente, de placa grecada de acero galvanizado de 0,7 mm de espesor, sobre una estructura discontinua metálica o de hormigón.
- Placa aislante rígida, de resistencia a compresión mayor de 0,2 Mpa, que se fija mecánicamente a la placa grecada con aproximadamente 5 anclajes por cada metro cuadrado.
- Membrana o lámina impermeable.

La simplicidad de la ejecución es la causa de que normalmente se resuelva como una cubierta convencional con el aislamiento térmico por debajo de la impermeabilización y solucionando ésta con una membrana autoprottegida o con una lámina sintética. A no ser que se coloque una capa de protección, la membrana impermeable va a quedar expuesta a la intemperie. Si es de tipo bituminoso requiere llevar una protección ligera adherida que se incorpora durante el proceso de fabricación y que está constituida por una capa de protección de gránulos minerales, o de delgadas hojas metálicas (de aluminio anodizado o lacado, o de cobre). Si se colocan láminas sintéticas, por ejemplo de EPDM o de PVC, llevan incorporada la protección a los rayos ultravioleta del sol.

En cualquier caso, al no tener protección pesada es necesario fijar totalmente la impermeabilización al aislamiento, y éste al soporte. Esto se realiza en las bituminosas mediante emulsión o pintura de imprimación con una masa mínima de $0,3 \text{ kg/m}^2$; y en las sintéticas a través de anclajes mecánicos a lo largo de las bandas de solape.

Al resolver la cubierta de forma convencional es necesario colocar en la cara caliente del aislamiento

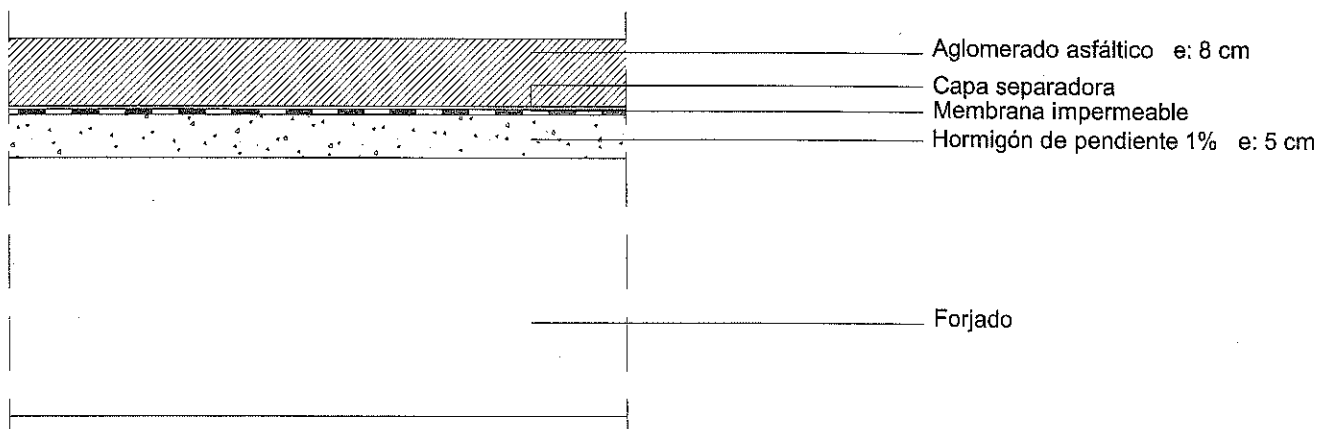


Figura 3.49. Cubierta para tráfico rodado con capa de rodadura aglomerado asfáltico

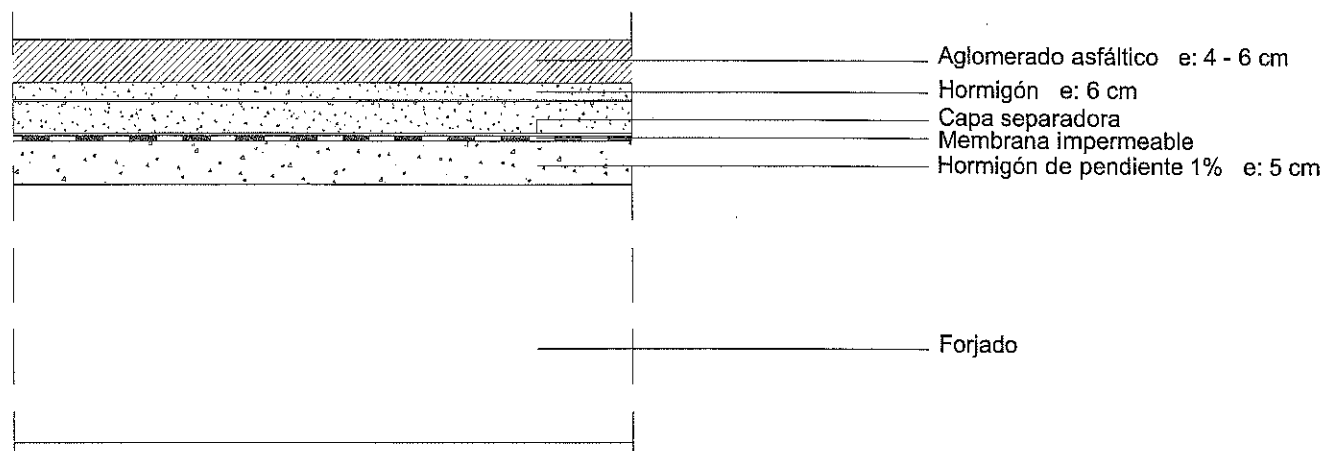


Figura 3.50. Cubierta para tráfico rodado con capa de rodadura mixta

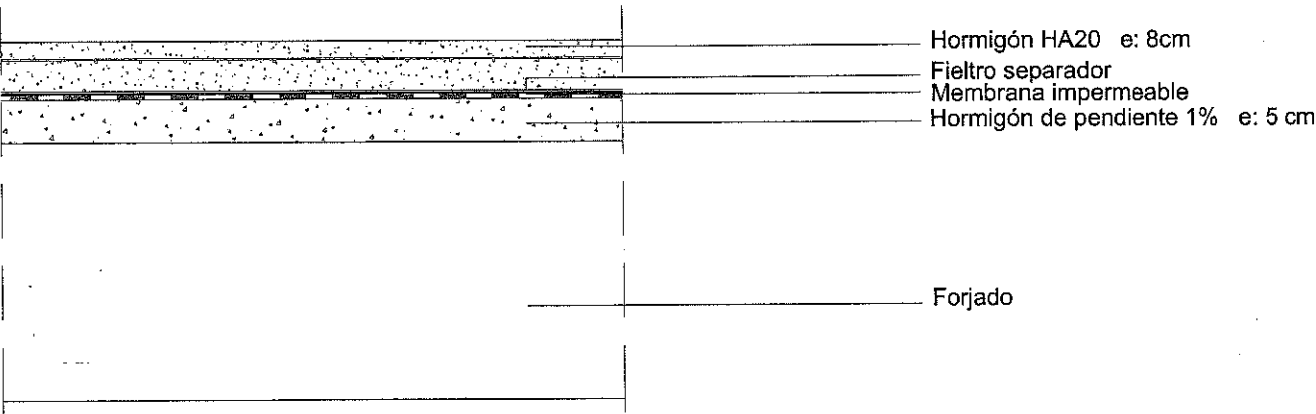


Figura 3.51. Cubierta para tráfico rodado con capa de rodadura de hormigón

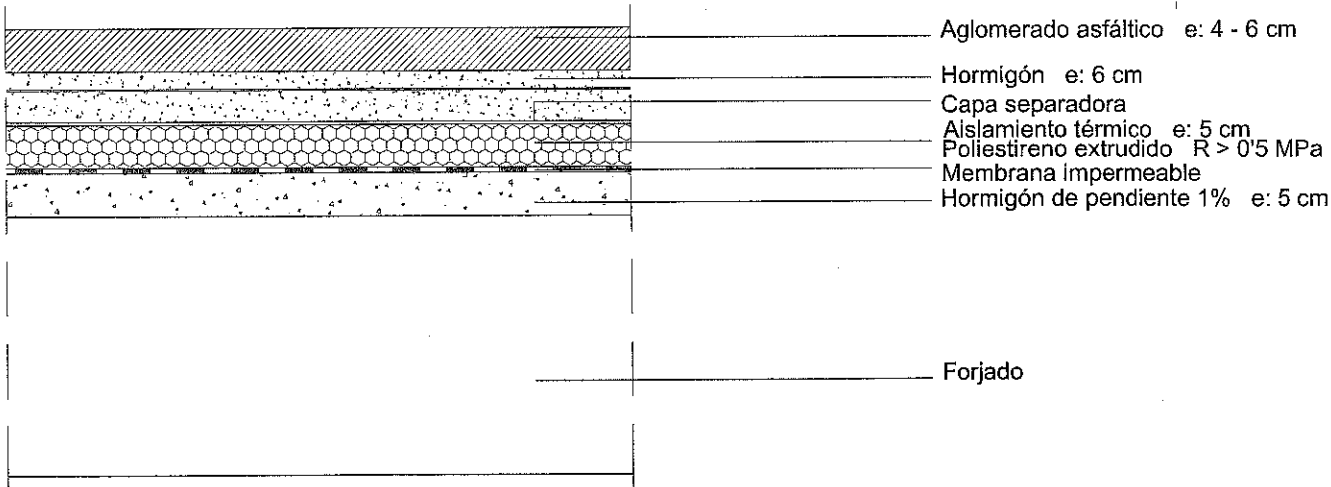


Figura 3.52. Cubierta con aislamiento térmico para tráfico rodado

un componente que funcione como paravapor, y que puede ser la propia placa grecada de acero. En espacios subyacentes de gran producción de vapor de agua (edificios deportivos, piscinas cubiertas), conviene añadir el paravapor, ya que las juntas entre las placas metálicas no son estancas, o diseñar cubiertas con cámara de aire ventilada (figura 3.55). En estas últimas la hoja exterior garantiza la estanquidad al agua, la hoja interior la protección térmica, y la cámara de aire la ventilación de las posibles condensaciones en invierno, y del aire caliente en verano.

3.4.6. Cubierta de agua o inundada

La capa de protección de esta cubierta es agua retenida permanentemente (figura 3.56). Esto requiere controlar su nivel: para evitar su disminución por evaporación hay que prever un alimentador de agua (figura 3.57) y para prevenir desbordamientos o acumulaciones excesivas en el caso de precipitaciones se colocarán rebosaderos (figura 3.57). En general, en este tipo de cubierta es importante la exigencia estética y por ello, es necesario llevar a cabo un adecuado mantenimiento, así como aportar productos algicidas. A diferencia de la solución de cubierta invertida, aquí la lámina impermeabilizante se coloca por encima del aislamiento térmico para evitar la degradación de éste por efecto de la humedad.

A efectos del cálculo de la transmitancia térmica de la cubierta, se deben tener en cuenta los siguientes valores del coeficiente de conductividad térmica para el agua líquida ($0,6 \text{ W/mK}$) y para el agua helada ($2,20 \text{ W/mK}$).

Los elementos que la componen y el orden en que se colocan son los siguientes (figura 3.57):

- Estructura resistente continua y horizontal.
- Paravapor, ya que el impermeabilizante se sitúa en la cara fría del aislamiento.
- Aislamiento térmico. Resistencia a compresión igual o superior a $0,3 \text{ Mpa}$.

- Impermeabilización: láminas bituminosas auto-protegidas o láminas sintéticas.
- Capa de formación de pendiente. Es suficiente con una pendiente del 1 al 5 por mil para desagüe y limpieza. En el caso de que la cubierta lleve un revestimiento superior (similar al de las piscinas) la pendiente puede conseguirse con esta capa de protección.

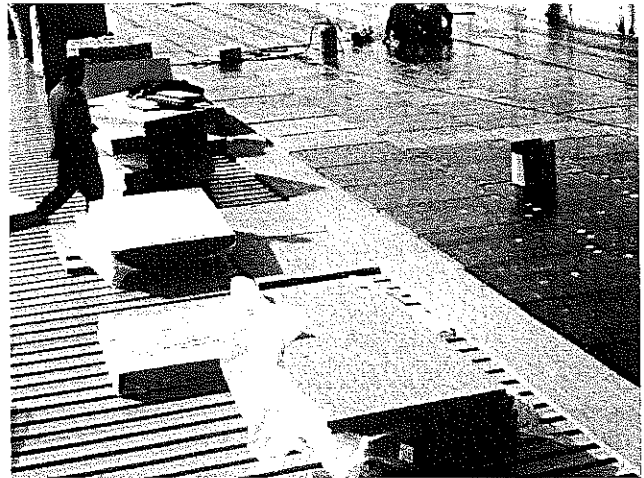


Figura 3.53. Ejecución de cubierta industrial (ANFI)

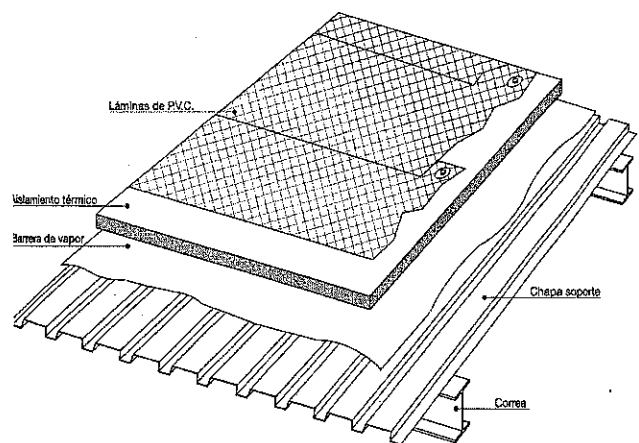


Figura 3.54. Detalle de cubierta industrial (ANFI)

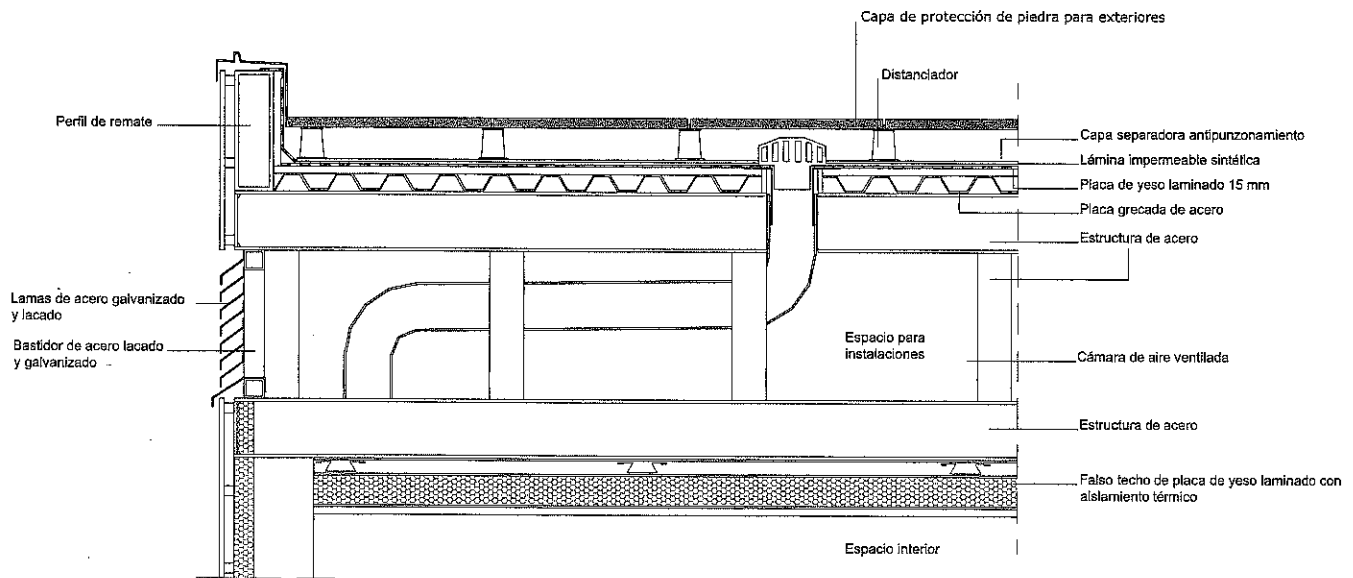


Figura 3.55. Cubierta convencional con cámara de aire ventilada

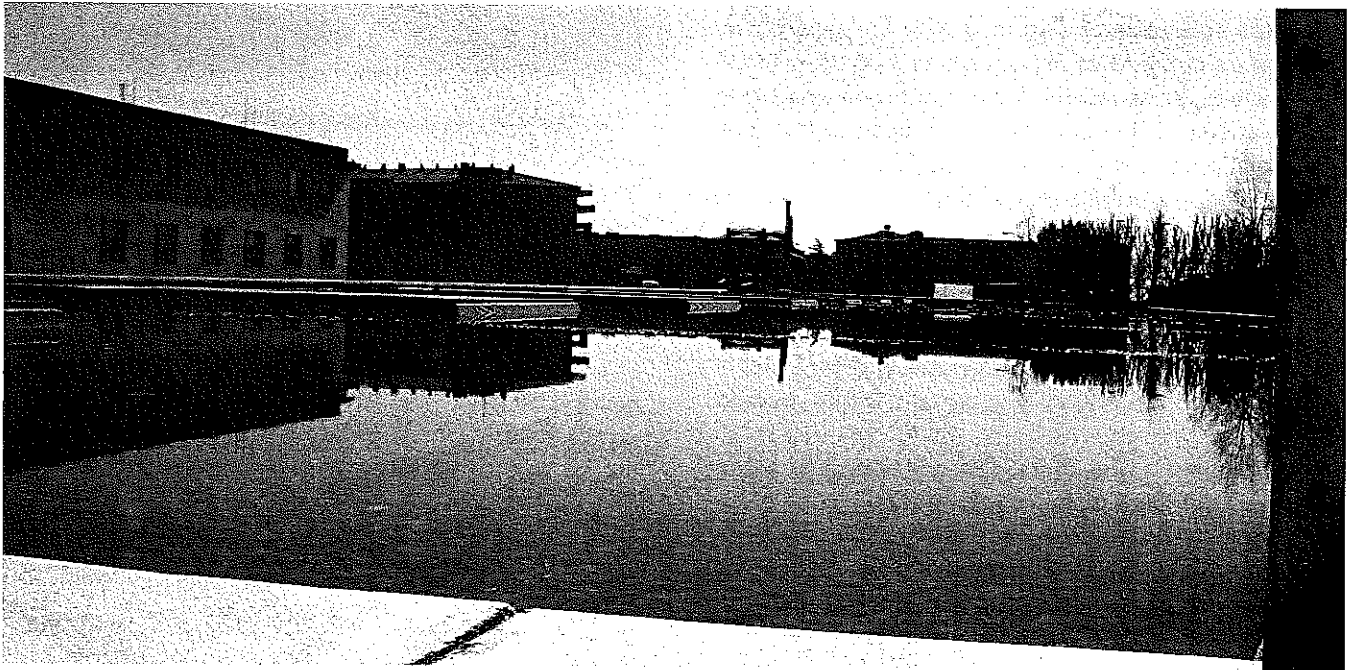
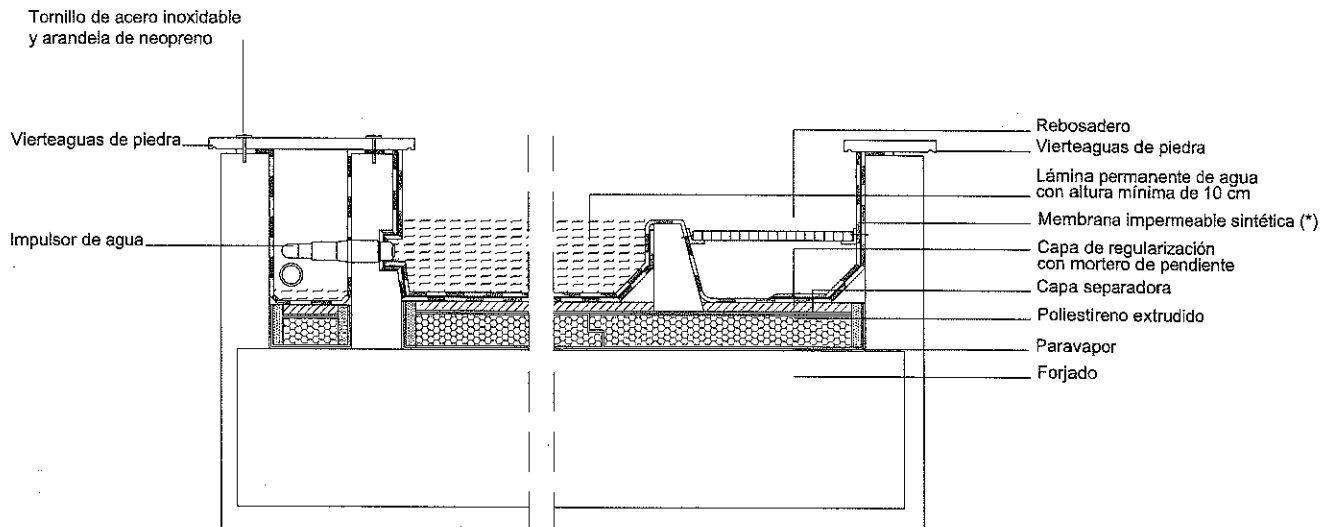


Figura 3.56. Cubierta inundada



(*) Puede realizarse como capa de protección un revestimiento cerámico o de gresite recubido con mortero de cemento sobre capa separadora

Figura 3.57. Cubierta inundada. Detalle de alimentador de agua y rebosadero

- Puede llevar capa de protección para facilitar la limpieza o para conseguir un determinado aspecto estético. Por ejemplo, grava, baldosas cerámicas, gresites, recibidos con mortero de cemento y colocando una capa separadora encima de la impermeabilización.
- Lámina de agua, de espesor no menor de 10 cm.

Un tipo particular de estas cubiertas pueden ser las cubiertas aljibes en las que se acumula el agua de lluvia para distintos usos (figura 3.58): para crear zonas ajardinadas en la misma cubierta, o para reutilizarlas en edificios en las descargas de inodoros o en el riego, lo que permite disminuir los consumos de agua. La capacidad de ahorro depende de la superficie de recogida del agua de lluvia. El sistema requiere de filtros y de una red de distribución de tuberías. Hay que tener en cuenta que esta solución es adecuada para zonas lluviosas y no para muy cálidas en las que el agua se evapora rápidamente. En caso contrario será

necesario complementar continuamente con agua potable, sin permitir la conexión directa de una red con la otra.

3.5. EJECUCIÓN DE PUNTOS SINGULARES

Se consideran puntos singulares aquellos que por sus características requieren un tratamiento especial

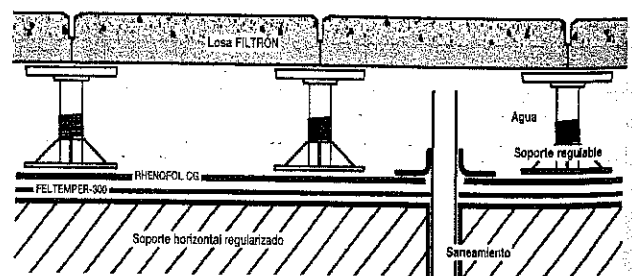


Figura 3.58. Cubierta aljibe (INTEMPER)

en el diseño y en la ejecución. Entre otros, podemos considerar como puntos singulares en las cubiertas planas:

- Juntas.
- Petos o encuentros con paramentos verticales.
- Elementos pasantes.
- Bordes laterales de faldón.
- Rebosaderos.
- Puertas de acceso a la cubierta y aberturas.
- Anclaje de elementos sobre cubierta.
- Rincones y esquinas.
- Encuentro con el sumidero.
- Instalaciones sobre cubierta.
- Placas solares.
- Encuentro con elementos de iluminación cenital.

Para el tratamiento de estos puntos singulares se utilizan entre otros elementos, bandas y piezas de refuerzo de láminas de características superiores.

3.5.1. Juntas

Todas las juntas necesarias en cubierta se deben realizar en posiciones altas a las que no afluya el agua, preferentemente en cumbrera, o si no, en limatesas, y siempre a distancias mayores de 1 m de cualquier sumidero.

Es imprescindible distinguir entre las juntas estructurales del edificio (juntas de dilatación del edificio o del soporte resistente de la cubierta) y las juntas de trabajo de la propia cubierta como son las juntas de la capa de pendiente y las de las capas de protección fijas (figura 3.59). El aislamiento y la capa de protección flotante no presentan problemas, debido a que están formados por piezas sueltas que tienen la suficiente libertad de movimientos.

Junta estructural

Las capas de la cubierta deben interrumpirse a lo largo de la junta estructural del edificio. Como ésta es por definición el punto que más movimientos de la cubierta va a soportar, en principio, lo más lógico es utilizar como refuerzo en la impermeabilización de estas zonas una lámina de mayor resistencia a tracción. La junta puede estar formada bajo la membrana impermeabilizante por un perfil de material especial elástico, compresible y compatible químicamente con la impermeabilización. Debe sobresalir 2 cm como mínimo la altura de la membrana en el borde de la junta (figura 3.60). Cuando debido al uso específico de la cubierta, no sea deseable una sobre elevación excesiva de la junta, puede rematarse hacia el interior quedando el perfil de refuerzo rebajado. En las figuras 3.61 y 3.62 se recogen soluciones para este encuentro en el caso de que la impermeabilización sea bituminosa (bicapa) y en el caso de que sea sintética.

En estructuras de pórticos de hormigón armado o acero laminado, las juntas se colocan como máximo a 40 m. Esta distancia suele aumentarse a 50 m si los pilares son de rigidez pequeña y reducirse a 30 m si son de rigidez grande.

Juntas de la capa de pendiente

Se realizan debido a la dilatación que experimentan los hormigones o los materiales que la conforman, también a la retracción hidráulica que pueden sufrir en los seis primeros meses. Como máximo se colocarán cada 15 m y en todos los encuentros con paramentos verticales. El espesor será de 10 a 12 mm y se rellenarán con un material elástico como el poliestireno expandido, reforzando la impermeabilización en ese punto (figura 3.64). Conviene que estas juntas coincidan con las limatesas.

Juntas de la capa de protección

Las juntas de la capa de protección sólo afectan a las protecciones pesadas fijas (baldosas o placas tomadas con mortero de cemento). Se sitúan en todo el perímetro, en el encuentro con elementos verticales y en toda la superficie cada 5 x 5 m como máximo en cubiertas no ventiladas y 7,5 m como máximo en cubiertas ventiladas. La junta afecta al pavimento y al mortero de agarre, su anchura mínima debe ser de 12 mm y debe sellarse con un mástico elástico, impermeable y resistente a la intemperie (figura 3.65). Este sellado debe quedar enrasado con la superficie de la capa de protección de la cubierta.

3.5.2. Petos o encuentro con paramento vertical

El remate en los perímetros y los encuentros de la cubierta con paramentos verticales presentan frecuentes problemas.

En general se tendrá especial atención a los siguientes puntos:

- La membrana debe sobresalir al menos 20 cm por encima de la capa de protección (s/CTE-DB-HS1). Cuando la cubierta se remata con barandillas en lugar de con antepecho, y la protección es de grava, se construirá un peto perimetral de esta misma altura.
- La escuadra formada por los dos paramentos se rematará con un chaflán a 45° ($135^\circ \pm 10^\circ$) o con una amplia media caña de 5 cm de radio de curvatura (figuras 3.70 y 3.71). Se realizará al nivel de la capa de formación de pendiente o del soporte de la impermeabilización.
- La impermeabilización en el encuentro debe reforzarse con otras láminas. Para que el agua no se filtre por el remate superior de la impermeabilización, debe realizarse dicho remate mediante:

TIPO	DISTANCIA	ESPESOR
Estructural	La del edificio	30 mm
Capa de pendiente	Cada 15 m y encuentros con paramentos verticales	10-12 mm
Capa de protección de placas fijas	Cada 5 m y en los encuentros con paramentos verticales	12 mm

Figura 3.59. Juntas en cubierta

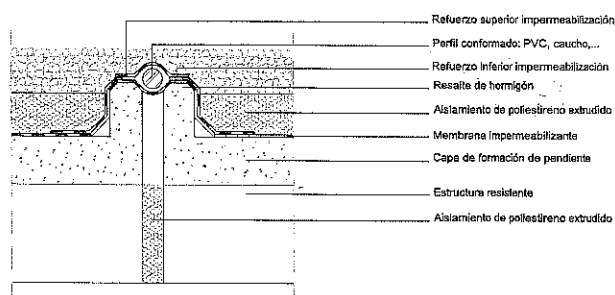


Figura 3.60. Ejemplo de resolución de junta estructural levantada

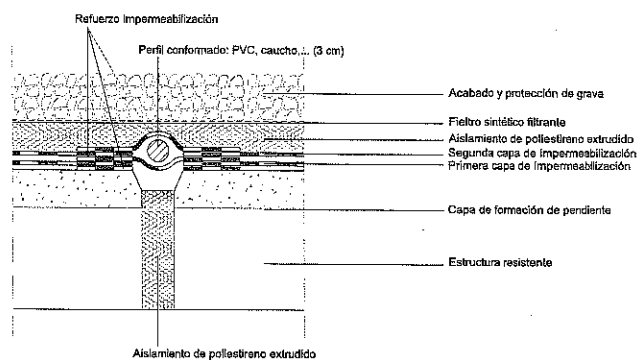


Figura 3.61. Solución de junta estructural con impermeabilización bituminosa

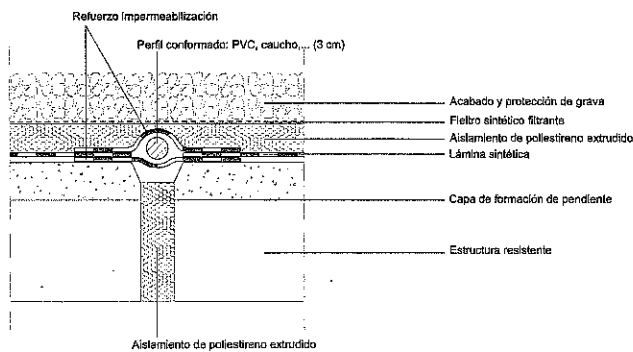


Figura 3.62. Solución de junta estructural con impermeabilización sintética

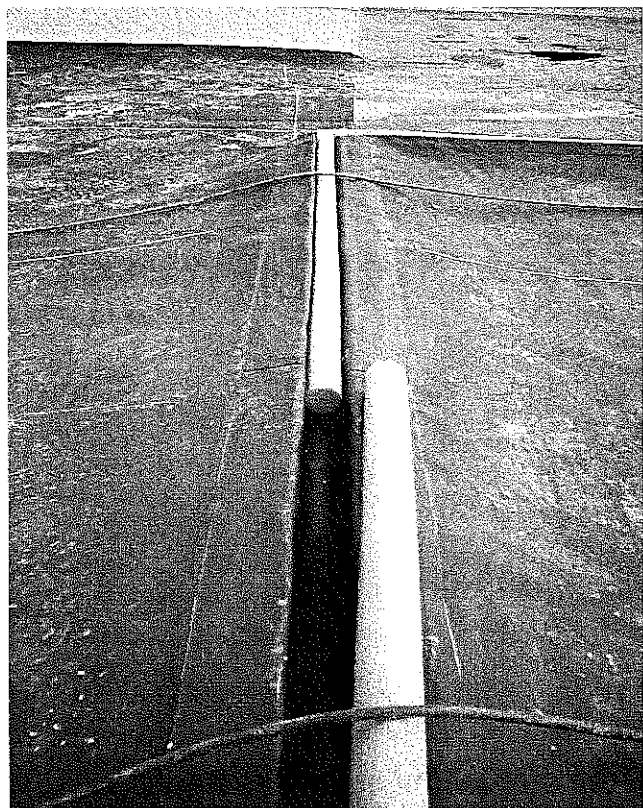


Figura 3.63. Ejecución de junta estructural con impermeabilización sintética

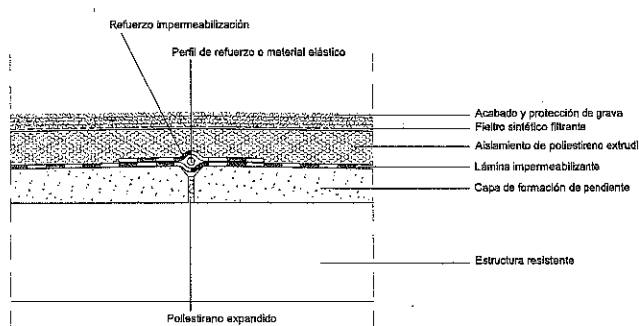


Figura 3.64. Ejemplo de junta de la capa de pendiente

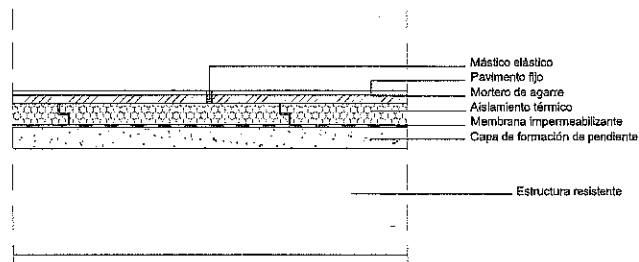


Figura 3.65. Ejemplo de resolución de junta en capa de protección

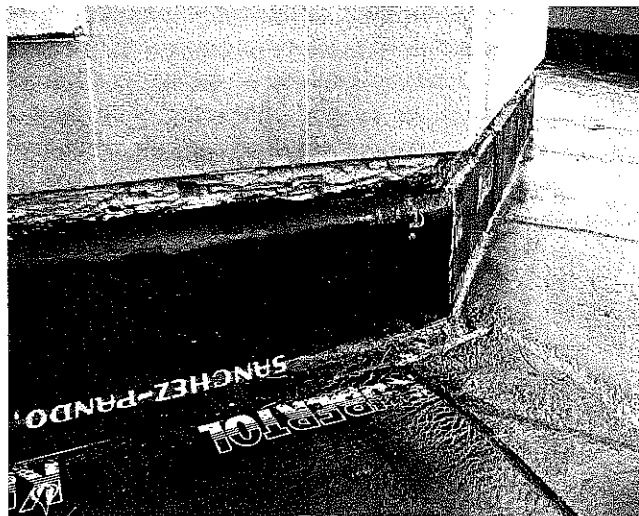


Figura 3.66. Encuentro con paramento vertical mediante roza perimetral

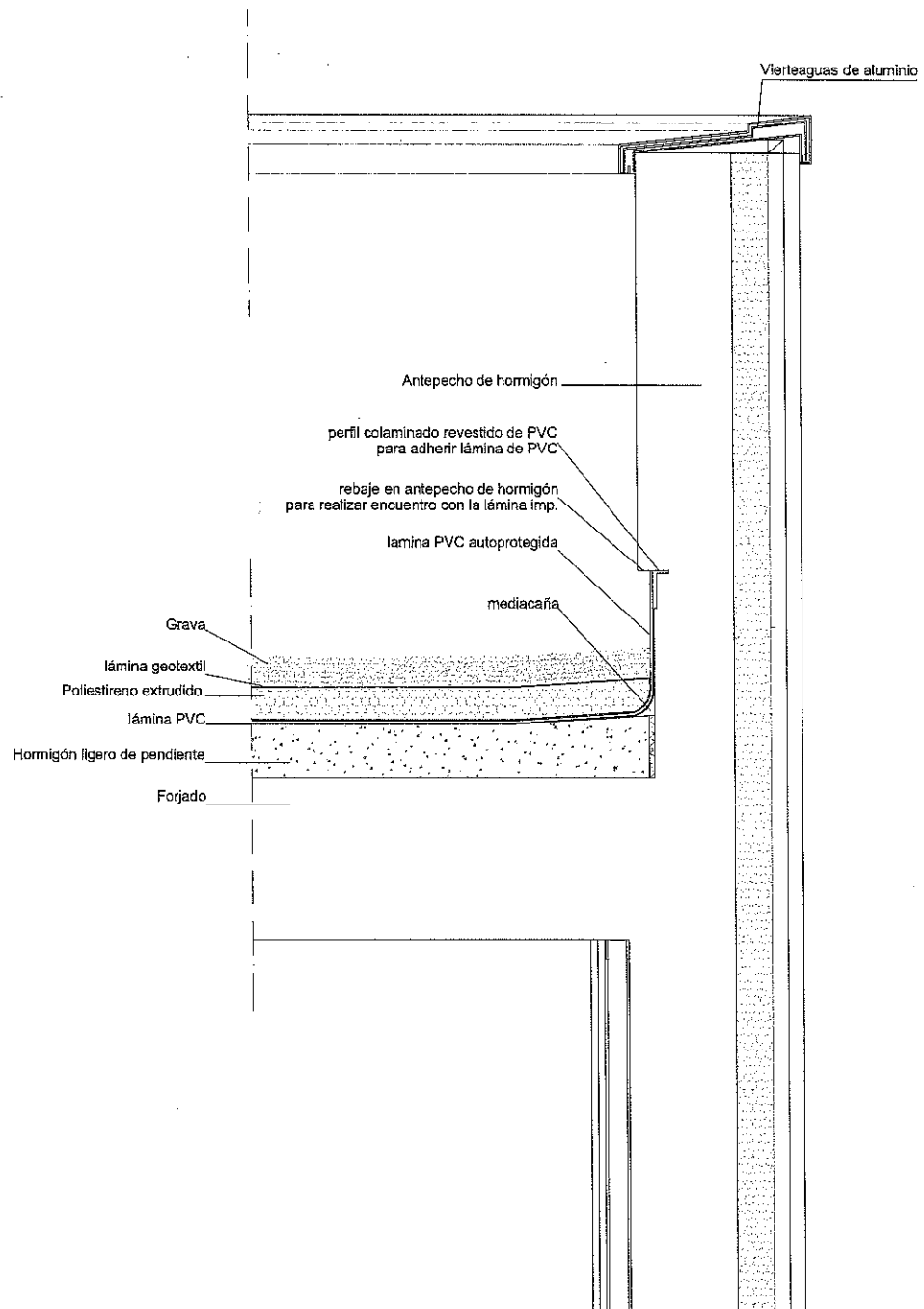


Figura 3.67. Encuentro con paramento vertical mediante retranqueo

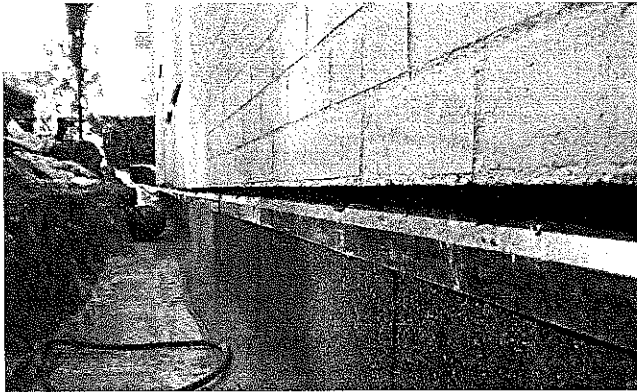


Figura 3.68. Encuentro con perfil metálico

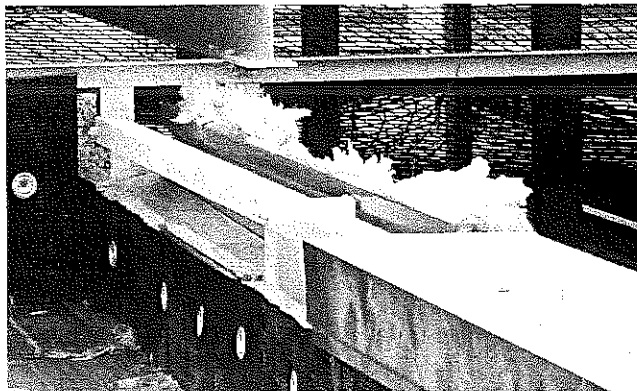


Figura 3.69. Fijación de la albardilla a elementos resistentes

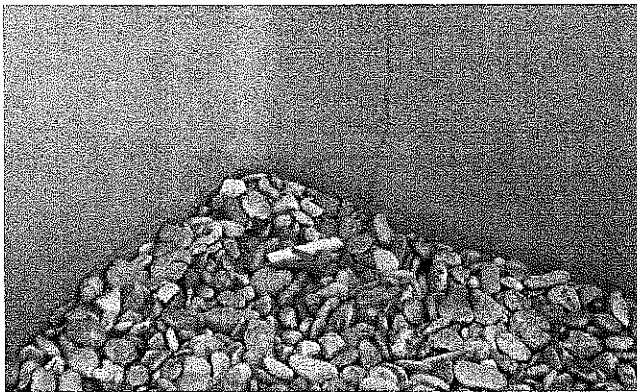


Figura 3.70. Encuentro con paramento vertical mediante lámina autoprottegida

- Una roza que debe tener unas dimensiones de 3 x 3 cm como mínimo, y acabarse con mortero en bisel, con un ángulo de 30° aproximadamente, redondeándose la arista (figuras 3.66 y 3.70).
- Mediante un retranqueo cuya profundidad debe ser menor de 5 cm y la altura sobre el nivel máximo de la cubierta acabada, mayor que 20 cm (figura 3.67). En este caso hay que tener en cuenta que se debilita el antepecho y dependiendo del espesor del mismo, del material constituyente y de la presión del viento, puede desestabilizarse y volcar, por lo que esta solución hay que tratar de evitarla.
- Cuando la entrega se realiza mediante perfil metálico inoxidable, debe estar provisto de una pestaña al menos en su parte superior, que sirva de base a un cordón de sellado entre el perfil y el muro. Si en la parte inferior no lleva pestaña, la arista debe ser redondeada para evitar que pueda dañarse la lámina (figuras 3.68 y 3.7).
- Si la entrega a paramentos se realiza mediante perfiles sellados, la zona donde se fijen debe tener la suficiente consistencia y profundidad para que agarren los anclajes (figura 3.68).
- Si la entrega a paramentos se realiza mediante perfiles colaminados en forma de albardilla, la parte horizontal del peto donde se fijen debe tener la suficiente consistencia y profundidad para que agarren los anclajes (figura 3.69).
- Si el refuerzo de la lámina en este punto no queda protegido por pieza metálica o cerámica, se utilizan láminas autoprotegidas para hacer este encuentro, considerando esta lámina como adicional a la propia membrana de impermeabilización al no ser ésta autoprottegida en el caso de las cubiertas invertidas (figura 3.70). En cubiertas transitables el refuerzo no es preciso que sea de lámina auto-

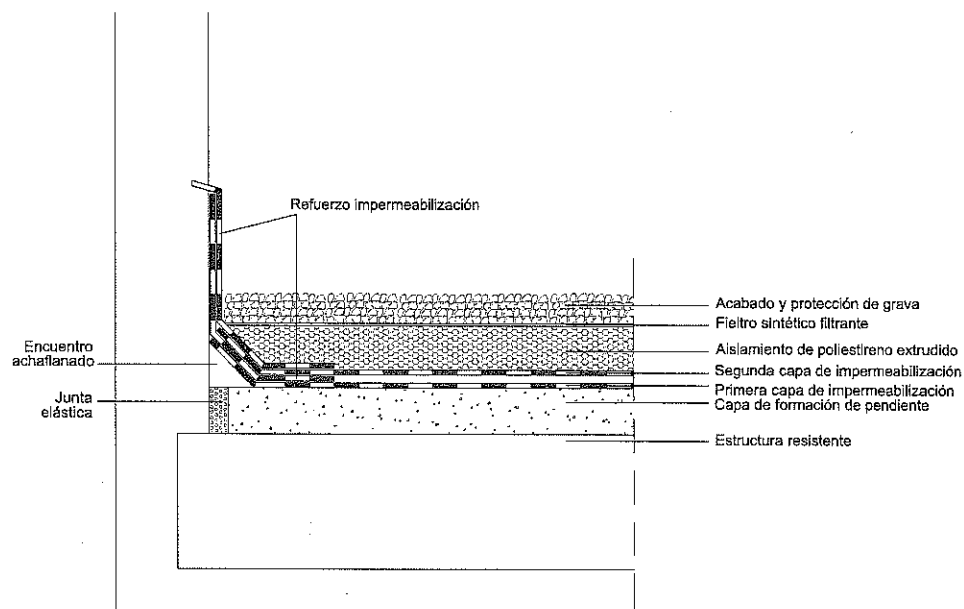


Figura 3.71. Detalle de encuentro con paramento vertical. Impermeabilización bituminosa

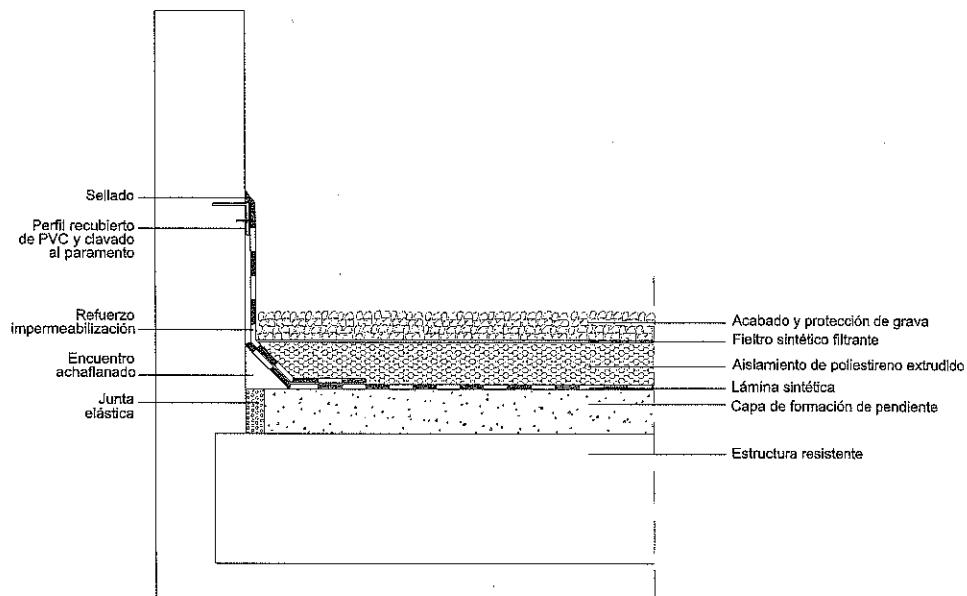


Figura 3.72. Detalle de encuentro con paramento vertical. Impermeabilización sintética

protegida, pues el propio pavimento incluirá piezas especiales (rodapié) de remate en el borde o zócalo perimetral.

- La membrana en el encuentro con el paramento vertical irá perfectamente adherida tanto al soporte como al paramento, solapadas las piezas convenientemente. La impermeabilización se refuerza en estos puntos, tanto en soluciones bicapa para láminas bituminosas (figura 3.71) como para monocapas en el caso de las sintéticas (figura 3.72).
- Las planchas aislantes deben ajustarse a la media caña de encuentro entre la impermeabilización y el muro. De este modo es posible conseguir una ejecución sin puentes térmicos.

3.5.3. Elementos pasantes

Los elementos pasantes deben situarse separados 50 cm como mínimo de los encuentros con los paramentos verticales y de otros elementos que sobresalgan de la cubierta. Deben disponerse piezas de protección prefabricadas o realizadas "in situ", que deben ascender por el elemento pasante 20 cm como mínimo.

Cuando el elemento vertical de encuentro con el faldón sea una chimenea metálica o de PVC, o un conducto de ventilación, la entrega de la impermeabilización debe protegerse con un manguito rígido fijado al soporte. Asimismo, la impermeabilización debe cubrir el manguito hasta una altura de 20 cm como mínimo, por encima de la protección de la cubierta. En la parte superior del manguito debe colocarse un sombrerete y una abrazadera que impidan la penetración del agua (figura 3.73). En el caso de que fuera un manguito flexible, se colocarán piezas de refuerzo sobre las que se adherirá el manguito, quedando cubierto su desarrollo horizontal por la membrana impermeabilizante.

3.5.4. Bordes laterales de faldón

El encuentro debe realizarse, de acuerdo al CTE-HS1, mediante una de las siguientes formas:

- Prolongando la impermeabilización 5 cm como mínimo sobre el frente del alero o el paramento.
- Disponiendo un perfil angular con el ala horizontal, que debe tener una anchura mayor que 10 cm, anclada al faldón de tal forma que el ala vertical descuelgue por la parte exterior del paramento a modo de goterón y prolongando la impermeabilización sobre el ala horizontal.

3.5.5. Rebosaderos

El CTE-DB-HS1 establece que en las cubiertas planas con cerramiento perimetral han de preverse rebosaderos o desagües de seguridad en los siguientes casos:

- Cuando en la cubierta exista una sola bajante.
- Cuando se prevea que el agua acumulada al obturarse eventualmente una bajante, no pueda evacuarse por otras, debido a la disposición de bajantes y/o de los faldones de la cubierta.
- Cuando la obturación de una bajante pueda producir una carga en la cubierta que comprometa la estabilidad del soporte resistente.

El nivel del rebosadero debe fijarse a una altura intermedia entre la del punto más bajo y la del más alto de la entrega de la impermeabilización al paramento vertical, y en todo caso a un nivel más bajo de cualquier acceso a la cubierta. Debe sobresalir como mínimo 5 cm de la cara exterior y tener inclinación hacia abajo por su parte exterior (figura 3.76). La suma de las áreas de las secciones de los rebosaderos de una zona debe ser, al menos, igual a la suma de las áreas de las bajantes de aguas pluviales de dicha zona.

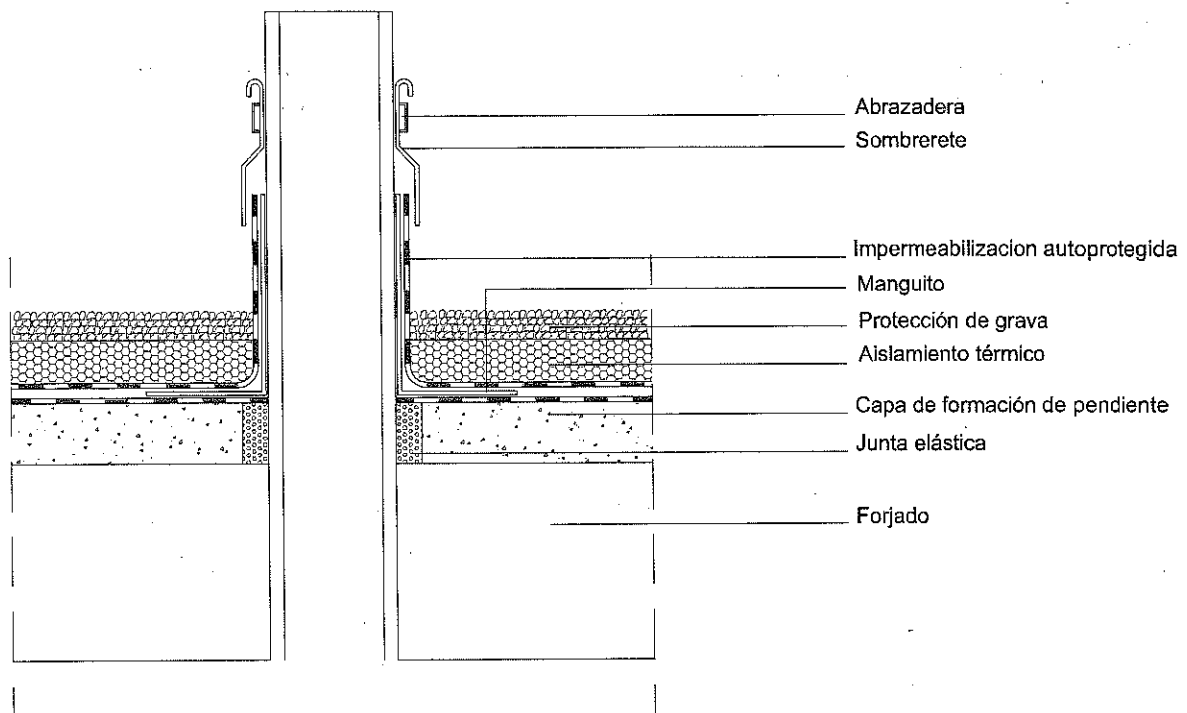


Figura 3.73. Encuentro de un faldón con un conducto vertical

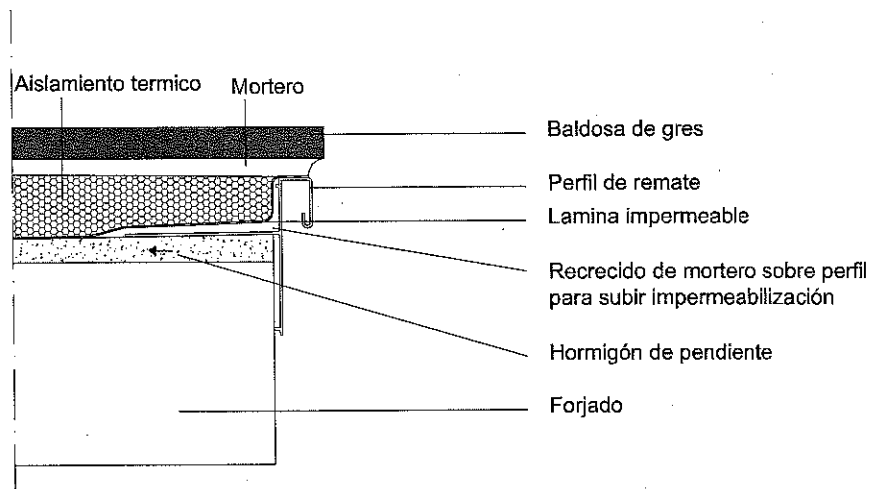


Figura 3.74. Encuentro del faldón con borde lateral

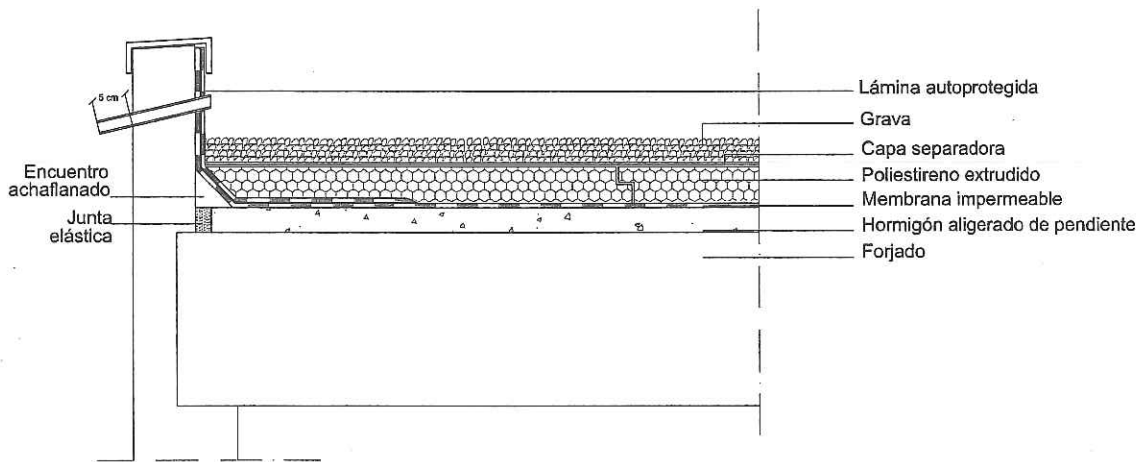


Figura 3.75. Detalle de rebosadero

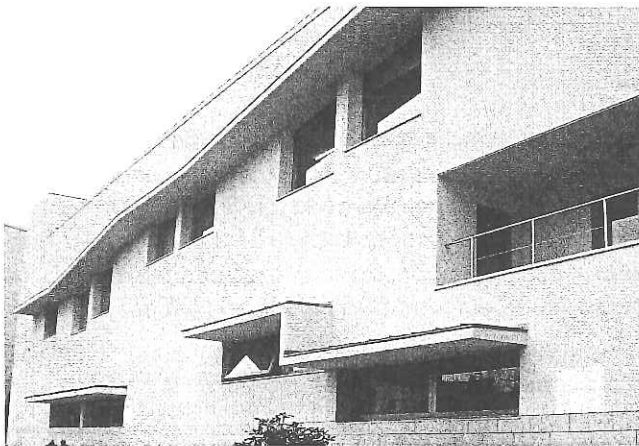


Figura 3.76. Rebosaderos en cubierta

3.5.6. Puertas de acceso a la cubierta y aberturas

En las puertas de acceso a la cubierta, el umbral debe estar situado 20 cm, como mínimo, sobre el nivel más alto de la protección de la cubierta, y protegido por un impermeabilizante que lo cubra y ascienda por los laterales. Cuando las necesidades de uso

del edificio no permitan la colocación de escalones o el diseño los quiera evitar, la puerta debe retranquearse al menos un metro, y el suelo en el retranqueo debe tener una pendiente mínima del 10% hacia el exterior y debe ser tratado como el resto de la cubierta.

Las aberturas en los faldones deben tener un antepecho con una altura igual o mayor de 20 cm sobre el nivel de la cubierta acabada, sobre el que suba la impermeabilización realizando el encuentro como si se tratara de un encuentro con paramento vertical (pto. 3.5.2).

3.5.7. Anclaje de elementos

Los anclajes y los apoyos de elementos tales como barandillas o mástiles, no deben atravesar la impermeabilización, para lo que se fijarán preferentemente sobre paramentos verticales por encima del remate de la impermeabilización (figura 3.77), o sobre banquetas apoyadas en la capa de protección, por encima de la impermeabilización (figura 3.78).

Si la fijación se realiza en la parte horizontal de la cubierta y los anclajes atraviesan la impermeabili-

zación, éstos se deben colocar antes de ésta y resolver el encuentro como si de un elemento pasante se tratase (figuras 3.79 y 3.80).

3.5.8. Rincones y esquinas

En los rincones y las esquinas se disponen elementos de protección prefabricados (figura 3.81) o realizados in situ hasta una distancia de 10 cm como mínimo desde el vértice formado por los tres planos que conforman el rincón o la esquina y la cubierta.

3.5.9. Encuentro con el sumidero

Las características de los elementos de recogida de agua se han comentado en el punto 3.3.7.

El encuentro con el elemento de evacuación de aguas suele ser bastante crítico y por ello requiere que se resuelva adecuadamente, especialmente en cuanto a la realización de la impermeabilización que debe garantizar la estanquidad en este punto. En las figuras 3.83 y 3.84 se recogen, respectivamente, el encuentro con el sumidero en el caso de impermeabilizaciones bicapa bituminosas y sintéticas.

El borde superior del sumidero debe quedar por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta.

Como ya hemos comentado anteriormente, la cubierta transitable de placas flotantes permite que el sumidero quede por debajo de la capa de protección y realizar ésta última con pendiente cero (figura 3.85).

3.5.10. Instalaciones sobre cubierta

La disposición de instalaciones o sala de máquinas sobre cubierta es una práctica cada vez más extendida, ya que presenta grandes ventajas: adecuada ventilación, fácil acceso, no ocupación de superficie útil interior del edificio.

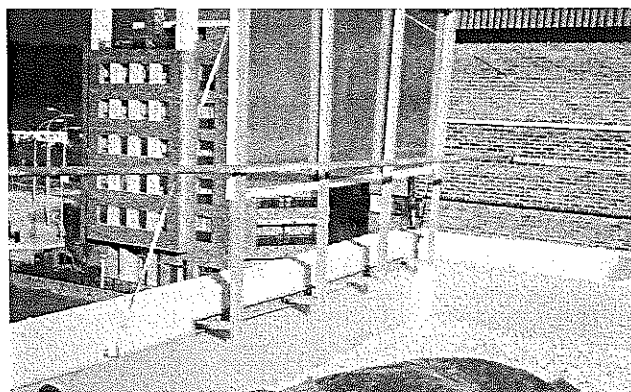


Figura 3.77. Anclajes sobre paramento vertical

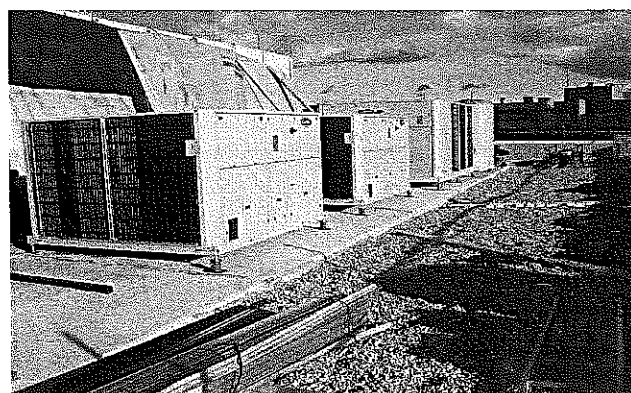


Figura 3.78. Anclajes sobre bancada

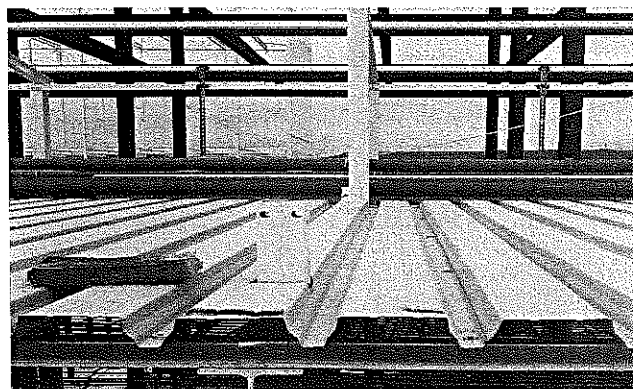


Figura 3.79. Disposición de los anclajes previa a la impermeabilización

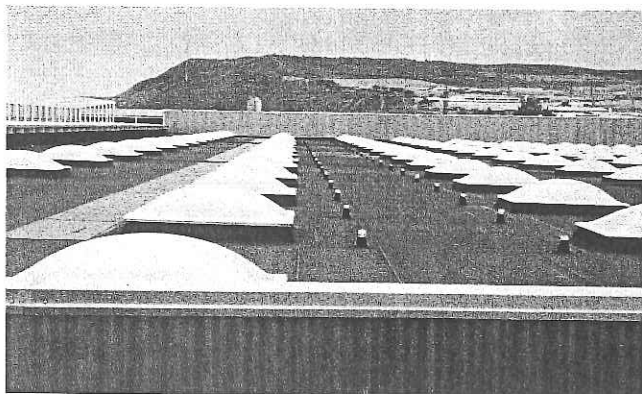


Figura 3.80. Impermeabilización de cubierta y de los anclajes para colocar placas solares

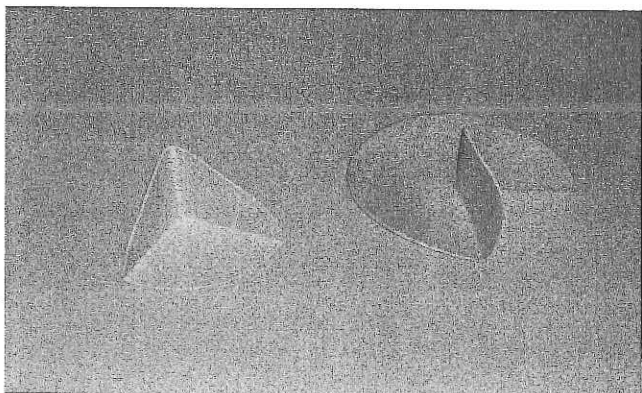


Figura 3.81. Piezas prefabricadas para reforzar la impermeabilización en rincones y esquinas

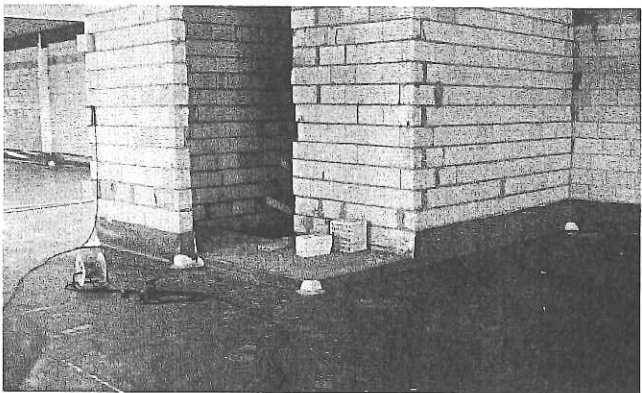


Figura 3.82. Impermeabilización en rincones y esquinas

Sin embargo, es imprescindible solucionar los encuentros para que no incidan sobre el comportamiento de la cubierta. Por una parte, es necesario tener en cuenta el peso que la estructura debe soportar (calderas, evaporadoras, condensadoras, bancadas flotantes, etc.). Por otra, estos elementos no deben transmitir vibraciones al resto del edificio, lo que obliga a disponer una solera flotante, aislada de la estructura portante en todos los puntos mediante la inserción de aislamientos especiales (figuras 3.87 y 3.88). Por último, la evacuación de aguas tiene que realizarse sin ningún impedimento, garantizando la estanquidad.

3.5.11. Placas solares

El requisito actual de ahorro de energía producida mediante combustibles fósiles está obligando a su sustitución o complementariedad con energías alternativas, proliferando la disposición sobre las cubiertas de placas solares, tanto de tipo térmico (para la producción de agua caliente sanitaria o para calefacción) como de tipo fotovoltaico (para electricidad).

En una cubierta plana estas placas pueden colocarse:

- Directamente sobre una subestructura apoyada en la cubierta que no produzca el punzonamiento de los materiales subyacentes y colocando pesos que impidan el vuelco de las mismas por la acción del viento (figura 3.90).
- Dejando previstos unos anclajes para apoyo de las placas (figuras 3.79 y 3.80) o realizar éstos sobre vigas resaltadas de cubierta o zócalos de hormigón, para favorecer la adecuada evacuación del agua y el buen funcionamiento de la cubierta (figuras 3.91 y 3.92).

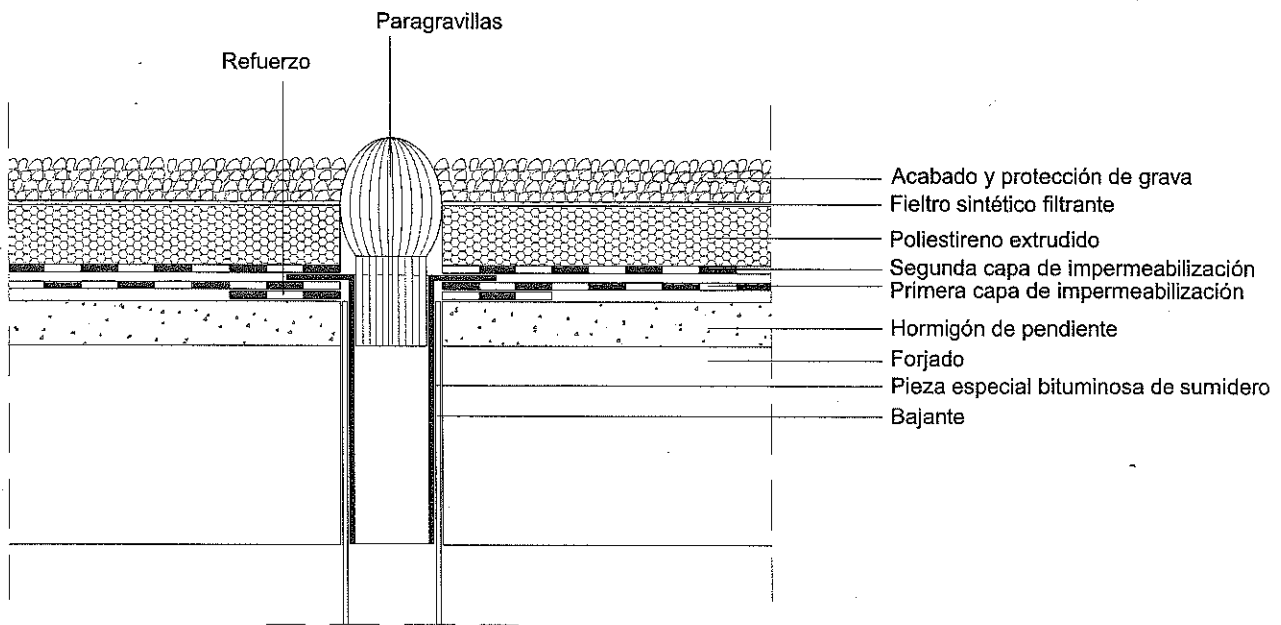


Figura 3.83. Encuentro con el sumidero. Impermeabilización bituminosa

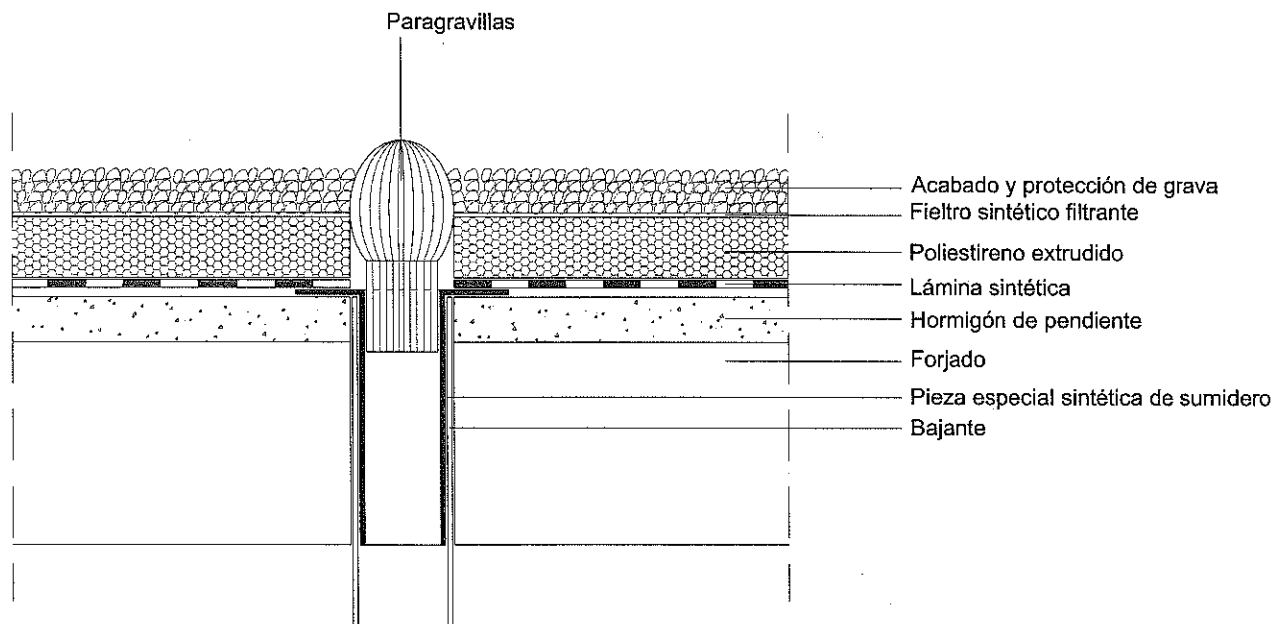


Figura 3.84. Encuentro con el sumidero. Impermeabilización sintética

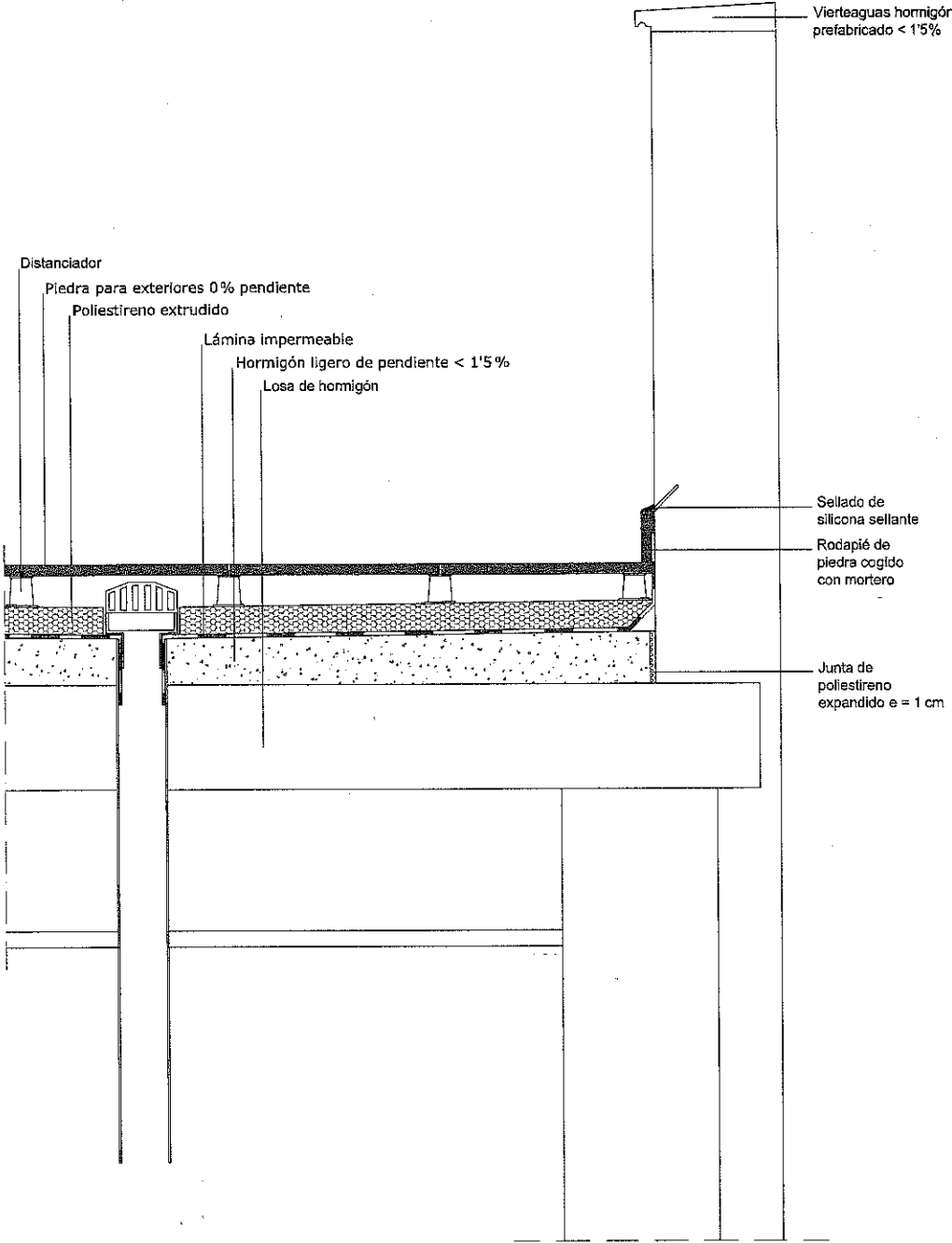


Figura 3.85. Encuentro con el sumidero. Cubierta transitable de placas flotantes

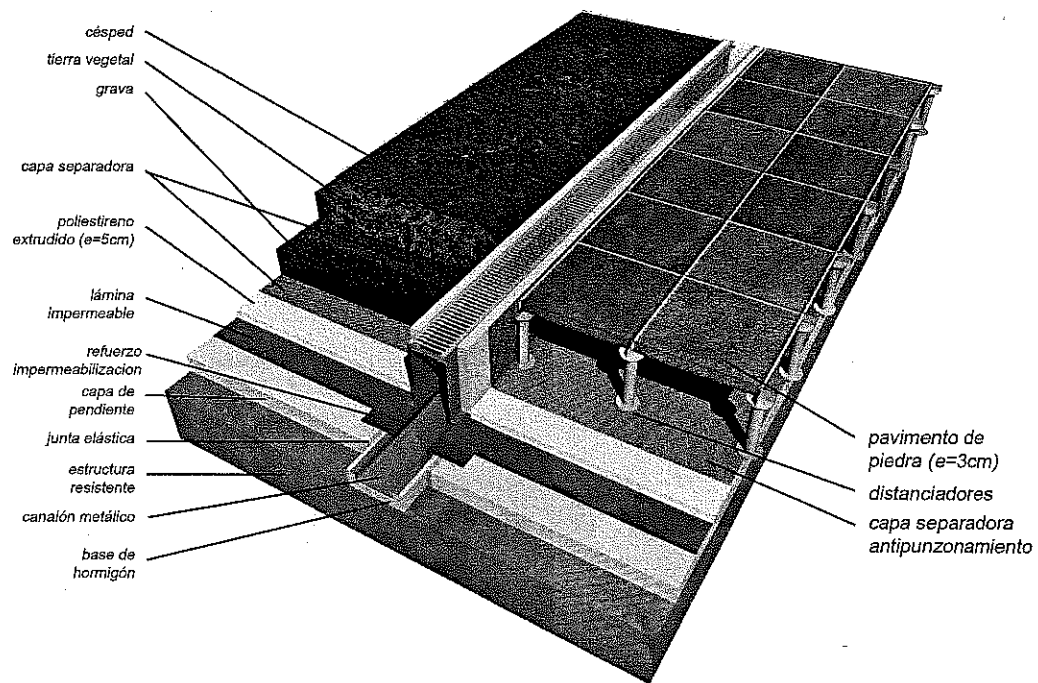


Figura 3.86. Rejilla sumidero en encuentro entre cubierta ajardinada y transitable

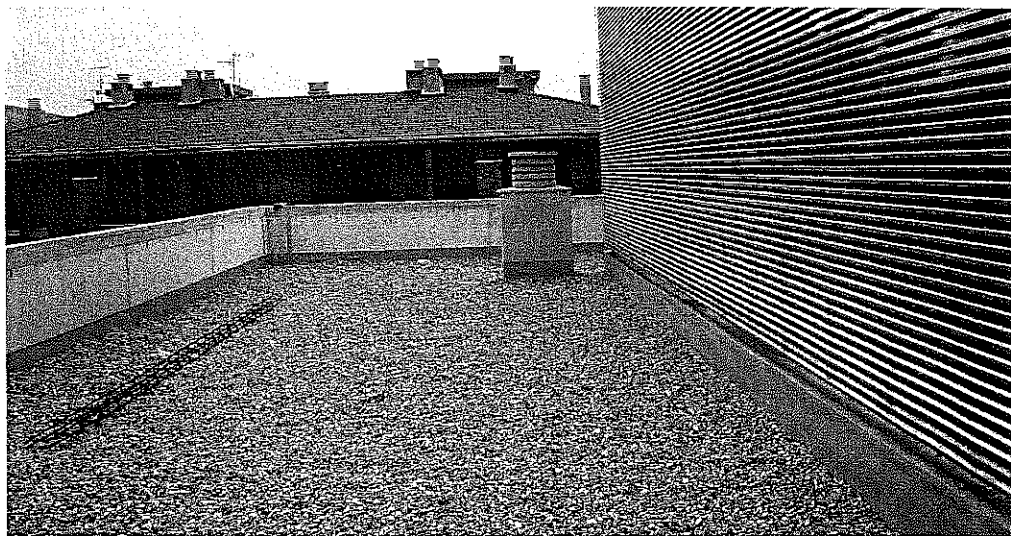


Figura 3.87. Sala de máquinas sobre cubierta

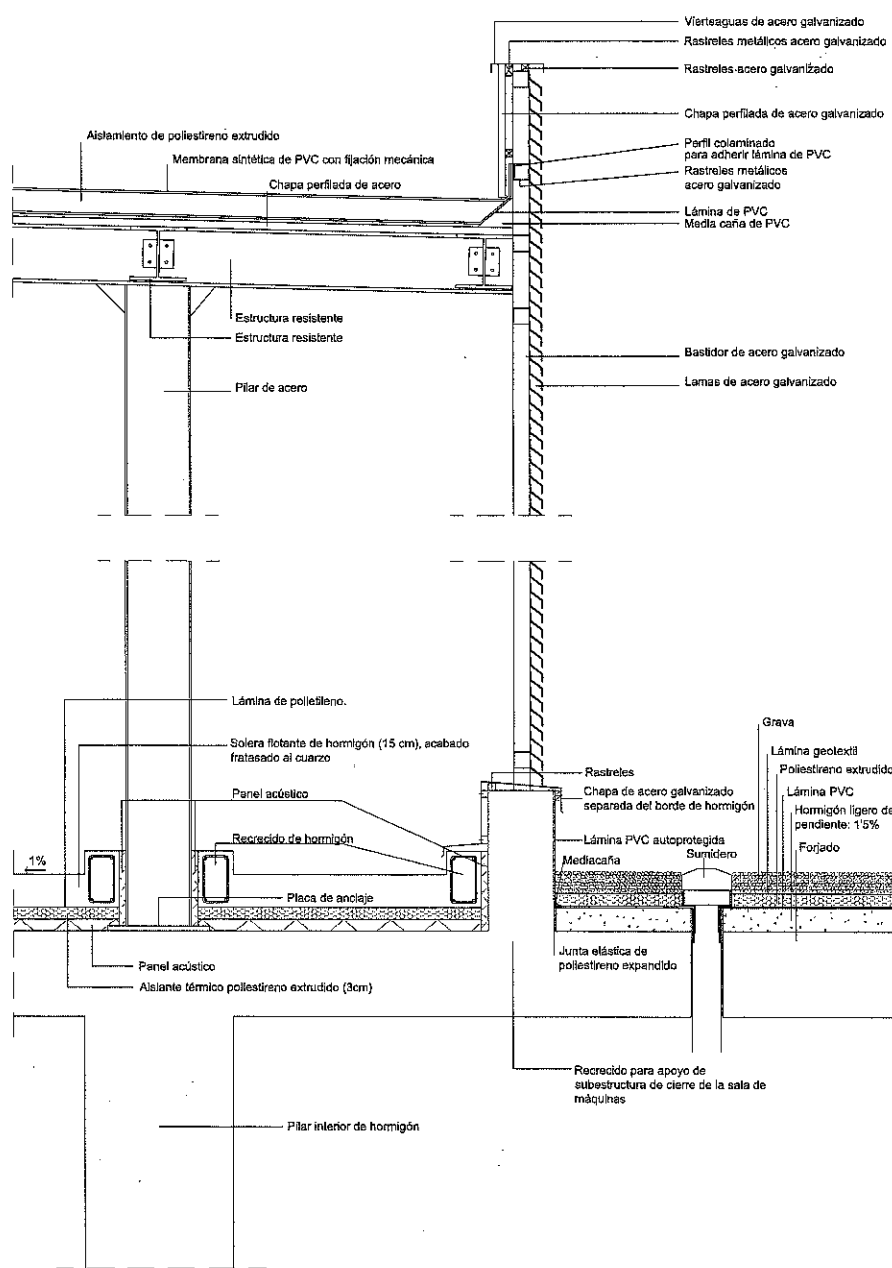


Figura 3.88. Detalle de sala de máquinas sobre cubierta (*)

(*) Solución empleada en el proyecto de ampliación de Clínica Padre Menni de Pamplona. Arquitectos: Ana Sánchez-Ostiz, Purificación González, Fernando Oto y Javier Senosiain.

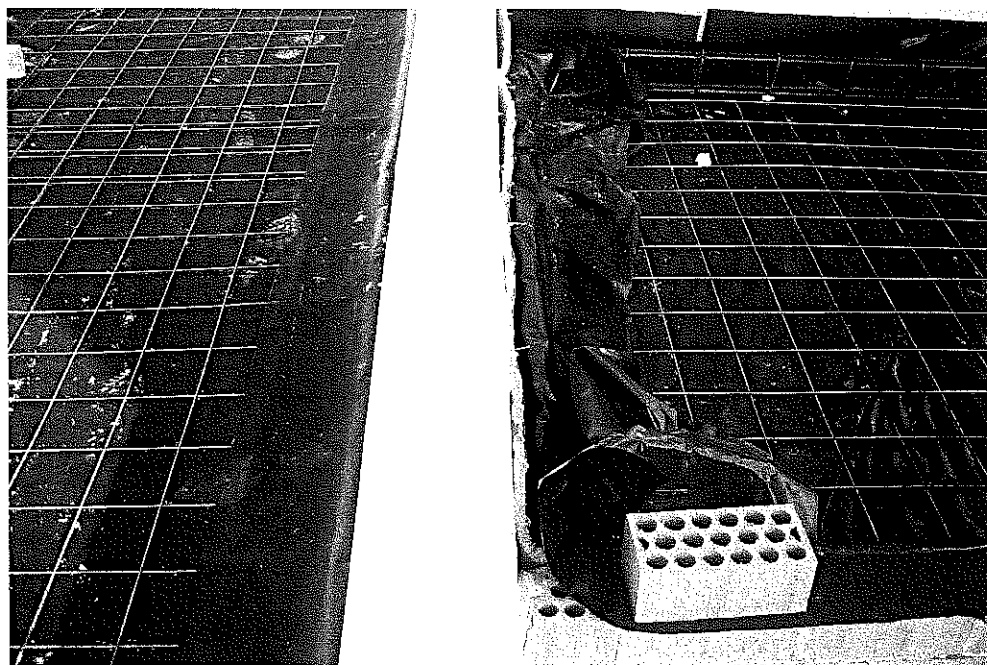


Figura 3.89. Independencia de la solera de apoyo y el resto de la estructura (*)

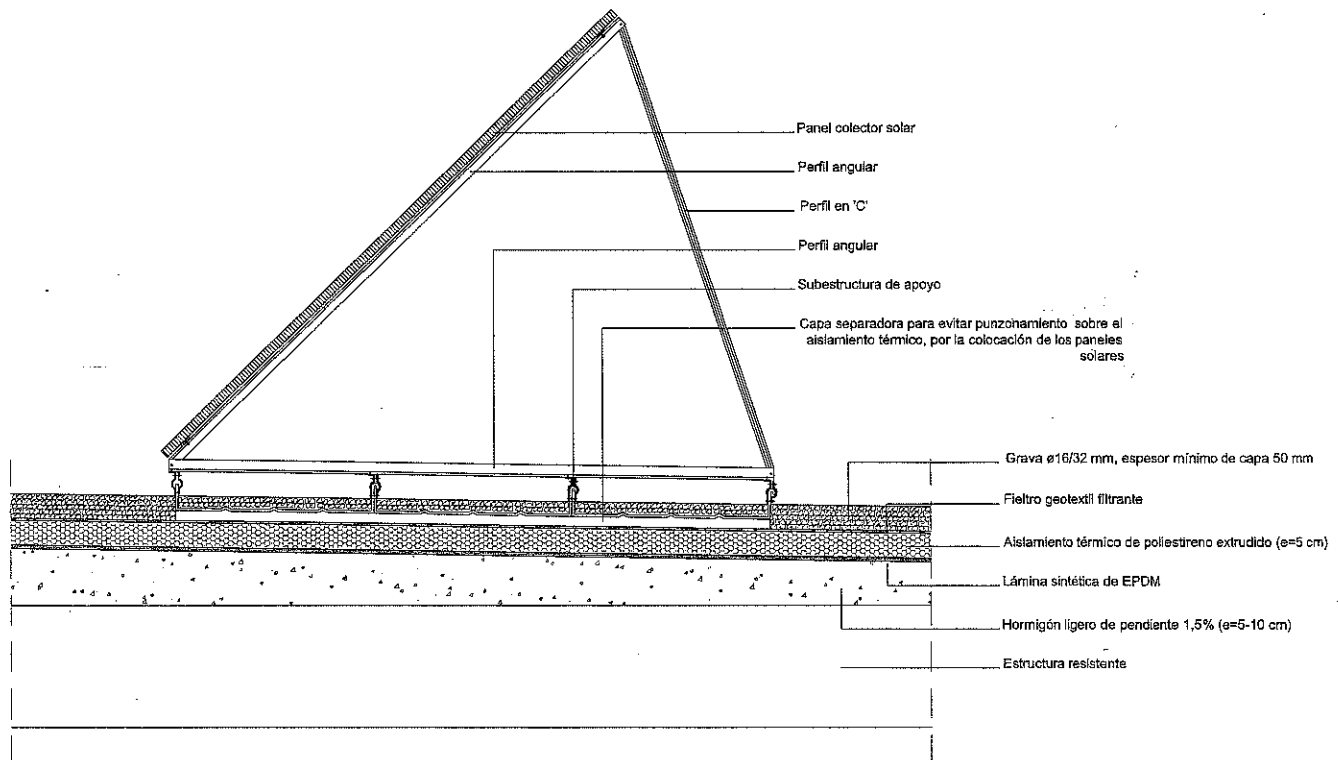


Figura 3.90. Apoyo de placas solares sobre cubierta plana

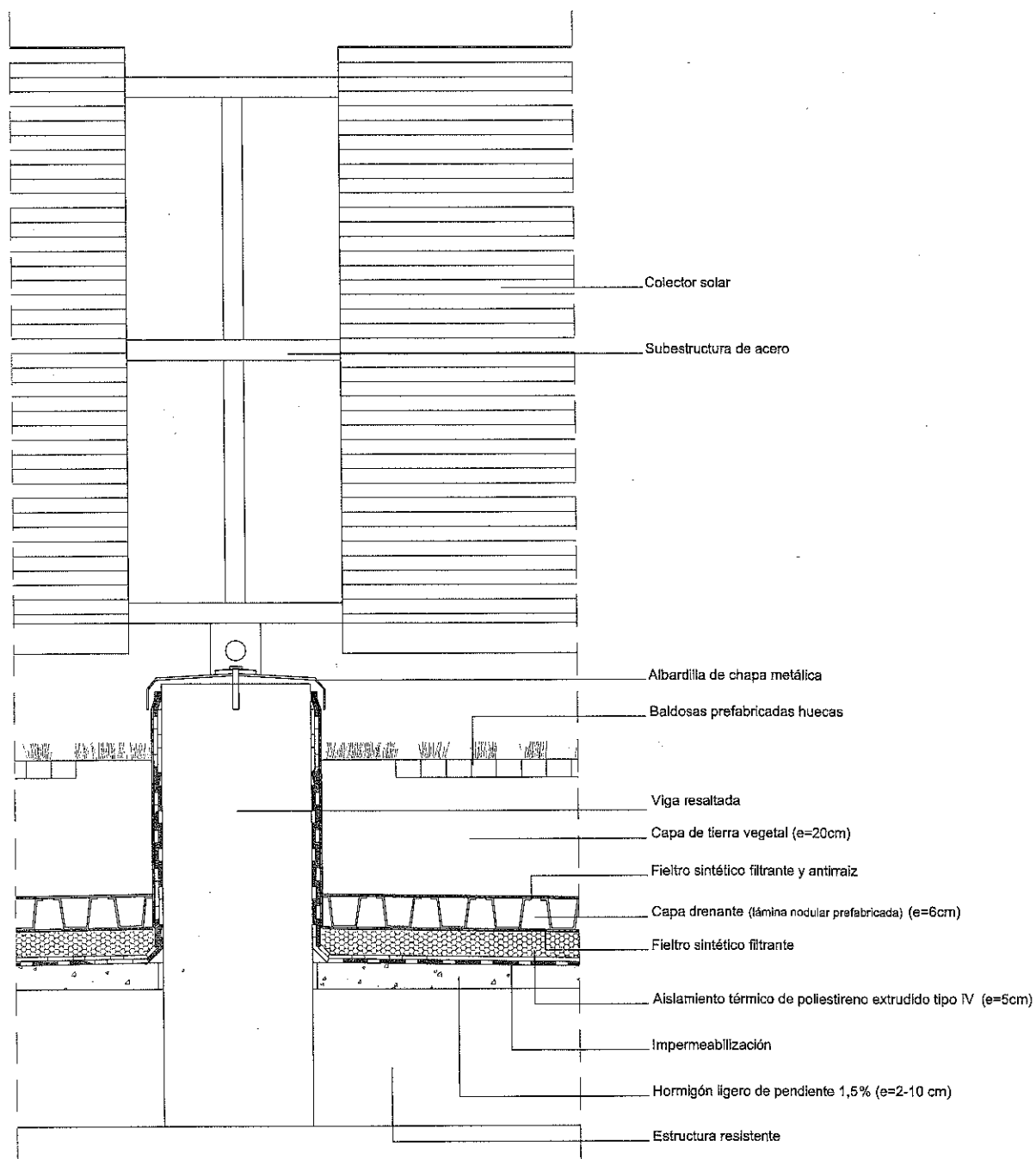


Figura 3.91. Fijación de placas solares sobre cubierta ajardinada

3.5.12. Encuentro con huecos de iluminación cenital

En el capítulo 5 de esta publicación se describe el tema de la iluminación cenital y, por lo tanto, los detalles de encuentro entre la cubierta opaca y los elementos transparentes se recogen en dicho capítulo.

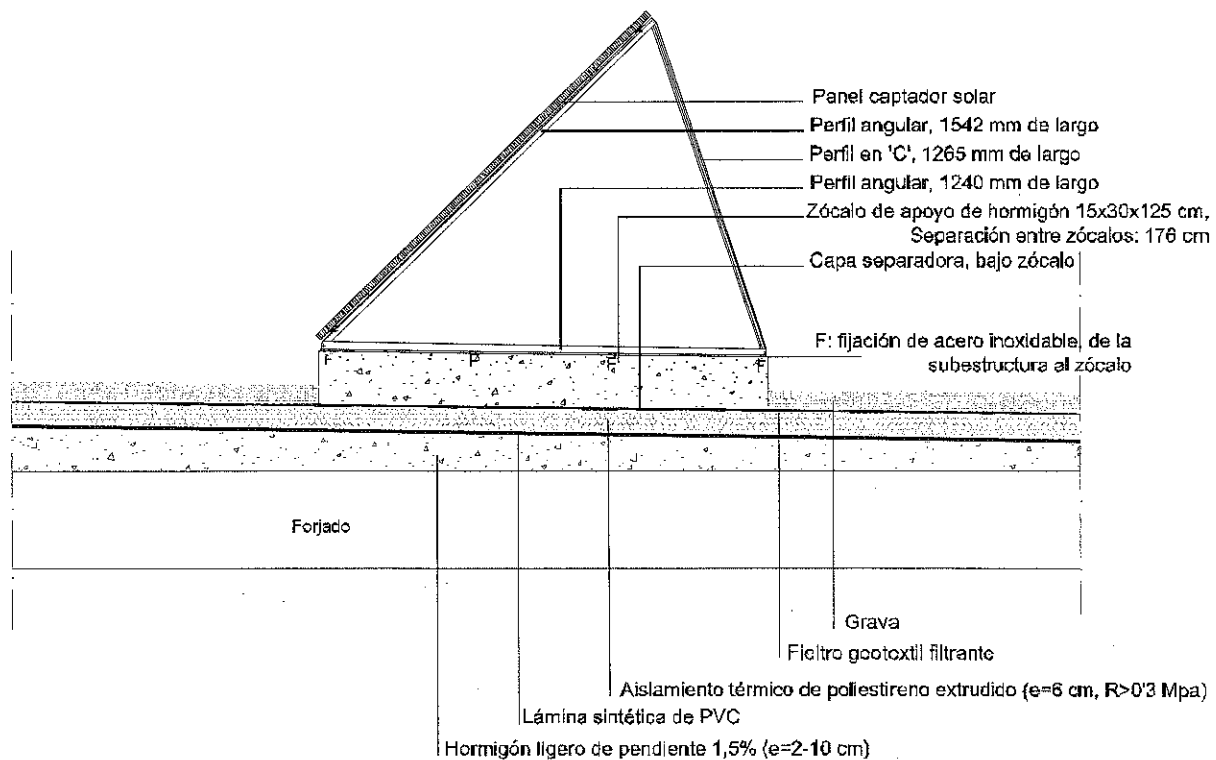


Figura 3.92. Fijación de placas solares sobre zócalo de hormigón (*)

(*) Solución empleada en el proyecto del Hospital Psiquiátrico Padre Menni de Valladolid. Arquitectos: Ana Sánchez-Ostiz, Purificación González, Fernando Oto y Javier Senosiain.

4

CUBIERTAS INCLINADAS

- 4.1. Introducción
- 4.2. Coberturas
 - 4.2.1. Tejas
 - 4.2.2. Pizarras
 - 4.2.3. Placas asfálticas
 - 4.2.4. Láminas metálicas
 - 4.2.5. Placa de fibrocemento
 - 4.2.6. Placa ondulada bituminosa
 - 4.2.7. Placas sintéticas
 - 4.2.8. Placas metálicas
 - 4.2.9. Placa de fibrocemento con aislamiento
 - 4.2.10. Placa metálica con aislamiento incorporado
 - 4.2.11. Panel sándwich
- 4.3. Aislamientos térmicos
- 4.4. Soportes de cobertura
 - 4.4.1. Rastreles
 - 4.4.2. Correas y cabrios
 - 4.4.3. Tabiques aligerados
 - 4.4.4. Tableros de madera o derivados
 - 4.4.5. Tablero cerámico
 - 4.4.6. Tablero de hormigón
 - 4.4.7. Placa de fibrocemento o metálica
 - 4.4.8. Soportes compuestos con tableros de madera
 - 4.4.9. Soportes compuestos con placa de hormigón o metálica
 - 4.4.10. Otros soportes compuestos
- 4.5. Estructura resistente
- 4.6. Sistema de evacuación de aguas
 - 4.6.1. Canales
 - 4.6.2. Bajantes



CONTENIDO

- 4.7 Soluciones constructivas para cada tipo de cobertura
- 4.8 Puntos singulares
 - 4.8.1 Juntos
 - 4.8.2 Encuentro con paramento vertical
 - 4.8.3 Encuentro con elementos pasantes
 - 4.8.4 Borde lateral
 - 4.8.5 Anclaje de elementos
 - 4.8.6 Encuentro con el canalón
 - 4.8.7 Limahoyas
 - 4.8.8 Cumbreiras y limatesas
 - 4.8.9 Alero
 - 4.8.10 Piezas especiales de ventilación
 - 4.8.11 Placas solares
 - 4.8.12 Huecos de iluminación central

- Anexo 1. Puntos singulares para tejas
- Anexo 2. Formas y dimensiones de las pizarras
- Anexo 3. Puntos singulares para pizarras
- Anexo 4. Puntos singulares para placas asfálticas
- Anexo 5. Puntos singulares para cubiertas de láminas metálicas
- Anexo 6. Perfiles de placas metálicas
- Anexo 7. Puntos singulares para placas metálicas
- Anexo 8. Puntos singulares para panel sandwich
- Anexo 9. Cuadro resumen de coberturas

4.1. INTRODUCCIÓN

La cubierta inclinada es aquella que tiene una pendiente superior al 5%.

En general, está formada por uno o varios de los siguientes componentes, cuyas funciones se han definido en el capítulo 2 (figura 2.1): cobertura, aislamiento térmico, soporte de cobertura, estructura resistente y evacuación de aguas.

A su vez, estos componentes pueden ser simples (productos que tienen una sola función, como el soporte o el aislamiento térmico) o compuestos (cuando cumplen varias funciones específicas a la vez, por ejemplo, paneles sándwich de cobertura y aislamiento).

Hay que recordar que en las cubiertas inclinadas la impermeabilidad se garantiza, en primer lugar mediante coberturas de bajo coeficiente de absorción

de agua, en segundo lugar con la pendiente adecuada para cada material y zona climática, y por último, mediante los solapes precisos entre cada pieza o por la resolución de las juntas. Por lo tanto, no es necesario el empleo de láminas impermeables si se cumplen adecuadamente las condiciones anteriores; en el caso de que se quiera disminuir el mantenimiento de la cubierta, se puede disponer por debajo de la cobertura fieltros o capas separadoras impermeables al agua y permeables al vapor de agua, por ejemplo de polipropileno.

4.2. COBERTURAS

La cobertura puede resolverse con componentes simples o compuestos (figura 4.1).

COBERTURA DE COMPONENTES SIMPLES	
Piezas solapadas pequeñas	Tejas (cerámica, hormigón, metálica, de gres...)
	Pizarra
	Placas asfálticas
Piezas solapadas grandes	Placa de fibrocemento
	Placa ondulada bituminosa
	Placas sintéticas (polimetacrilato de metilo, poliéster reforzado con fibra de vidrio, PVC, policarbonato)
	Placas metálicas (acero, acero inoxidable, aluminio)
Chapas o láminas metálicas	Zinc
	Cobre
	Plomo
	Acero
	Acero inoxidable
COBERTURA DE COMPONENTES COMPUESTOS	
Placas con aislamiento	Placa de fibrocemento
	Placa metálica
Panel sándwich	

Figura 4.1. Tipología de coberturas

La colocación de las coberturas de piezas solapadas depende de la pendiente de la cubierta y del tamaño de las piezas. Estas pueden ir clavadas sobre rastreles y/o sobre soportes continuos (en las piezas pequeñas) o sobre correas (en las piezas grandes). Los rastreles pueden disponerse en una capa (horizontales) o en dos capas (verticales y horizontales) para evitar que se acumule agua en ellos, siendo la ventilación más adecuada desde el alero a la cumbrera.

La colocación de las láminas metálicas y de las placas asfálticas, se realiza sobre soportes continuos, ya que no tienen rigidez suficiente.

Los componentes compuestos son productos industrializados que incorporan conjuntamente la cobertura y el aislamiento térmico. Pueden ser placas de fibrocemento o metálicas con aislamiento de poliuretano, o un panel sándwich de dos piezas plegadas de igual o diferente naturaleza y forma, con aislamiento térmico entre ambas, generalmente de espuma de poliuretano.

En el anejo 9 se recoge un cuadro resumen de las características de los diferentes componentes de cobertura, que a continuación vamos a ver.

4.2.1. Tejas

Definición

Son piezas pequeñas que, convenientemente solapadas o encajadas, proporcionan la estanquidad a la cubierta.

Tipos

En función del material pueden ser:

- Cerámicas. Obtenidas mediante prensado o extrusión, secado y cocción, de una pasta arcillosa.
- De hormigón. Constituidas por una mezcla de cemento, áridos y agua.
- De gres.
- Metálicas.

- De vidrio o plástico traslúcido. Utilizadas para iluminar espacios bajo cubierta. Tienen dimensiones iguales o múltiplos de las de las tejas.

Las más empleadas son las cerámicas de arcilla cocida y las de hormigón.

Por su forma se clasifican en tres tipos: curva, mixta y plana.

a) *Teja Curva*. Se denomina también "teja árabe". Es un elemento que tiene forma de canal (figuras 4.2, 4.3 y 4.4). Se coloca alternando una fila con la canal hacia abajo (cobija) y otra con la canal hacia arriba (canal).

b) *Teja mixta*. Es una teja que alterna un perfil curvo y uno plano (por el que discurre el agua) en una misma pieza, con un sistema de encaje longitudinal y otro transversal (figuras 4.5, 4.6 y 4.7).

c) *Teja plana*. Es una teja de perfil plano y cuenta con un sistema de encaje longitudinal y otro transversal (figuras 4.8, 4.9 y 4.10). Se coloca de igual manera que las tejas mixtas.

Se distinguen tres clases de tejas planas: plana marsellesa o alicantina, monocal, plana con encaje (figura 4.11).

Pendientes apropiadas

Se recomiendan (CTE-HS1) las siguientes pendientes mínimas para cada tipo de teja:

- Teja curva: 26%.
- Teja mixta y plana monocal: 30%.
- Teja plana marsellesa o alicantina: 40%.
- Teja plana con encaje: 50%.

Por debajo de estos límites deben adoptarse medidas especiales para garantizar la estanquidad del tejado. Por encima de estos límites deben tomarse precauciones para asegurar la estabilidad de las tejas frente al deslizamiento. En el caso de que la teja se coloque sobre una placa, por ejemplo de fibrocemento, se puede tomar como límite inferior la menor de las pendientes exigidas.

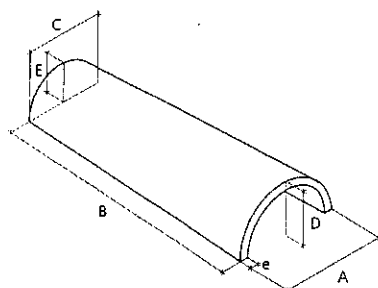


Figura 4.2. Teja curva (Hispalit)

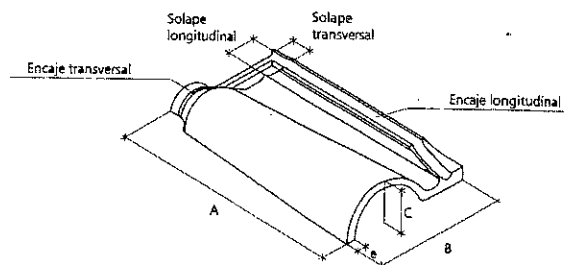


Figura 4.5. Teja mixta (Hispalit)

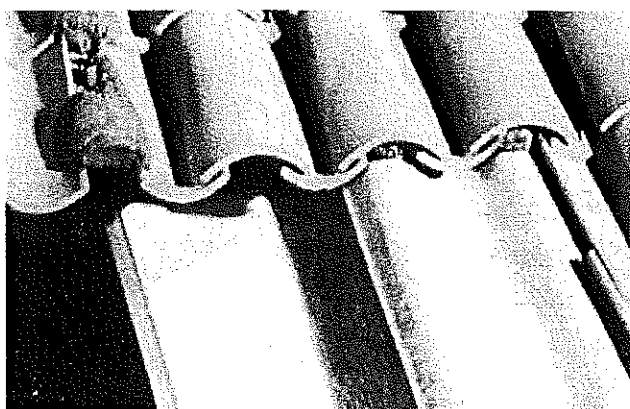


Figura 4.3. Cubierta de teja curva (Uralita)

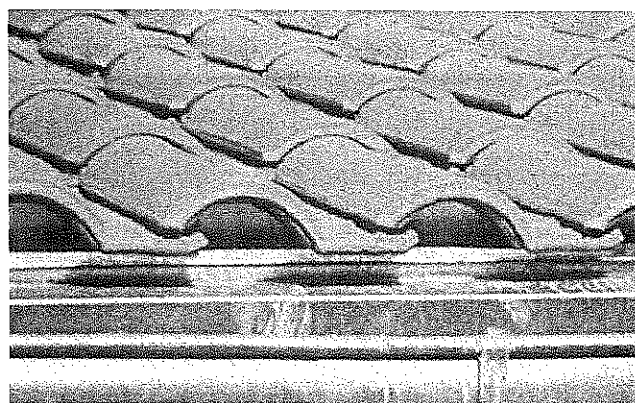


Figura 4.6. Cubierta de teja mixta

DIMENSIONES	A = 10 - 22 cm B = 20 - 50 cm C = 8 - 18 cm D = 6 - 9 cm E = 4 - 6 cm e = 12 - 15 mm
N.º de piezas por m ²	20 - 100 piezas
Peso por m ²	35 - 50 kg
Peso unitario	0,35 - 2,5 kg
Solape mínimo	70 - 150 mm
Paso de agua	> 30 mm
Intereje de colocación	18 - 35 cm

Figura 4.4. Características morfológicas de tejas curvas (Hispalit)

DIMENSIONES	A = 43 - 56 cm B = 26 - 32 cm C = 6 - 12 cm e = 15 - 22 mm
N.º de piezas por m ²	10 - 14 piezas
Peso por m ²	39 - 48 kg
Peso unitario	2,8 - 4,8 kg
Solape longitudinal	40 - 80 mm
Holgura solape longitudinal	0 - 25 mm
Solape transversal	30 - 60 mm
Holgura solape transversal	0 - 15 mm

Figura 4.7. Características morfológicas de tejas mixtas (Hispalit)

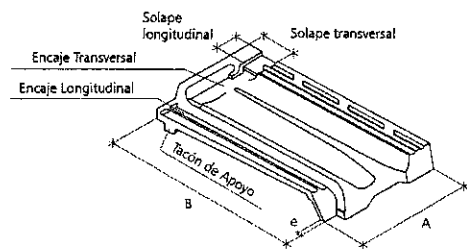


Figura 4.8. Teja plana (Hispalyt)

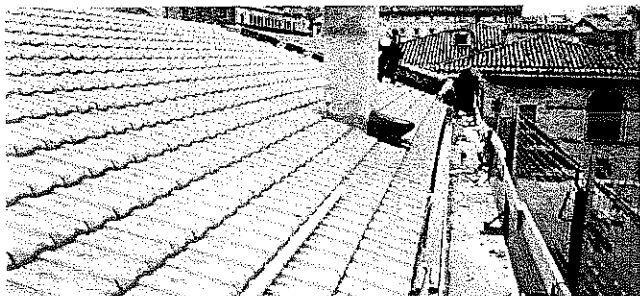
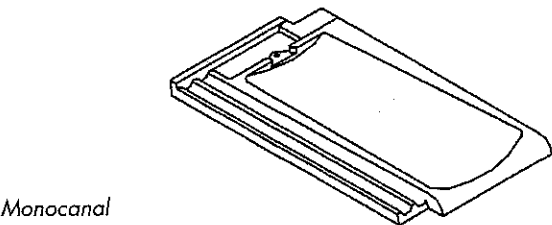
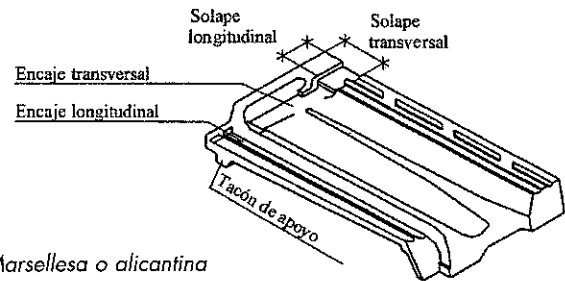


Figura 4.9. Cubierta de teja plana



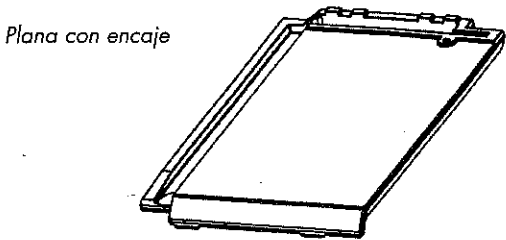
Monocanal



Marsellesa o alicantina

DIMENSIONES	A = 44 - 48 cm B = 26 - 29 cm e = 15 - 22 mm
N.º de piezas por m²	10 - 14 piezas
Peso por m²	39 - 40 kg
Peso unitario	2,8 - 4 kg
Solape longitudinal	40 - 80 mm
Holgura solape longitudinal	15 - 25 mm
Solape transversal	40 - 60 mm
Holgura solape transversal	0 - 15 mm

Figura 4.10. Características morfológicas de tejas planas (Hispalyt)



Plana con encaje

Figura 4.11. Clases de tejas planas (UNE 136020)

Además, en función de que la teja sea de hormigón o de cerámica y en función del sistema de fijación se dan otros intervalos de pendiente que vienen reflejados en el apartado de *Montaje*.

Piezas especiales

Para la ejecución de puntos singulares (encuentro con paramentos verticales o con ventanas, remates laterales, etc.) se suelen utilizar chapas de materiales metálicos (zinc, acero inoxidable...) y/o piezas prefabricadas especiales (remate lateral, cumbreras, ventilación, etc.).

En la figura 4.12 se recogen algunos ejemplos de piezas especiales. Las tejas de ventilación y otros elementos como rastreles de alero o cierres de cumbrera y limatesas que permiten la ventilación de la cámara de aire, tienen que llevar una protección para la entrada de insectos y pájaros.

Cuando se emplean tejas de ventilación, hay que colocar aproximadamente una cada 10 m², aunque depende del grado de ventilación que se quiera proporcionar a la cámara de aire.

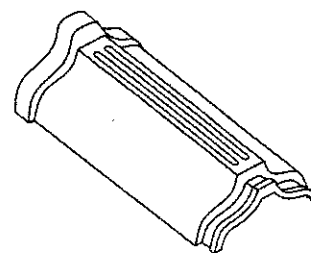
En el apartado 4.8 de este capítulo y en el Anejo 1 se exponen algunas soluciones para la ejecución de puntos singulares en cubiertas de teja.

Normas

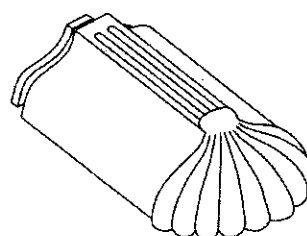
La norma de tejas de hormigón es la UNE EN 490 y la de cerámica, la UNE EN 1304. La colocación de las primeras se basa en la norma UNE 127100, mientras que para las segundas es la UNE 136.020.

Soporte de cobertura

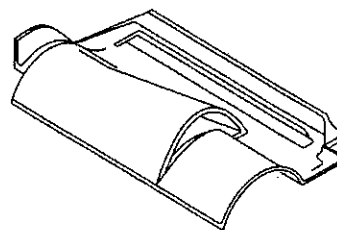
El soporte de cobertura para la teja puede ser continuo, si el sistema de fijación es con mortero; o discontinuo si es por rastreles. Cada vez se utiliza más este último. Los rastreles pueden ser de madera o metálicos de acero galvanizado o aluminio (perfiles Omega, en U o en C).



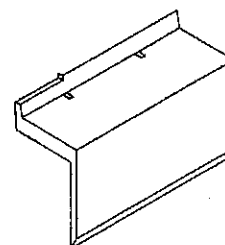
Caballete



Final de caballete



Teja de aireación



Remate lateral

Figura 4.12. Tejas especiales (Hispalyt)

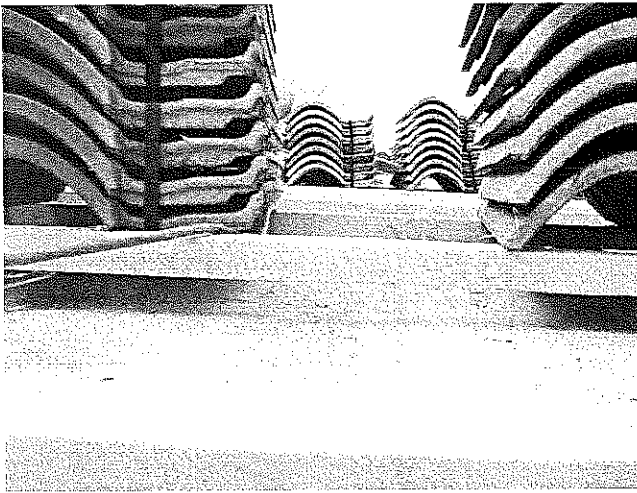


Figura 4.13. Colocación de tejas sobre rastreles

Elementos de fijación

La fijación de las tejas se realiza con:

- Gancho: elemento metálico dotado de un resorte, que se adapta a la teja o al accesorio especial y se utiliza para sujetarlo al rastrel.
- Clip: elemento metálico rígido que se emplea con rastrel.
- Tornillo: utilizado con rastrel. Debe ser de rosca adecuada al material del rastrel.
- Clavo: para rastrel. Tiene que llevar un tratamiento para evitar la corrosión.
- Mortero: se utilizan los morteros de cemento M-2.5 y los morteros mixtos de cemento y cal. Para las tejas especiales y accesorios de aleros y puntos singulares se debe usar, mortero M-5 hidrófugo.
- Adhesivos, espumas y siliconas: se emplearán bajo las indicaciones de los fabricantes, debiendo asegurar su adherencia, durabilidad y compatibilidad con las tejas y sus accesorios.

Los clavos y tornillos deben tener un diámetro mínimo de 3 mm y una longitud de 50 mm. Se debe

evitar que la excesiva presión pueda romper la teja, por ello es recomendable el uso de arandelas flexibles. Como material se emplea el acero inoxidable, evitándose el acero galvanizado por su menor durabilidad.

Montaje

Las tejas especiales y los accesorios del perímetro (bordes laterales, cumbreira, encuentro con paramentos verticales...) deben ir fijados en su totalidad. Para el resto de piezas, se determina el número que debe fijarse en función de la zona geográfica y de las características propias del lugar, de la pendiente de la cubierta y del tipo de tejas.

Las normas UNE 127100 y UNE 136020 dividen España geográficamente en tres zonas (mapa de la figura 4.14).

Además, existen tres tipos de situaciones locales propias de la zona de emplazamiento del proyecto:

- Lugar protegido: Hondonada rodeada de colinas que la protegen de los vientos dominantes o más fuertes.
- Lugar normal: Llano o meseta con desniveles poco importantes.
- Lugar expuesto: Zonas fuertemente azotadas por el viento, litoral hasta 5 km de la costa, islas o penínsulas estrechas, estuarios o bahías encajonadas, valles estrechos, montañas aisladas y puertos de montaña.

Para determinar el número de tejas que se deben fijar, en función de la zona geográfica y de la pendiente de la cubierta, se pueden emplear las tablas de la figura 4.15 para las tejas de hormigón y la de la figura 4.16 para las cerámicas.

Los solapes verticales mínimos entre las tejas se determinan en función de la zona (altitud topográfica, vientos, tormentas, etc.) donde se encuentre la obra (mapa de zonificación de la figura 4.14) y la pendiente de la cubierta. En general, estarán comprendidos entre 7 y 15 cm. En la tabla 4.17 figuran

los solapes adecuados para tejas curvas o mixtas sin encaje.

En las tejas planas y mixtas con encajes, el solape dependerá del sistema de encaje establecido por el fabricante, que nunca debe ser inferior a 4-8 cm en dirección longitudinal y 3-6 cm en dirección transversal.

La teja de cumbrera tiene que estar solapada 10 cm en dirección contraria a los vientos dominantes y debe volar 5 cm sobre las del faldón (figura 4.18).

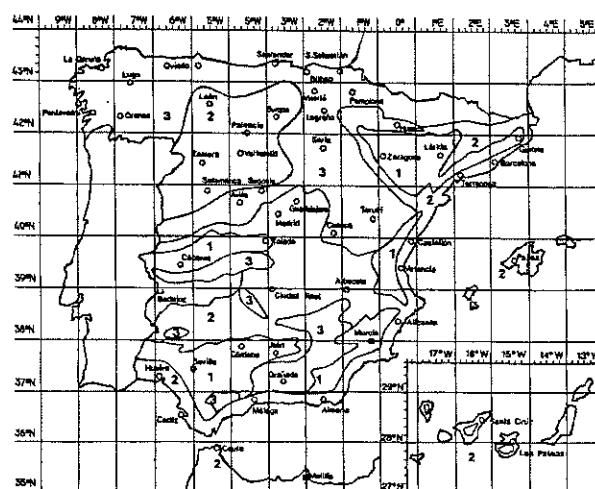


Figura 4.14. Zonificación (UNE 127100 y UNE 136020)

FIJACIÓN DE TEJAS DE HORMIGÓN EN FUNCIÓN DE LA ZONA Y LA PENDIENTE				
ZONA	PENDIENTE EN % (grados)	ALTURA < 12 m	ALTURA ENTRE 12 y 30 m	ALTURA > 30 m
3	≤ 47 ($\leq 25^\circ$)	Ninguna	Una de cada cuatro	Todas
	$47 < P \leq 84$ ($25 < P \leq 40^\circ$)	Una de cada cuatro	Una de cada dos	Todas
	$84 < P \leq 143$ ($40 < P \leq 75^\circ$)	Una de cada dos	Todas	Todas
	$143 < P$ ($75^\circ < P$)	Todas	Todas	Todas
2	≤ 47 ($\leq 25^\circ$)	Ninguna	Ninguna	Una de cada dos
	$47 < P \leq 58$ ($25 < P \leq 30^\circ$)	Ninguna	Una de cada cuatro	Todas
	$58 < P \leq 100$ ($30 < P \leq 45^\circ$)	Una de cada cuatro	Una de cada dos	Todas
	$100 < P \leq 173$ ($45 < P \leq 60^\circ$)	Una de cada dos	Todas	Todas
	$173 < P$ ($60^\circ < P$)	Todas	Todas	Todas
1	≤ 84 ($\leq 40^\circ$)	Ninguna	Ninguna	Ninguna
	$84 < P \leq 100$ ($40 < P \leq 45^\circ$)	Ninguna	Ninguna	Todas
	$100 < P \leq 143$ ($45 < P \leq 55^\circ$)	Ninguna	Una de cada cuatro	Todas
	$143 < P \leq 173$ ($55 < P \leq 60^\circ$)	Una de cada cuatro	Una de cada dos	Todas
	$173 < P \leq 214$ ($60 < P \leq 65^\circ$)	Una de cada dos	Una de cada dos	Todas
	$214 < P \leq 275$ ($65 < P \leq 70^\circ$)	Una de cada dos	Todas	Todas
	$275 < P$ ($70^\circ < P$)	Todas	Todas	Todas

Figura 4.15. Fijación de tejas de hormigón (UNE 127100)

FIJACIÓN DE TEJAS CERÁMICAS	
1. Tejas curvas	
Canales. Se fijan todas al soporte.	
En pendientes entre el 26-70%: todas las tejas cobijas cada cinco filas verticales.	
En pendientes mayores del 70% o en zonas de fuertes vientos, sitio expuesto o grado sísmico > 7, todas las tejas (canales y cobijas) se fijan exclusivamente mediante ganchos o clavos.	
En aleros, limatesas, limahoyas, laterales, cumbreras, encuentros con paramento vertical y puntos singulares, se fijan todas las tejas.	
2. Tejas planas y mixtas	
Pendientes 25-40%	Las tejas quedan simplemente apoyadas sobre los rastreles mediante los tacones que incorporan.
Pendientes 40-100%	Todas se reciben con mortero M-2,5, quedando embebidos en el mismo los tacones que posee la teja en su cara interior. En caso de que se utilicen rastreles, se fijan una de cada cinco tejas (en sentido horizontal) con clavos, tornillos o ganchos.
Pendientes 100-173%	Se fija sobre rastreles una de cada cinco tejas (en sentido horizontal) con clavos, tornillos o ganchos.
En pendientes mayores del 173% o en zonas de vientos fuertes, sitio expuesto o grado sísmico > 7, se fijan todas sobre los rastreles con clavos, tornillos o ganchos.	
En aleros, limatesas, limahoyas, laterales, cumbreras, encuentros con paramento vertical y puntos singulares, se fijan todas las tejas.	

Figura 4.16. Fijación de tejas cerámicas (Hispalyt)

SOLAPO VERTICAL											
PENDIENTE % (GRADOS °)	< 30 < 17	30 17	32 18	34 19	36 20	38 21	40 22	42 23	44 24	46 25	> 46 > 25
Zona 1	150	135	130	125	120	115	110	100	90	80	70
Zona 2	→	145	140	135	130	125	120	110	100	90	80
Zona 3	→	→	150	145	140	135	130	120	110	100	90
→ Aumentar pendiente											

Figura 4.17. Solapo vertical mínimo en mm para tejas

4.2.2. Pizarras

Definición

La pizarra es una roca sedimentaria laminar, dura pero fácilmente exfoliable, poco abrasiva y de color negro azulado, aunque puede presentar colores variados, según su lugar de procedencia, e incluso dentro de una misma cantera o mina. La textura puede ser lisa, normal o rugosa. Sin embargo, hay que comprobar en los suministros que el aspecto de las pizarras sea lo más uniforme posible. En las utilizadas para cubiertas, los principales componentes son los fluosilicatos, con un contenido en carbonatos siempre inferior al 20%.

Tipos y dimensiones

Tienen diversas formas: rectangulares, romboidales, octogonales... El tamaño de las piezas suele oscilar entre los 18 x 27 y los 30 x 60 cm, con un espesor no inferior a los 3 mm, siendo habitual utilizar piezas entre 4 y 6 mm.

Las características geométricas de las pizarras figuran en el Anejo 2.

Pendientes apropiadas

La pendiente mínima de este tipo de cobertura es 30% según la norma UNE 22190-3, mientras que el CTE establece el 60%.

Piezas especiales

Aunque existen piezas específicas de pizarra para realizar los puntos singulares, tiene una mayor dificultad su ejecución y requiere mano de obra especialista, por lo que se suelen utilizar bandas metálicas de acero inoxidable (figura 4.19), cobre, zinc o aluminio (Anejo 3). No se deben utilizar nunca chapas galvanizadas porque presentan problemas de corrosión y el óxido que se deposita en las piezas, al desprenderse, puede formar sobre las pizarras manchas blanquecinas imposible de eliminar.

Normas

Las características de las pizarras y su forma de ejecución se recogen en la norma UNE 22190.

Soporte de cobertura

Se colocan sobre rastreles de madera (normalmente de pino) que tienen que tener la humedad de equilibrio y tratamientos fungicidas e insecticidas. A su vez, esos rastreles pueden ir sobre tablero, o sobre

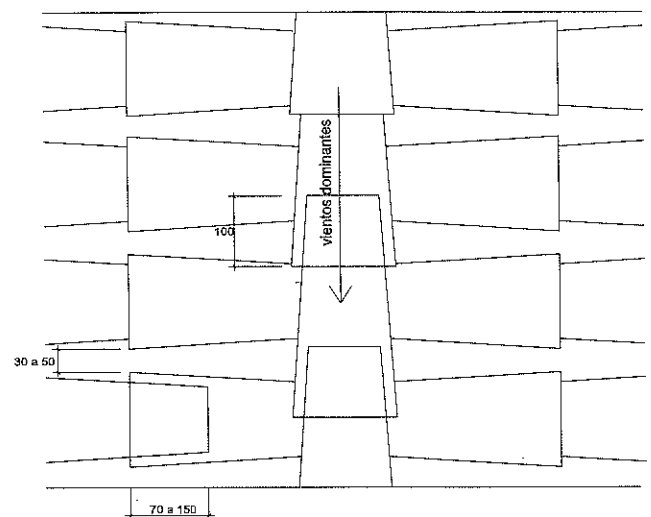


Figura 4.18. Tejas de cumbrera

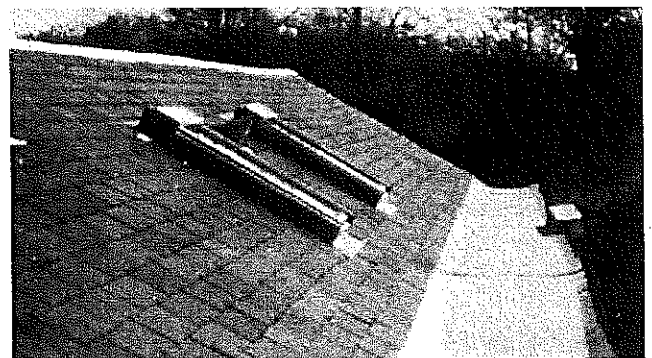


Figura 4.19. Cubierta de pizarra con canalón de acero inoxidable (Ugine)

DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	SECCIÓN DEL RASTREL (b x h) (mm)
Hasta 400 mm	40 x 20
Hasta 450	40 x 25
Hasta 550	40 x 30
Hasta 600	40 x 40
b, anchura del rastrel / h, altura del rastrel	

Figura 4.20. Sección de rastreles de apoyo (UNE 22190)



Figura 4.21. Fijación de pizarras mediante ganchos

rastreles verticales o cabrios. Cuando las pizarras son de pequeño tamaño también pueden colocarse sobre un tablero continuo, protegido de la humedad.

La sección de los rastreles es función de la distancia entre los puntos en los que se apoya, adoptándose los valores de la tabla de la figura 4.20. Sin embargo, esta sección también depende de la disposición constructiva del aislamiento térmico y de la cámara de aire, por lo que la altura de dicho rastrel suele ser mayor para crear la cámara de aire ventilada.

Elementos de fijación

La sujeción de las placas de pizarra se realiza mediante clavos o ganchos:

- **Clavos.** Son puntas especiales de cabeza ancha y sin rebabas. El vástago puede ser cilíndrico o de sección cuadrada, preferentemente con muescas en su parte inferior, en forma de anzuelo, para dificultar su desclavado. Su longitud varía de 25 a 40 mm, así como el diámetro del vástago de 2,5 a 3 mm, mientras que el diámetro de la cabeza es constante de 6 mm. Son de acero inoxidable al cromo-níquel (18/8) o de cobre. Estos últimos tienen menor resistencia y por ello se utilizan menos. Se suelen colocar uno ó dos clavos por pizarra en la zona de cabeza. La penetración mínima del clavo en la madera debe ser 18 mm.
- **Ganchos.** Son de acero inoxidable (18/8) de diámetro $2,7 \pm 0,05$ mm y longitud igual al recubrimiento más dos veces el diámetro del alambre. Pueden tener varias formas: rectos, ondulados, de ojal y gancho doble. Cada placa de pizarra está sujeta por cuatro ganchos: uno en la arista maestra de cabeza, otro en la arista maestra de base y otros dos adosados a las aristas laterales.

La colocación con gancho permite un trabajo más rápido y menos laborioso, las reparaciones son más sencillas y en conjunto, facilitan una sujeción general mayor que con clavo, ya que con éste es más probable que puedan romperse las piezas de pizarra. Sin embargo, aunque se utilicen ganchos, las zonas de puntos singulares como limas, alero, etc., tienen que ir fijadas con clavos. También se utilizan éstos cuando la pendiente es elevada.

Montaje

La colocación se inicia de alero a cumbrera. Sobre la hilera precedente se sitúa la siguiente, encima y desplazada lateralmente una distancia igual a media placa. Las aristas laterales quedan paralelas a la línea de máxima pendiente, y las aristas de cabeza, horizontales y perpendiculares.

La colocación puede ser de tres tipos:

- **Clásica:** Es la manera habitual de colocar las pizarras. Los solapes en el sentido de la pendiente serán de las $2/3$ partes del tamaño de la pieza, de forma que existen tres espesores o gruesos de pizarra (figura 4.22).
- **A granel:** Que utiliza pizarras de formas y tamaños no uniformes (figura 4.23). Ofrece un aspecto rústico y se colocan siempre con clavos. La ejecución de una cubierta de estas características resulta muy laboriosa, requiriéndose mano de obra muy experimentada.
- **Modelos cuadrados:** se emplean formatos cuadrados o rombicos y su puesta en obra se realiza situando la diagonal de la placa en posición horizontal. Así, en el centro de ésta únicamente hay un espesor, mientras que en la parte donde se coloca el gancho coinciden cuatro pizarras, resultando una zona de tres espesores (figura 4.24). Para facilitar el montaje, se suelen cortar los vértices de las placas. El solape varía entre 6,7 y 7,7 cm. Dimensiones habituales de las piezas suelen ser: 25 x 25, 30 x 30, 32,5 x 32,5, 35 x 35 cm.

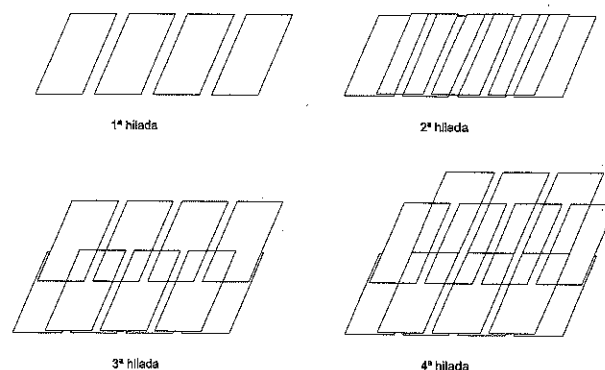


Figura 4.22. Pizarras. Colocación clásica

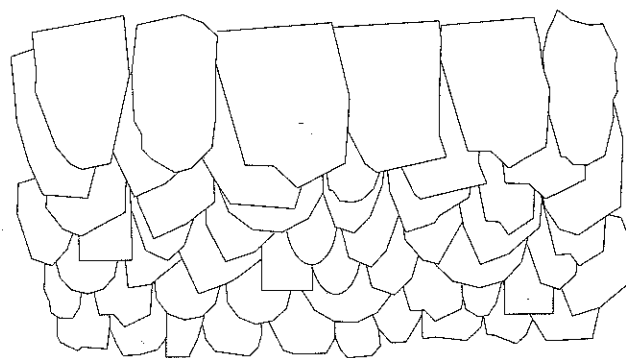


Figura 4.23. Pizarras. Colocación a granel

4.2.3. Placas asfálticas

Definición

Son productos bituminosos prefabricados en piezas de pequeño tamaño y diversas formas, constituidas por una armadura, recubrimientos bituminosos, material antiadherente como acabado inferior y una protección mineral exterior de color natural o pigmentado en color rojo, verde, gris. El acabado superior debe ser resistente a la radiación ultravioleta. Pueden llevar también gránulos de cobre o ir recubiertas totalmente de una lámina de cobre. Tienen forma generalmente rectangular y presentan una parte continua y varias faldillas que quedan en la parte visible de la cubierta.

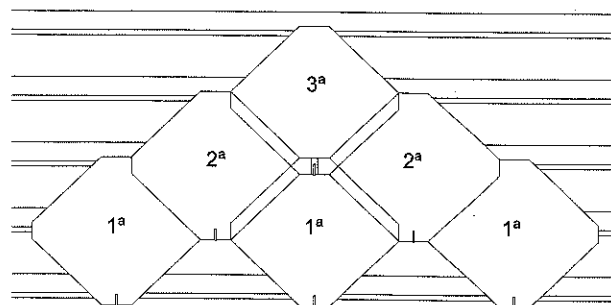


Figura 4.24. Pizarras. Colocación de modelos cuadrados



Figura 4.25. Cubierta de placas asfálticas



Figura 4.26. Colocación de placas asfálticas

Características

Las placas deben presentar un aspecto uniforme y carecer de defectos tales como agujeros, bordes desgarrados, roturas, grietas, protuberancias, hendiduras, etc., excepto sus cortes y señales típicas.

Las dimensiones principales son fijadas por el fabricante, aunque se establece como longitud máxima 120 cm y como anchura mínima 30 cm.

La norma UNE EN 544 clasifica las placas en clase 1 y clase 2, en función de requisitos diferentes para la superficie adhesiva, la masa de la armadura de fibra de vidrio, la resistencia a tracción, la temperatura de deslizamiento y la temperatura de formación de ampollas. La clase 1 cumple todos los requisitos climáticos europeos por sus características y prestaciones, mientras que la clase 2 sólo cumple algunos.

Pendientes apropiadas

La pendiente mínima de la cubierta debe ser del 15%. En el caso de pendientes inferiores al 20% se recomienda colocar debajo de la placa una lámina impermeabilizante de oxiasfalto o de betún modificado.

Piezas especiales

Para la ejecución de los puntos singulares se suelen utilizar piezas premoldeadas, acompañadas en ocasiones con láminas impermeabilizantes de refuerzo de oxiasfalto o de betún modificado (Anejo 4).

Normas

Las características de las placas asfálticas vienen recogidas en la norma UNE EN 544 y las instrucciones para su colocación en la norma UNE 104400/2.

Soporte de cobertura

Al ser piezas flexibles requieren de un soporte continuo con una superficie regular, lisa y sin cantos vivos, de manera que la aplicación de láminas y pla-

cas pueda realizarse sin que éstas sufran agresiones mecánicas.

El soporte debe tener el espesor suficiente para que asegure firmemente la fijación y ser químicamente compatible con láminas y placas. Entre otros, pueden ser forjados de hormigón, tableros cerámicos sobre los que se aplicará una capa de mortero bien regularizado y con un espesor mínimo de 2 cm, o tableros de madera tratados contra la humedad, los insectos y los hongos.

Elementos de fijación

Para la unión al soporte se emplean clavos (acero galvanizado, aluminio o cobre) y grapas (acero galvanizado) de 2 cm de longitud. La unión entre las placas se realiza mediante soplete (gas propano, butano u otro) o adhesivos (masillas, colas, productos de aplicación en frío, etc.) (figura 4.26).

Montaje

La colocación se realiza desde el alero hacia la cumbre, desplazando la fila superior la mitad de la longitud de la faldilla con respecto de la inferior. En todos los casos, las placas asfálticas deben disponer de un solape funcional ≥ 50 mm y una parte vista ≤ 140 mm.

Se fijan las placas mediante clavos o grapas y, posteriormente, se procede al sellado de las faldillas mediante soplete o adhesivos específicos (figuras 4.27 y 4.28).

4.2.4. Láminas metálicas

Definición

Es un elemento plano o lineal, en general de pequeño espesor (figura 4.30), que puede ser de zinc, plomo, cobre, acero y acero inoxidable, de tamaños y formas variados, aunque normalmente suelen ser rectangulares (figura 4.29). También se les denomina chapas lisas totalmente soportadas.

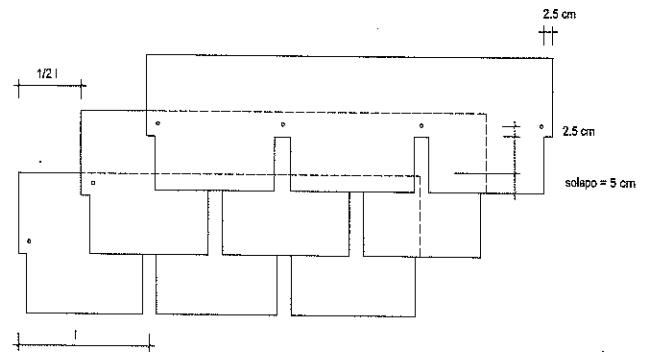


Figura 4.27. Fijación de las placas asfálticas

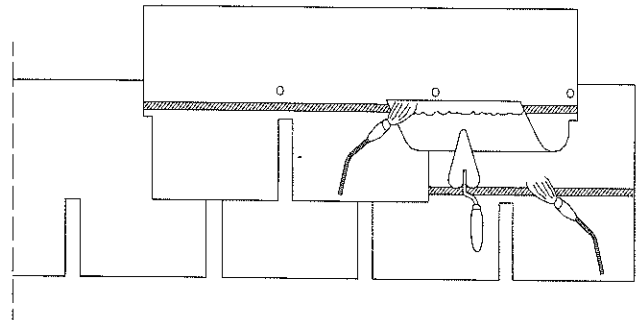


Figura 4.28. Placas asfálticas. Adhesión de las faldillas

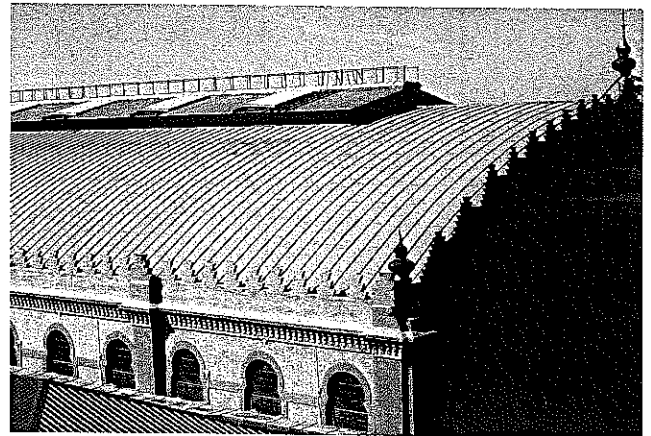


Figura 4.29. Tejado de láminas metálicas

Características

En la tabla de la figura 4.30 se han recogido las características dimensionales de las láminas metálicas.

El *plomo* es un material muy maleable, por lo que fácilmente puede conformarse para adaptar sus hojas a los encuentros más difíciles, aunque requiere grosores importantes ($\geq 1,8$ mm) para proporcionar estanquidad, lo que da lugar a perfiles y doblados toscos, y a un mayor precio. Es estable a la corrosión por la pátina que se forma sobre su superficie.

Empieza a estar en desuso fundamentalmente porque su ingestión, inhalación o absorción a través de la piel es peligroso para la salud, ya que se acumula en el organismo (ataca a la sangre y causa daños en otros órganos). Su campo de aplicación se restringe prácticamente a la rehabilitación de cubiertas.

El *cobre* también es maleable, pero puede ser trabajado en láminas de pequeño espesor. Se forma una pátina de color marrón al principio y verde con el paso de los años, que protege al material del ambiente exterior.

LÁMINA	CARACTERÍSTICAS		
	ESPESOR (mm)	LONGITUD (mm)	ANCHURA (mm)
Zinc	0,6 0,65 0,7 0,8 1	2000 3000 Otra bajo pedido	Entre 100 y 1000 en múltiplos de 50
Plomo	0,5 1 1,5 2 2,5 3 4 5	2000 5000	500 800 1000
Cobre	0,5 0,6 0,7 0,8 1	2000 3000	500 600 670 700 800 1000 1250
Acero inox.	0,4 0,5 0,8	≤ 4000	450 500 650 Hasta 1250

Figura 4.30. Características dimensionales de las láminas metálicas

El *zinc*, por el contrario, es un material poco maleable, lo que hace que no se pueda perfilar con facilidad.

El *acero inoxidable* se caracteriza por su gran resistencia a la corrosión y su alta capacidad mecánica. Sin embargo, debido a su alto coste sólo se utiliza en edificios muy especiales. Los tipos de acero inoxidable deben ser elegidos en función de las condiciones de corrosión del medio ambiente local, de las prescripciones de durabilidad y de las condiciones estéticas.

Las láminas de *acero* tienen un espesor mínimo de 0,6 mm y requieren un tratamiento contra la corrosión, por lo que incorporan un revestimiento metálico (galvanizado, aleación de cinc/aluminio, etc.) con o sin revestimiento orgánico suplementario (acrílico, poliéster, poliuretano, etc.).

Pendientes apropiadas

Las pendientes mínimas para las cubiertas con láminas metálicas es del 10%.

Piezas especiales

Para la ejecución de los puntos singulares se utilizan elementos del mismo material o compatibles con el material de cobertura.

Normas

Las características de las láminas de zinc vienen recogidas en las normas UNE EN 501 y 988, las del cobre en las UNE EN 504 y 1172, las de plomo en la UNE 37203, las del acero en la UNE EN 505, las del acero inoxidable en la UNE EN 502 y por último, las de aluminio en la UNE EN 507.

Soporte de cobertura

Dado el pequeño espesor de las láminas, deben colocarse siempre sobre un soporte continuo que puede ser de pino, abeto o chopo, o tableros hidrófugos. Se deben tener en cuenta las siguientes

incompatibilidades entre las láminas metálicas y los soportes:

Entre el *zinc* y el acero, el cobre, hormigón, mortero, yesos y maderas de roble, castaño o cualquier otra cuyo pH sea inferior a 5, ya que se corroe rápidamente.

Entre el *cobre* y cualquier otro metal en presencia de agua o de humedad; y de manera concreta, con el acero, el aluminio, el hierro, el zinc o el plomo para impedir la corrosión de cualquiera de estos últimos. Asimismo se evitará su contacto con cedro rojo, incluso seco, y con agua de escorrentía que proceda de materiales asfálticos durante su proceso de fraguado o cuando se encuentren húmedos.

Entre el *plomo* y cualquier otro metal en presencia de agua o de humedad; en concreto con el aluminio, zinc o acero para evitar la corrosión de éstos últimos. Además se impedirá su contacto con maderas duras húmedas porque las soluciones diluidas de ácidos orgánicos desprendidas por aquéllas favorecen su lenta corrosión. Podrá disponerse sobre coníferas blandas y secas. También se evitará su unión con materiales asfálticos durante su proceso de fraguado o cuando se encuentren húmedos.

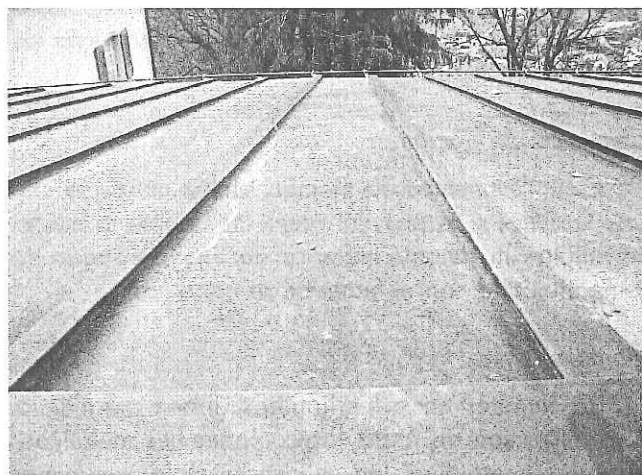
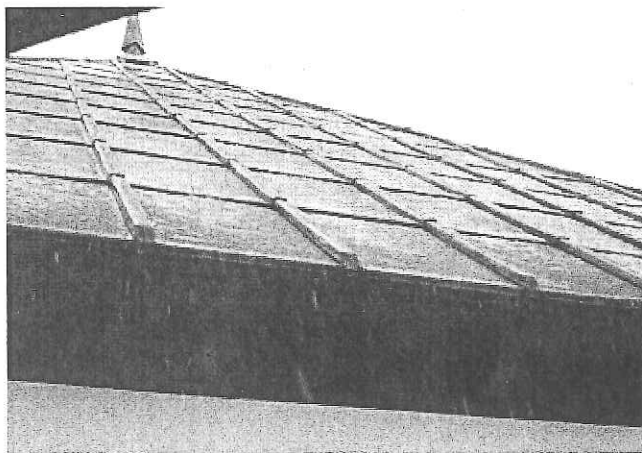
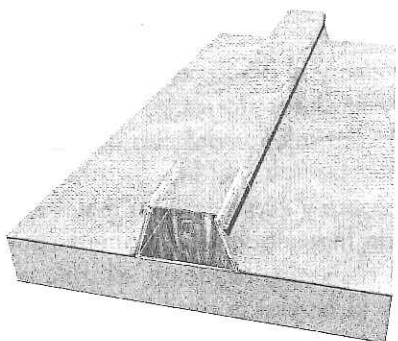
Cuando se coloque una lámina metálica sobre un soporte incompatible se debe disponer una capa separadora entre ellos. Cada vez se emplean más los tableros hidrófugos.

Elementos de fijación

Como elementos de fijación suelen utilizarse clavos, tornillos y grapas de acero inoxidable o cobre. Se utiliza uno u otro material de fijación según su compatibilidad con el material de cobertura.

Montaje

Las uniones entre las láminas deben permitir la libre dilatación de todos los componentes metálicos. La unión longitudinal (en el sentido de la pendiente) se puede realizar mediante diferentes sistemas:



- *Junta sobre listón.* La chapa se une a la de al lado en su borde longitudinal a través de un listón de madera clavado o atornillado al soporte. Entre el listón y la base se colocan patillas de anclaje para fijar la lámina metálica al soporte. Por encima se dispone un tapajuntas que se engatilla a la vez a los bordes laterales de las chapas contiguas y a las patillas de fijación (figura 4.31).
- *Junta hueca.* Se hace una unión engatillada, con la altura suficiente como para doblarse formando un rodillo. Se dobla la lámina inferior en ángulo recto y se fija con grapas. La superior se dobla y el borde se engatilla sobre el de la plancha inferior, con los bordes de las grapas engatillados al mismo tiempo y aplastados contra la lámina. Luego, esta pestaña ya preparada y grapada, se dobla para formar la junta hueca (figura 4.32).
- *Junta engatillada.* En el engatillado se emplean grapas. El borde de la lámina inferior se dobla en ángulo recto y la superior se dobla sobre la inferior dejando una holgura amplia (figura 4.33).
- *Junta alzada.* La unión de los bordes longitudinales de dos chapas contiguas se realiza por un engatillado vertical entre ambas, lo suficientemente alto como para evitar infiltraciones. Se colocan patillas de anclaje para unir las chapas al soporte base (figura 4.34).

La unión transversal (en el sentido perpendicular a la pendiente) entre las láminas se realiza engatillando la lámina superior sobre la inferior, utilizando una patilla de anclaje para sujetar las láminas al soporte. Siempre que la longitud del faldón lo permita se evitará este tipo de junta.

Figura 4.31. Junta sobre listón

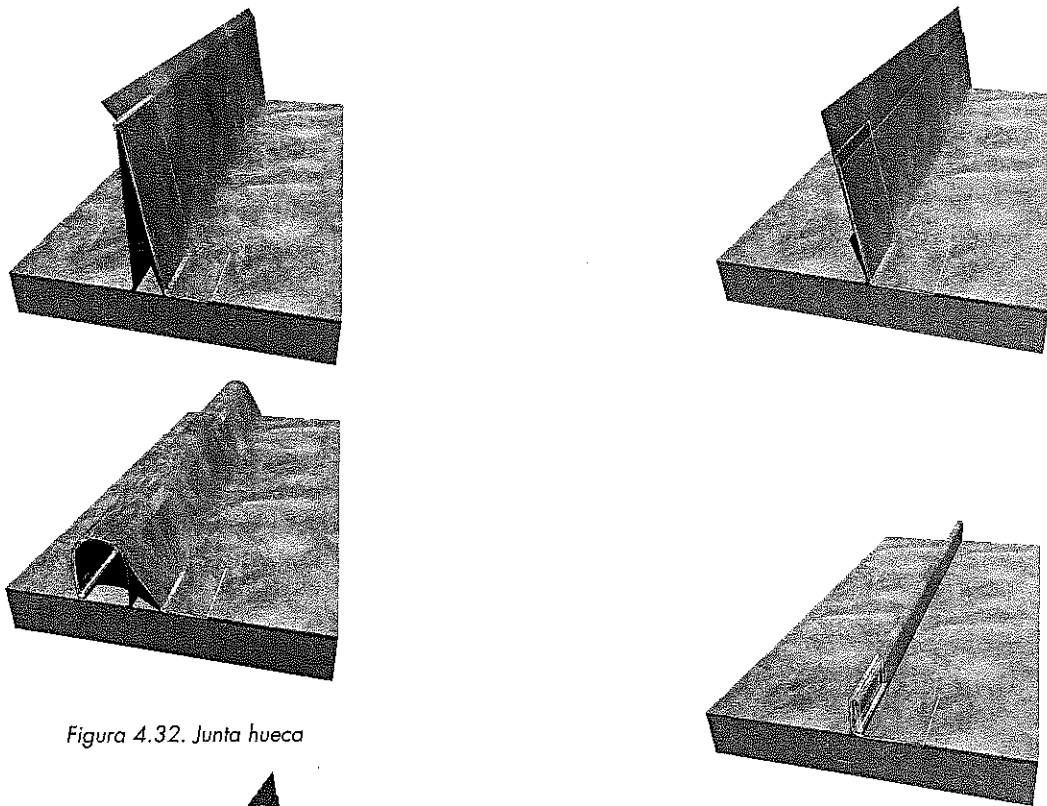


Figura 4.32. Junta hueca

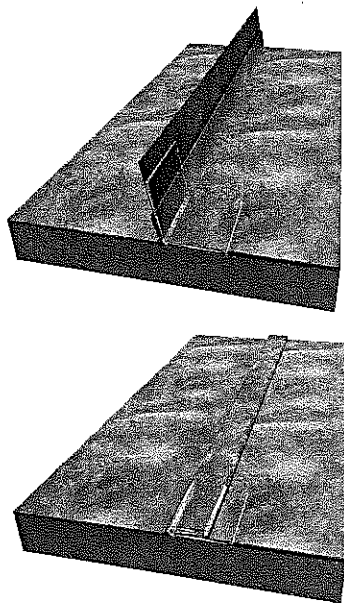


Figura 4.33. Junta engatillada



Figura 4.34. Junta alzada

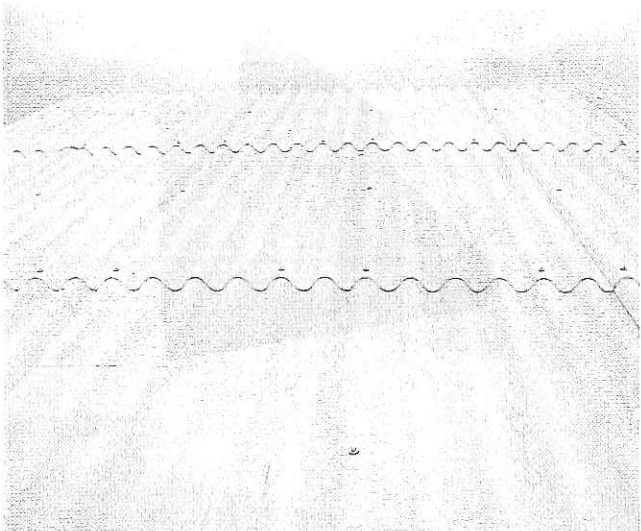


Figura 4.35. Cobertura de fibrocemento

4.2.5. Placa de fibrocemento

Definición

Es una placa ondulada o nervada constituida esencialmente por cemento o un silicato formado por reacción química de un material silíceo con otro cal-cáreo y reforzado con fibras. No lleva amianto en su composición (figura 4.35).

Características

Se clasifican según la norma EN 494 en cinco categorías (A, B, C, D, E) en función de sus caracte-rísticas físicas y mecánicas (figura 4.36). Respecto a la resistencia al choque se clasifican en 3 clases: RA, RB, RC (UNE 88112).

El ancho de las placas suele oscilar entre 1 y 1,5 m y la longitud entre 1,5 y 3 m. Pueden ser onduladas o nervadas.

CLASIFICACIÓN DE LAS PLACAS DE FIBROCEMENTO								
CATEGORÍA	ALTURA DE ONDA O NERVADURA (mm)	PLACAS LARGAS (L > 0,9 m)					PLACAS CORTAS (L ≤ 0,9 m)	
		ESPESOR MÍNIMO (mm)	CARGA DE ROTURA MÍNIMA		MOMENTO FLECTOR MÍNIMO		ESPESOR MÍNIMO (mm)	MOMENTO FLECTOR MÍNIMO (N m/m)
			Clase 1 (N/m)	Clase 2 (N/m)	Clase X (N m/m)	Clase Y (N m/m)		
A	15 a 30	4	1400	1250	40	30	3,5	25
B	25 a 45	5	2500	2000	55	40	4	30
C	40 a 80	5,2	4250	3500	55	40	4	30
D	60 a 120	5,5	7000	5500	55	45	5	40
E	90 a 150	6	12500	8500	55	45	–	–
NOTAS: – En la categoría A se autoriza una clase 3Z especial, con un espesor individual mínimo de 3,5 mm, una carga de rotura mínima de 750 N/m y un momento flector mínimo de 20 Nm/m. – Se permite una clase 3 especial en categoría C con una carga mínima de rotura por metro de ancho de 2200 N/m para placas de longitud superior a 0,9 m e inferior a 1,25 m. – Las placas largas se clasifican según los siguientes criterios: - Altura nominal de las ondas o nervaduras A, B, C, D, E. - Clases: cargas de rotura (1, 2, 3) y momentos flectores (X, Y, Z).								

Figura 4.36. Clasificación de las placas de fibrocemento en función de sus características (UNE EN 494)

Pendientes apropiadas

La pendiente mínima de la cubierta es del 10% para placas de categoría C, D y E, y del 18% para las de categoría B.

Piezas especiales

Para la ejecución de los puntos singulares (Anejo 5) se utilizan piezas especiales prefabricadas de fibrocemento (figura 4.37).

Normas

Las características de las placas de fibrocemento vienen recogidas en la norma UNE EN 494 y el montaje en la UNE 88111. Los elementos de fijación figuran en la norma UNE 88121 y las masillas y complementos de estanquidad, en la UNE 88122.

Soporte de cobertura

El soporte de cobertura suele ser discontinuo: correas (de madera, metálicas, de hormigón o mixtas), tabiques palomeros, etc., ya que las placas, por la forma que tienen y por sus dimensiones, son autorresistentes. Se debe garantizar una anchura mínima de 40 mm de apoyo de la placa, para evitar esfuerzos de cortadura.

Elementos de fijación

Como elementos de fijación se utilizan tornillos (autotaladrantes para correas metálicas, autorroscantes para correas metálicas o de madera...), ganchos para correas metálicas o de hormigón y tirafondos de rosca salomónica para rastreles o correas de madera (figuras 4.38 y 4.39). En general se utilizan tornillos autotaladrantes, que taladran y roscan (figura 4.40).

Montaje

El montaje de las placas se realiza en sentido opuesto a la dirección de los vientos dominantes y de abajo hacia arriba. La dirección de las ondas será la de la línea de máxima pendiente. En cambios de

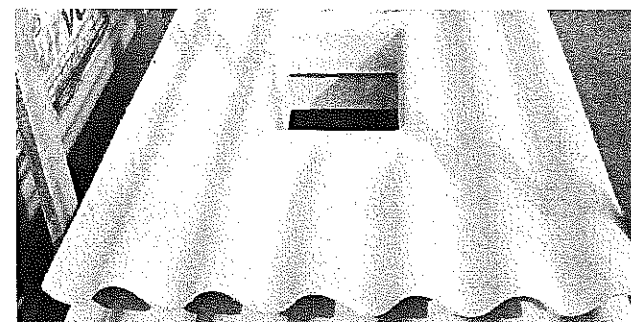
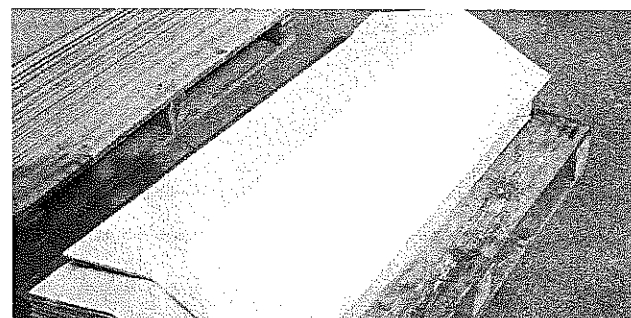
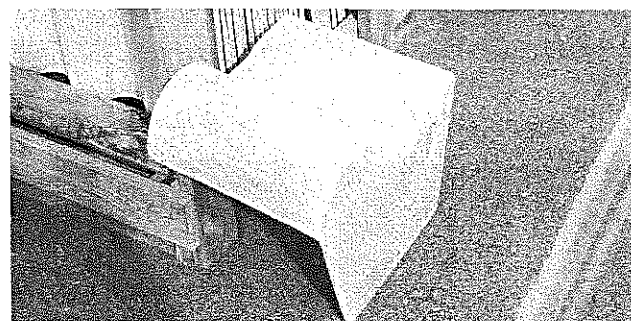
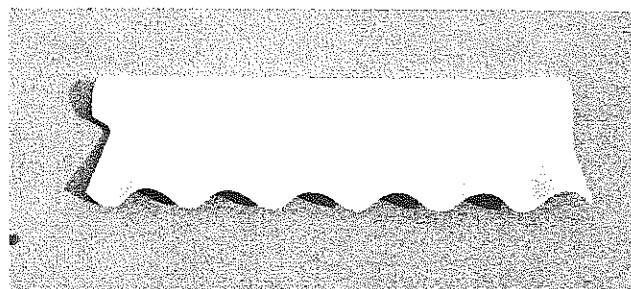


Figura 4.37. Piezas especiales para puntos singulares

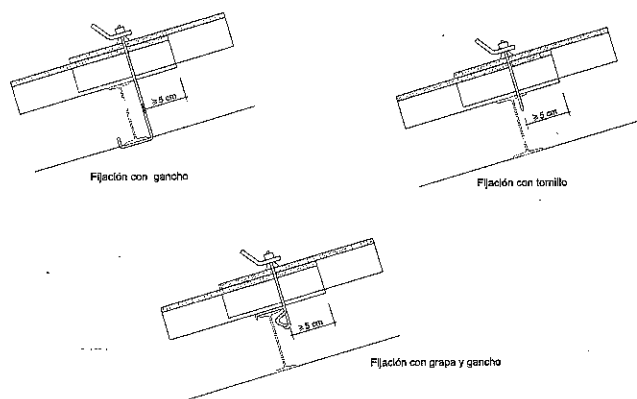


Figura 4.38. Fijación de las placas de fibrocemento

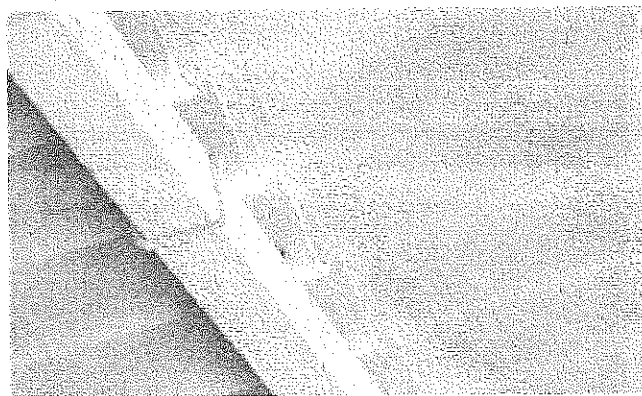


Figura 4.39. Fijación de las placas de fibrocemento con ganchos

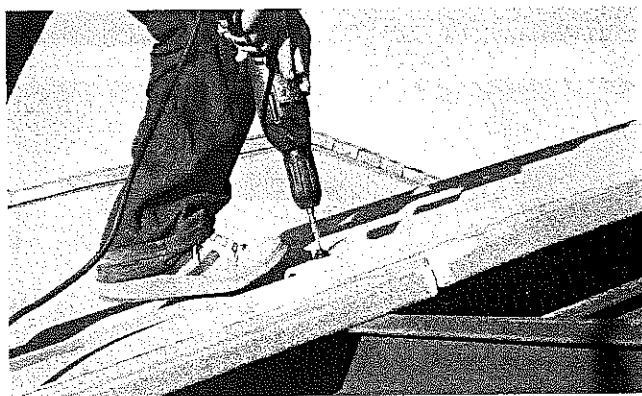


Figura 4.40. Fijación de las placas de fibrocemento con tornillos autotaladrantes

cumbrera o pendiente, las ondas deben corresponderse en ambas pendientes. Se pueden colocar con o sin inglete (figura 4.41). En el primer caso la colocación de las placas se hace desde el alero a la cumbrera por filas verticales perfectamente alineadas, mientras que en el montaje sin inglete se va desplazando el solapo lateral una onda en cada hilada.

El solapo en el sentido de la pendiente se recoge en la figura 4.42. En ningún caso debe ser superior a 250 mm. El lateral debe ser de media onda o nervadura.

Se pueden colocar materiales sellantes de juntas para mejorar la estanquidad de la cubierta, sobre todo en zonas lluviosas y de fuertes vientos.

La separación entre correas se realiza de acuerdo a la tabla de la figura 4.43.

Para el montaje de las placas se disponen tabloncillos o pasarelas que permitan la permanencia y el paso de los montadores, de forma que no se pise directamente sobre las placas. Deben ser de madera dura de 40 mm de espesor, 250 mm de ancho y 3 m de longitud como máximo.

4.2.6. Placa ondulada bituminosa

Definición

Constituida por una mezcla de betón con fibras orgánicas y/o inorgánicas, coloreadas o no, y en ocasiones con un recubrimiento superficial mineralizado o granulado.

Características

La forma de la placa viene definida por su anchura y longitud, así como por la profundidad y pendiente de la onda.

El espesor de las placas es de 2,4 ó 3 mm. El ancho suele oscilar entre 0,6 y 1 m y la longitud entre 1,5 y 3 m, dependiendo del fabricante.

Pendientes apropiadas

La pendiente mínima de la cubierta debe ser del 10%.

Normas

Las características de estas placas vienen recogidas en la norma UNE EN 534. No existe una norma específica para su colocación.

Soporte de cobertura

Se emplean más que como cobertura como soporte para garantizar la estanquidad con poco mantenimiento, en cubiertas de cobertura de teja o pizarra, como complemento a éstas y disponiendo la placa por debajo de éstas. No son placas autorresistentes, por lo que se disponen sobre soportes continuos.

Montaje

El montaje de las placas se lleva a cabo de manera similar a las de fibrocemento.

4.2.7. Placas sintéticas

Definición

Se emplean para permitir la iluminación natural a través de la cubierta. Son placas onduladas, grecadas, o nervadas, formadas por un material plástico que puede ser de distintos tipos: poliéster reforzado con fibra de vidrio, PVC, polimetacrilato de metilo, policarbonato. Pueden tener distintos niveles de coloración y de transparencia.

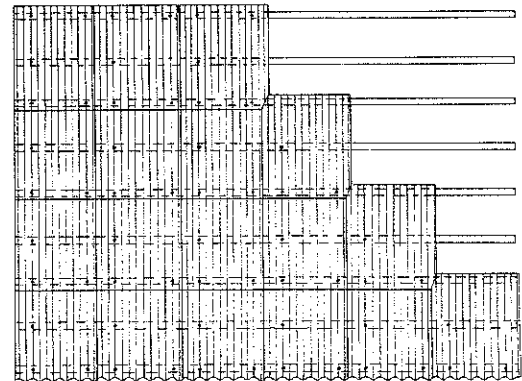
Características

Los espesores suelen oscilar entre 0,7 y 1,5 mm, la anchura entre 100 y 115 mm y la longitud entre 150 y 300 mm.

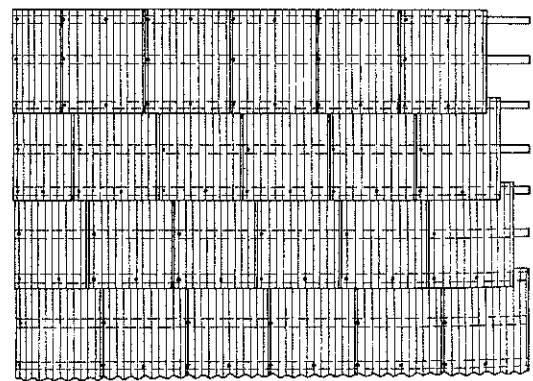
El tipo de placa puede ser ondulada, grecada o nervada.

Normas

Las características de las placas sintéticas vienen recogidas en las siguientes normas:



Montaje con inglete



Montaje sin inglete

Figura 4.41. Montaje de las placas (extraída de UNE 88111)

PLACA	PENDIENTE $\leq 30\%$	PENDIENTE $> 30\%$
A	≥ 15 cm	≥ 10 cm
B		
C		
D	≥ 20 cm	≥ 15 cm
E		

Figura 4.42. Solapo longitudinal

CARGA MÍNIMA DE ROTURA POR METRO DE ANCHO (N/m)	SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE CORREAS (mm)
2000	650
2200	700
2500	800
3500	1130
4250	1375
5500	1775
7000	2260
8500	2740
12500	3900

Figura 4.43. Separación de correas para placas de fibrocemento (UNE 88111)

- UNE EN1013-1, para las de poliéster reforzado con fibra de vidrio.
- UNE EN 1013-1 y 1013-3, para las de PVC.
- UNE EN ISO 7823-1 y UNE EN 1013-5, para las de polimetacrilato de metilo.
- UNE EN ISO 11963 y UNE EN 1013-4, para las de policarbonato.

No existe una norma específica para su colocación.

Soporte de cobertura

El soporte de cobertura suele ser discontinuo (correas, tabiques palomeros, etc.), ya que las placas por la forma que tienen y por sus dimensiones son autorresistentes.

Montaje

El montaje se realiza de manera similar a las placas de fibrocemento.

En el capítulo 5, iluminación cenital, se describen con más profundidad las características, las aplicaciones y la colocación de estas placas, para resolver cubiertas traslúcidas o transparentes.

4.2.8. Placas metálicas

Definición

Son placas autoportantes que, por el material y su forma (chapas conformadas con un perfil en una dirección), soportan las cargas aplicadas y las transmiten a la estructura soporte.

Existen varios tipos de perfil (Anejo 6):

- Nervadas. Las crestas pueden ser trapezoidales o redondeadas. Además las primeras pueden tener los nervios rigidizados. Permiten el solape longitudinal y transversal de las placas.
- Onduladas: tienen perfil curvilíneo y también permiten el solape longitudinal y transversal de las placas.
- Planas en bandeja, con junta alzada y uniones solapadas; las fijaciones permanecen ocultas.

Los materiales empleados son: acero, acero inoxidable, aluminio. Menos utilizadas son las de cinc y las de cobre.

El acero es un material muy resistente que sólo puede ser trabajado con plegadoras o perfiladoras industriales. Su principal ventaja estriba en su bajo coste, y su mayor inconveniente en la corrosión. Para evitarla, las chapas se tratan con diversos tipos de protecciones: galvanizados, recubrimientos de aleaciones cinc (95%)-aluminio (5%), o aluminio(55%)-cinc, o aluminio, recubrimientos orgánicos como acrílicos, poliéster, policloruro de vinilo, poliuretano, etc. Sin embargo, cualquier soldadura, corte..., que se realice durante su puesta en obra puede eliminar esta protección y dejar el acero inerte ante la corrosión, por lo tanto, es necesario evitar manipulaciones o tratarlas específicamente.

El acero inoxidable tiene una gran resistencia a la corrosión. Los tipos de acero inoxidable se deben elegir en función de la agresividad del ambiente

local, de los requisitos de durabilidad y de las condiciones estéticas. Los utilizados para productos de cubiertas son: acero ferrítico con o sin recubrimiento orgánico, austenítico con o sin recubrimiento orgánico, austenítico al molibdeno con o sin recubrimiento orgánico.

Finalmente, el *aluminio* presenta también una alta resistencia a la corrosión y es fácilmente conformable. Las placas suelen tratarse con un recubrimiento orgánico de: poliéster, poliuretano, epoxy, acrílico, etc.

Características

El espesor debe ser mayor de 0,6 mm y menor de 1,2 mm, la anchura oscila entre 900 y 1.000 mm, y para las longitudes es recomendable que no superen los 6 m por motivos de transporte y facilidad de manipulación. También hay que tener en cuenta que, cuanto más largas sean las placas, las dilataciones de las mismas van a ser mayores y pueden plantear problemas.

Pendientes apropiadas

La pendiente mínima de la cubierta es del 10%, aunque puede disminuirse hasta un 2% con diseños especiales de juntas alzadas (figuras 4.45 y 4.46), con unión engatillada mecánica "in situ" o clipada.

Piezas especiales

Para la ejecución de los puntos singulares se utilizan piezas especiales prefabricadas metálicas en cumbreras, bordes laterales, etc. En el Anejo 7 de este capítulo se recogen detalles de resolución de cubiertas con placas metálicas.

Normas

Las normas específicas para las características de estas placas son:

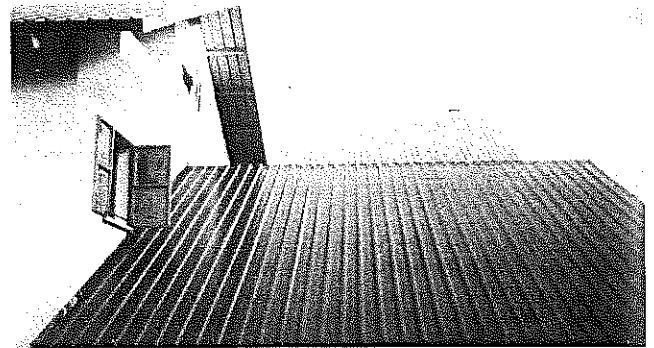


Figura 4.44. Cobertura de placas metálicas

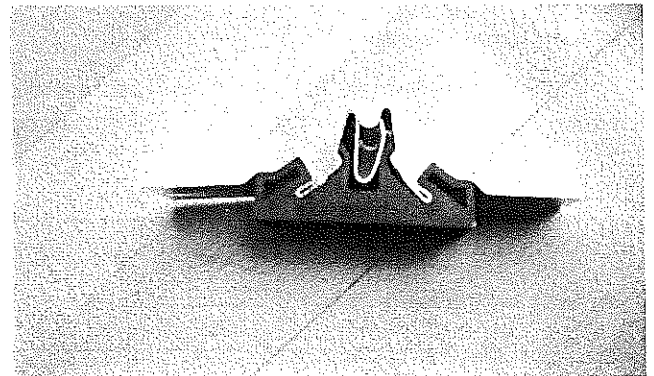


Figura 4.45. Junta alzada para cobertura de placas metálicas

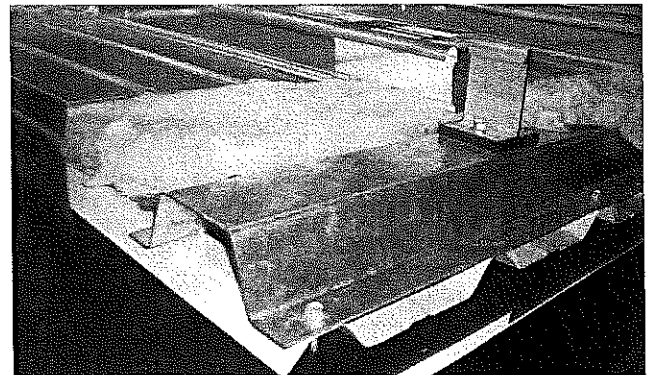


Figura 4.46. Cobertura de placas metálicas.
Junta alzada engatillada

- UNE EN 508-1, para las de acero.
- UNE EN 508-2, para las de aluminio.
- UNE EN 508-3, para las de acero inoxidable.
- UNE EN 506, para placas de cinc o de cobre.

Tampoco existe una norma específica para la colocación de las placas metálicas.

Soporte de cobertura

Gracias a su poco peso y a su rigidez son autorresistentes y necesitan pocos puntos de apoyo. Requieren soportes discontinuos: correas metálicas de hormigón o de madera, tabiques palomeros, etc.

Elementos de fijación

Como elementos de fijación se utilizan tornillos autorroscantes de acero inoxidable, colocados con

arandelas de neopreno o de otro elastómero. Se deben fijar en la parte alta de los nervios (Anexo 7).

Montaje

El montaje de las placas se realiza de manera similar a las placas de fibrocemento.

Las placas se van solapando en el sentido de la pendiente de forma opuesta a los vientos dominantes. El solape lateral es de media, una o dos ondas, según el perfil de la placa.

El solape de la placa superior sobre la inferior en la junta transversal debe permitir la dilatación de las placas, por lo que las fijaciones se hacen sobre agujeros elípticos. Siempre que se pueda, conviene eliminar esta junta mediante chapas de toda la longitud del faldón (cuando ésta no sea excesiva, dada la dilatación que pueden experimentar).

	ESPESOR (mm)	LUCES EN METROS					
		1	1,5	2	2,5	3	3,5
Dos apoyos	0,6	600	220	93	48	28	17
	0,7	735	266	112	57	33	21
	0,8	827	294	124	64	37	23
	1	1.117	384	162	83	48	30
Tres apoyos	0,6	600	267	150	96	67	43
	0,7	735	327	184	118	82	52
	0,8	827	368	207	132	92	58
	1	1.117	497	279	179	120	76
Cuatro o más apoyos	0,6	750	334	179	92	53	33
	0,7	918	408	216	111	64	40
	0,8	1.034	459	239	122	71	45
	1	1.397	619	312	160	92	58
Cargas en kg/m ² uniformemente repartidas para una flecha de $f \leq L/200$ con una σ máxima de 1.600 kg/cm ²							

Figura 4.47. Separación entre correas para placa PL 18/76 (Aceralia). Ejemplo

La separación entre correas depende de la carga que tengan que soportar y es distinta para cada tipo de placa en función del tipo de perfil y de sus características estáticas. A modo orientativo, se recoge en la tabla de la figura 4.47 la separación entre correas para una placa de perfil ondulado PL 18/76 de Aceralia.

4.2.9. Placas de fibrocemento con aislamiento incorporado

Definición

Es un panel formado por una placa de fibrocemento que lleva incorporado de fábrica una masa rígida de poliuretano y, opcionalmente, un paravapor de aluminio gofrado en su cara inferior para evitar condensaciones en el interior del panel.

Características

Las dimensiones de las placas suelen estar comprendidas entre 110 cm x 250 cm y 110 cm x 152 cm. El espesor medio varía entre 36 y 54 mm, siendo el total de 77 a 86 mm. Su peso es de 14 kg/m² y la conductancia térmica oscila entre 0,39 y 0,64 W/m² · K. La espuma inyectada de poliuretano tiene una densidad de 30 kg/m³.

Pendientes apropiadas

La pendiente mínima de la cubierta debe ser del 10%.

Normas

No existe una normativa específica para este tipo de sistema.

Soporte de cobertura

Debido al poco peso y a su rigidez son autorresistentes y requieren pocos puntos de apoyo. Se colo-

can sobre soportes discontinuos: metálicos, de hormigón o de madera. También pueden ir apoyados sobre muros.

Montaje

Las placas se disponen directamente sobre las correas mediante tornillos autotaladrantes.

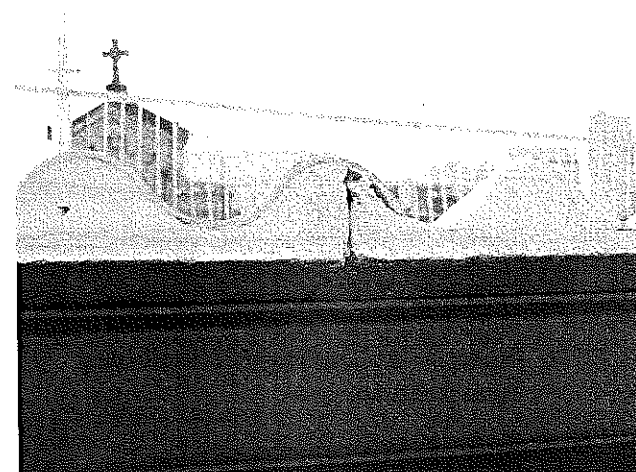
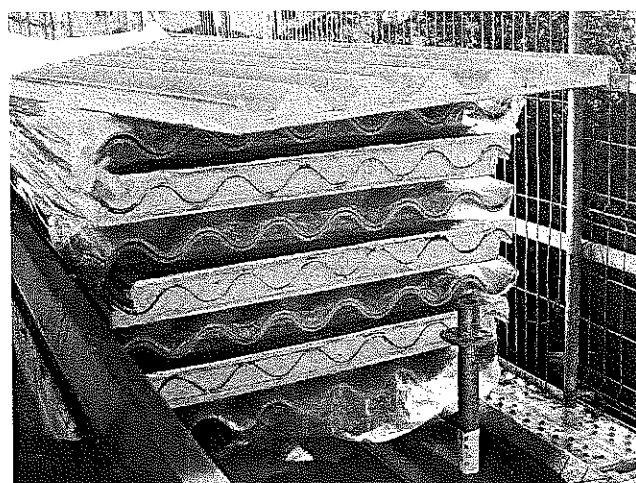


Figura 4.48. Tejado de fibrocemento con aislamiento incorporado

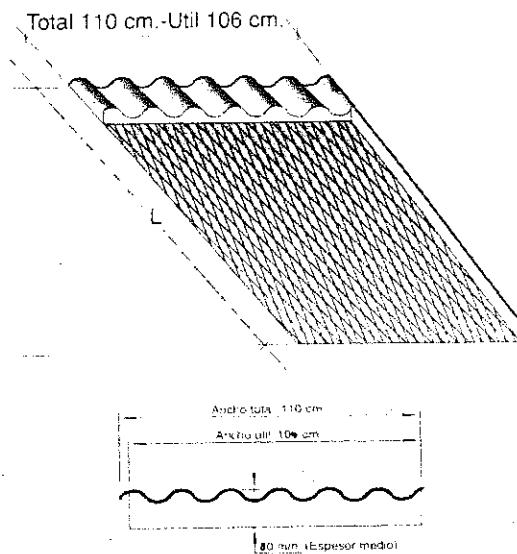


Figura 4.49. Placa de fibrocemento con aislamiento incorporado (Uralita)



Figura 4.50. Cubierta de panel sándwich

4.2.10. Placa metálica con aislamiento incorporado

Semejante al caso anterior, pero, en lugar de fibrocemento, la placa exterior es de acero galvanizado o lacado, con gran variedad de colores y

características similares a las de las placas descritas en el punto 4.2.8. El aislamiento suele ser de poliuretano.

4.2.11. Panel sándwich

Definición

Es un panel compuesto por dos chapas entre las que se coloca un aislante térmico de espuma rígida de poliuretano (PUR). Las chapas pueden ser de acero, acero inoxidable, aluminio, cobre, madera contrachapada o poliéster reforzado con fibra de vidrio (estas dos últimas sólo en la cara interior).

Características

Presentan distintos acabados superficiales: liso, nervado, gofrado, rayado, etc. Los espesores del panel normalmente oscilan entre los 30 y 250 mm, la anchura es aproximadamente de 90 cm y su longitud puede llegar a los 12 m. Su peso para un espesor de 30 mm, es de 12 kg/m². Por último, la conductividad térmica oscila entre 0,025 y 0,037 W/mK.

En función de la agresividad del ambiente exterior, el panel puede llevar tratamientos adicionales de pinturas acrílicas o de poliuretano, clorocauchos, poliéster, PVF-2 (fluoruro de polivinilo), etc.

En todo caso, el fabricante debe garantizar la calidad del material, el espesor de cada una de las hojas que componen el panel y la resistencia a la corrosión de todos los elementos.

El acero puede ser: galvanizado, llevar un revestimiento 55%Al-45%Zn, un revestimiento 95%Zn-5%Al, prepintado o plastificado y también acero inoxidable.

En todos los casos, el espesor mínimo de la placa es 0,5 mm, excepto para el acero inoxidable que es 0,4 mm y para el aluminio 0,6 mm.

La madera puede ser un tablero de madera aserrada o contrachapada con acabados de melamina, fenólicos, etc.

Pendientes apropiadas

La pendiente mínima es del 2%.

Piezas especiales

Los puntos singulares de la cubierta, tales como aleros con canalón, encuentros con fábrica, esquinas o vierteaguas, se realizan mediante piezas especiales del mismo material que la capa exterior, con el acabado requerido en cada caso (Anejo 8). Se fijan con tornillos o remaches, sellándose con elastómeros sintéticos, todo ello conforme a las instrucciones del fabricante.

Normas

Las características del panel sándwich de poliuretano vienen recogidas en la norma UNE 41950, partes 1 y 2. No existe una norma específica para su colocación.

Soporte de cobertura

Necesitan soportes discontinuos: correas metálicas, de hormigón o de madera. También pueden ir apoyados sobre muros. La separación entre soportes dependerá del espesor del panel, suele estar comprendida entre 2 y 5 m.

Montaje

Los paneles se colocan apoyados en las correas, realizándose la fijación mediante tornillos autorroscantes con protección anticorrosiva. La estanquidad de la unión se garantiza mediante tapajuntas metálicos encajados a presión en los nervios si se trata de panel nervado (figuras 4.51 y 4.52), o mediante las entalladuras que lleva la hoja exterior del panel para los planos (figura 4.53).

Este tipo de junta presenta las siguientes ventajas:

- No existe peligro de goteras en las fijaciones porque están ocultas por el tapajuntas.
- Elimina el puente térmico en los puntos de fijación.

- Hace posible el uso de fijaciones cortas de manera que reduce las cargas laterales en la cabeza del tornillo.

La junta en los paneles lisos incorpora un perfil de drenaje dentro de la misma que permite la fijación oculta, consiguiendo una planeidad perfecta, sin remates ni fijaciones vistas. El diseño de la junta, con sellados en la parte superior e inferior y con perfil drenante, garantiza la estanquidad.

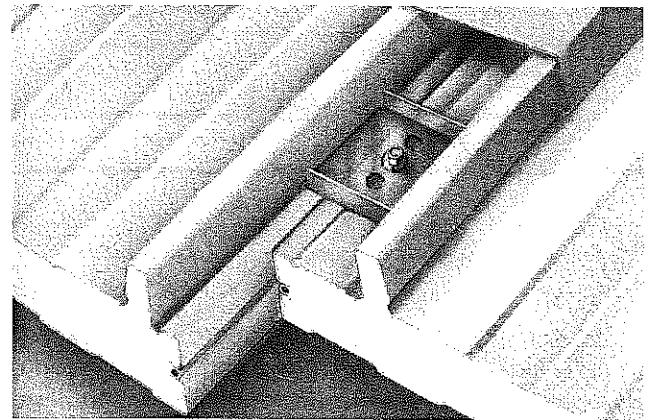


Figura 4.51. Junta de panel nervado sándwich (Perfrisa)

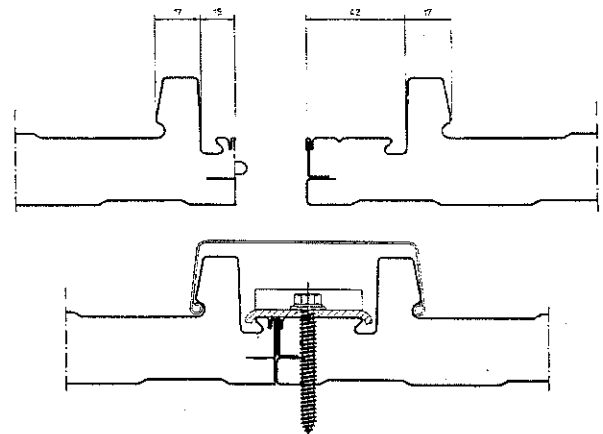
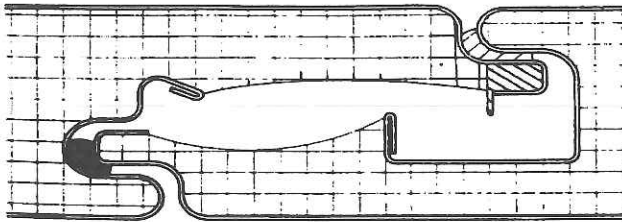


Figura 4.52. Detalle de junta de panel nervado sándwich (Perfrisa)

DETALLE SIN CLIP FIJACION



DETALLE CON CLIP FIJACION

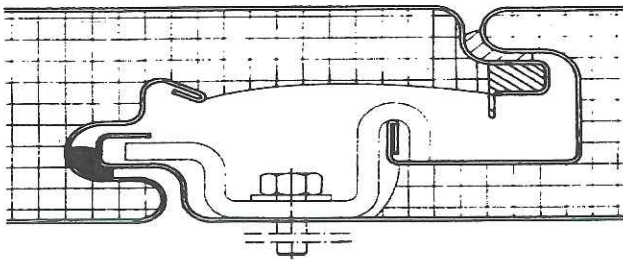


Figura 4.53. Detalle junta panel liso sándwich (Robertson)

En cualquiera de los casos, para la realización de las juntas transversales a la pendiente, se recorta la chapa inferior y el aislamiento térmico en todo ese ancho, y se solapa la chapa superior sobre el panel que queda aguas abajo y se fija con remaches. Se aconseja emplear paneles de gran longitud para evitar este tipo de junta.

En caso de reformas, los paneles son totalmente recuperables, el desmontaje es rápido y sin merma alguna.

4.3. AISLAMIENTOS TÉRMICOS

Este componente tiene la misión de reducir las pérdidas o ganancias térmicas. Los diferentes tipos de aislamientos térmicos se pueden agrupar en:

1. Orgánicos. Sintéticos:

- Poliestireno expandido.
- Poliestireno extrudido.
- Poliuretano conformado en placas.

- Poliuretano proyectado.
- Resinas fenólicas o de urea-formol.

2. Orgánicos. Naturales:

- Corcho.
- Lana de madera.
- Fibra de celulosa.
- Arcilla expandida.

3. Inorgánicos:

- Lana mineral.
- Lana de vidrio.
- Vidrio celular.
- Perlita expandida.
- Vermiculita.

4. Otros:

- Paneles al vacío.
- Multicapas termo-reflectores.

Los aislamientos térmicos más utilizados para cerramientos y algunas de sus características, se recogen en la tabla 4.54.

En una cubierta se puede colocar el aislamiento térmico por el interior o por el exterior de la estructura resistente. Las soluciones con la segunda posibilidad, y que permiten la ventilación de la cámara de aire en la cara exterior del aislamiento, tienen un mejor comportamiento higrotérmico.

Las ventajas de la cubierta ventilada se han descrito en el punto 2.4.1.2 del capítulo 2. Sin embargo, para que se produzca la circulación natural del aire se requieren ciertas condiciones:

- Debe tener pendiente.
- En su interior tiene que estar disponible una masa de aire que pueda salir por aberturas y ser sustituida por aire procedente del exterior.
- Debe existir una diferencia de temperatura entre el aire exterior y el que esté disponible en la estructura del techo.

– La cámara debe quedar comunicada con el exterior, preferentemente por el alero y la cumbrera.

cubierta, A en m^2 , debe cumplir con la siguiente condición:

$$30 \text{ cm}^2/\text{m}^2 > S/A > 3 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

Un faldón largo o una pendiente limitada requieren un mayor espesor de la cámara de ventilación. El CTE-DB-HS1 establece que la relación entre la sección total de las aberturas, S en cm^2 , y la superficie de la

Los parámetros aproximados para el dimensionado de la cubierta ventilada se recogen, a modo

AISLAMIENTOS TÉRMICOS. CARACTERÍSTICAS								
AISLAMIENTO	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CONDUCTIVIDAD λ (W/m K)	FACTOR DE RESISTENCIA A LA TRANSMISIÓN DE VAPOR DE AGUA μ (*)	RESISTENCIA COMPRESIÓN KPa	ABSORCIÓN DE AGUA EN VOLUMEN	REACCIÓN AL FUEGO (**)	NORMA
Poliestireno expandido	20 - 50	10 - 50	0,046 - 0,033	60	65 - 250	1 - 5%	D-S3, do Ignif: B-S3, do	UNE EN 13163
Poliestireno extrudido	30 - 120	20 - 65	0,028 - 0,040	150	100 - 1000	0,3 - 0,5%	D-S3, do Ignif: B-S3, do	UNE EN 13164
Poliuretano en placas	≥ 30	28 - 55	0,023 - 0,040	60	170 - 290	Impermeable	D-S3, do Ignif: B-S3, do	UNE 53351 UNE EN 13165
Poliuretano proyectado	20 - 50	30 - 50	0,020	60	200	Impermeable	D-S3, do Ignif: B-S3, do	UNE 92120
Corcho	40 - 300	90 - 140	0,037	5 - 10	500	< 0,3%	–	UNE EN 13170
Lana mineral	30 - 200	10 - 200	0,044 - 0,030	1	0,5 - 500	No hidrófilo	A1	UNE EN 13162
Lana de vidrio	9 - 200	10 - 90	0,042 - 0,034	1	–	–	A1	UNE 92102
Vidrio celular	12 - 40	100 - 150	0,040	Impermeable 10 ⁶	400-1600	Impermeable	A1	UNE EN 13167
– indica que no se dispone de este dato. (*) μ: es un coeficiente adimensional. Cociente entre la resistividad al vapor del material y la resistividad al vapor de agua del aire en reposo (rv del aire en reposo: $5,5 \text{ MN} \cdot \text{s/gm} = 0,004 \text{ mmHg} \cdot \text{m}^2 \text{ día/gcm}$). (**) Clases de reacción al fuego: pto. 2.3.2.2, capítulo 2 de este libro (s/RD 312/2005).								

Figura 4.54. Aislamientos térmicos. Características

orientativo, en las tablas de las figuras 4.55, 4.56 y 4.57.

Por otra parte, la colocación del aislamiento por el exterior suprime los puentes térmicos, permite aprovechar el calor almacenado en los elementos constructivos debido a su inercia térmica. Asimismo, los elementos constructivos que están por debajo del aislamiento quedan protegidos ante los cambios bruscos de temperatura, sobre todo en zonas extremas.

Cuando se dispone el aislamiento por el exterior es aconsejable que tenga mínima absorción de agua, para evitar que se humedezca por infiltraciones y disminuya su resistencia térmica. Por eso los aislamientos más utilizados para esta situación son, el poliestireno extrudido y el poliuretano por su óptimo poder aislante, su mínima absorción de agua, su resistencia a la compresión (importante cuando la cobertura va fijada directamente sobre el aislamiento mediante rastreles) y su rápida instalación.

Sin embargo, desde el punto de vista ambiental presentan algunos inconvenientes, ya sea por el empleo del agente hinchante (CO_2 ó HCFC hidrofluorocarbono que destruye la capa de ozono) o por su comportamiento ante el fuego. Por ello es conveniente prescribir estos mismos productos sin HCFC, y aunque su situación hacia el exterior no plantea problemas, ya que los humos densos que pueden producirse se diluyen rápidamente sin entorpecer la visión, y la toxicidad tampoco es problemática porque experimentalmente se ha demostrado que tiene un efecto menor que algunos productos naturales, conviene emplear productos de características B-S3,d0 (M1), algo más caros que los C-S3,d0 (M2) o D-S3,d0 (M3). De esta manera se pueden evitar incendios y emisiones a la atmósfera durante la ejecución de las obras o a lo largo de su vida útil.

El uso en cubiertas del poliuretano proyectado (también puede utilizarse en placas) está muy extendido, ya que presenta una serie de ventajas: impermeabilidad, protección del espacio habitable debido

a la completa cubrición de los componentes interiores en todos sus ángulos y puntos singulares, facilidad y rapidez de ejecución, en especial cuando se quieren aislar e impermeabilizar cubiertas de láminas de hormigón de formas raras, como paraboloideas, cúpulas, etc.

Sin embargo, hay que tomar una serie de precauciones respecto a su aplicación, ya que hay que controlar la calidad de la mezcla de sus dos componentes y para ello, tiene que estar ejecutada por especialistas. Existen muchos poliuretanos, tantos como combinaciones se pueden hacer entre el poliol y el isocianato. Pero, para que este producto sea impermeable y tenga la resistencia térmica adecuada para ser utilizado como aislamiento de cubiertas, hay que controlar:

- La densidad, que garantiza la estabilidad dimensional de la espuma. Tiene que tener una densidad mínima de 35 kg/m^3 cuando se utiliza con teja y de 45 kg/m^3 cuando se utiliza con otro tipo de coberturas.
- La resistencia a compresión: mayor de $0,2 \text{ Mpa}$ (200 kPa).
- El espesor mínimo de la espuma debe ser 3 cm y tiene que ser uniforme para que al proyectar no se den casos de variaciones de espesor que produzcan el aumento de la conductividad térmica en las zonas de menor espesor. Aunque se fije un valor de dicha conductividad λ de $0,020 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, es conveniente adoptar en el cálculo el valor de $\lambda_{\text{envejecido}}$: $0,026 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, para suplir el aumento de conductividad térmica que se produce después de la espumación del poliuretano debido al intercambio de gases contenidos en las celdillas de la espuma y el aire atmosférico.
- Aunque no suele ocurrir, se debe comprobar para las condiciones de temperatura y humedad a las que va a estar sometido, que no se forman condensaciones en el interior de las celdillas del poliuretano.

LONGITUD DEL FALDÓN (m)	PENDIENTE DEL FALDÓN				
	18%	26%	36%	46%	57%
5	5	5	5	5	5
10	8	6	5	5	5
15	10	8	6	5	5
20	10	10	8	6	5
25	10	10	10	8	6

Figura 4.55. Espesor mínimo de la cámara de ventilación (cm) (Texsa)

LONGITUD DEL FALDÓN (m)	PENDIENTE DEL FALDÓN				
	18%	26%	36%	46%	57%
5	60	59	58	56	52
10	120	118	116	112	104
15	180	177	174	168	156
20	240	236	232	224	208
25	300	295	290	280	260

Figura 4.56. Dimensiones de las aberturas de salida del aire por metro lineal de cumbrera (cm²)

DIMENSIONES DE LAS ABERTURAS DE ENTRADA DEL AIRE POR METRO LINEAL ALERO (cm²)					
LONGITUD DEL FALDÓN (m)	PENDIENTE DEL FALDÓN				
	18%	26%	36%	46%	57%
5	50	49	48	46	42
10	100	98	96	92	84
15	150	147	144	138	126
20	200	196	192	184	168
25	250	245	240	230	210

Según datos de esta tabla: $10 \text{ cm}^2/\text{m}^2 > S/A > 8 \text{ cm}^2/\text{m}^2$

Figura 4.57. Dimensiones de las aberturas de entrada del aire por metro lineal alero (cm²) (Texsa)

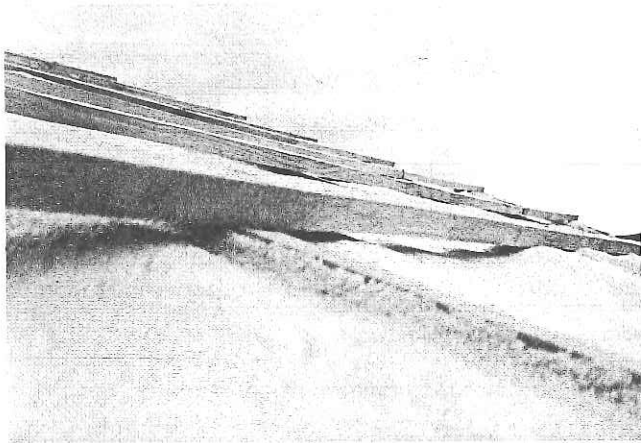


Figura 4.58. Cubierta ventilada con poliuretano proyectado y doble rastrel

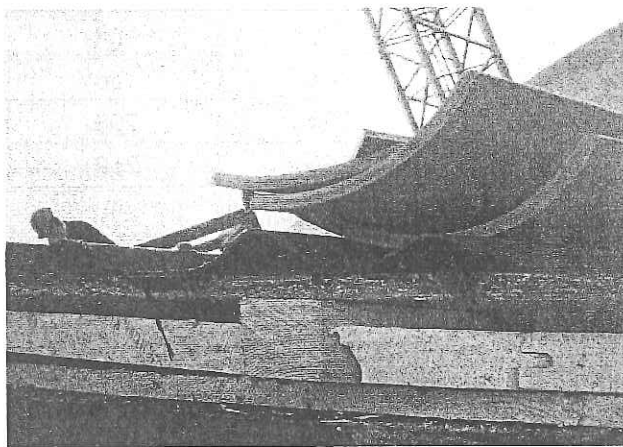


Figura 4.59. Aislamiento de poliestireno extrudido y cámara ventilada

Algunas cuestiones que también hay que considerar con otros materiales aislantes son: durante la manipulación de la lana mineral y la de fibra de vidrio, ya sea en fase de fabricación, construcción y deconstrucción, se deben adoptar medidas de protección (guantes, máscaras...), ya que las fibras pueden dispersarse en el aire y producir molestias en los ojos, irritaciones de piel, problemas respiratorios y ante contacto muy prolongado sin protección (> 30 años)

puede producir cáncer de pulmón. También hay que valorar el problema del efecto de la humedad que produce la disminución de la resistencia térmica o su degradación. En estos casos es conveniente disponer sobre el aislamiento una capa separadora o fieltro impermeable al agua y permeable al vapor de agua (por ejemplo, de polipropileno, figura 4.60).

Otros aislamientos disponibles en el mercado son los paneles de aislamiento al vacío y los multicapa termo-reflectores, cuya eficacia debe ser validada por ensayos, estudios rigurosos y por documentos de garantía que establezcan su aplicabilidad y su forma de colocación. Los primeros se componen de un material de relleno poroso que soporta una presión distinta a la ambiental y que se recubre de una funda estanca al vapor que puede ser de plástico, aluminio o acero inoxidable; la conductividad térmica oscila entre 0,002 y 0,008 W/mK ($\lambda = 0,004$ W/mK con presión interior menor de 5 mbar, $\lambda = 0,007$ W/mK con presión interior de 100 mbar), mucho más baja que los aislantes convencionales, lo que permite menores espesores o un mayor aislamiento; presentan el inconveniente de que la funda no puede deterio-

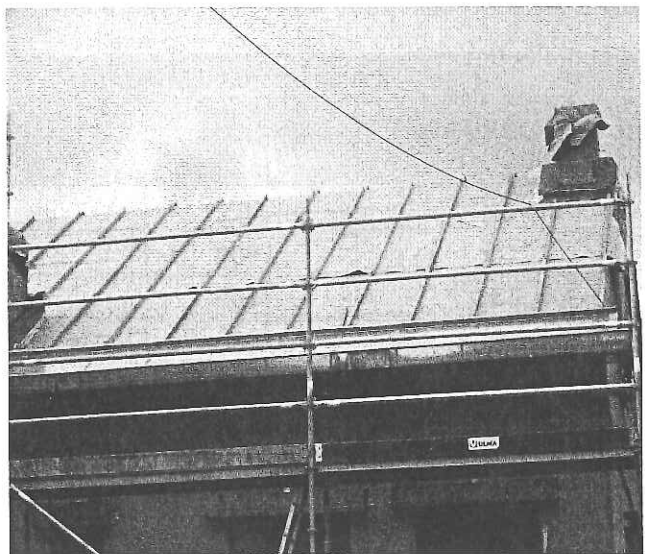


Figura 4.60. Aislamiento de lana mineral y fieltro protector

rarse ni perforarse porque perderían su eficacia ($\lambda = 0,020 \text{ W/mK}$ y posibilidad de formación de condensaciones), lo que dificulta la forma de colocación de los paneles. Los aislantes multicapa termo-reflectores están compuestos de distintas láminas: aislantes, capas de baja emisividad y reflectantes, por lo que su colocación dentro del cerramiento es determinante para su funcionamiento.

Además, existen aislamientos conformados que incorporan algún método de colocación y/o fijación de la cobertura. Son los siguientes:

- Poliestireno extrudido ranurado, que facilita la adherencia con el mortero de sujeción de la teja (figura 4.61).
- Poliestireno extrudido que incorpora los rastreles de fijación de la cobertura en el propio aislamiento, por lo que la ejecución es más sencilla (figura 4.62).
- Poliestireno expandido con hendidura para encajar la teja directamente (figura 4.63).

Con el uso de estos tipos de aislamientos conformados hay que tener en cuenta que, en general, se pierden las ventajas de la cubierta ventilada.

Finalmente, en cuanto al comportamiento como residuo, hay que remarcar la importancia del sistema de fijación de los materiales aislantes, para su valorización posterior. Será preferible el uso de materiales rígidos con sistemas de unión por encaje o fijaciones mecánicas a los que utilizan sustancias adhesivas o a los que son proyectados.

4.4. SOPORTES DE COBERTURA

Tiene la misión de formar los faldones de la cubierta, como elemento intermedio entre la estructura resistente y la cobertura. Por lo tanto, el diseño del soporte se realiza en función de estos dos componentes: la parte superior respecto a las condiciones de la cobertura y la inferior según las de la estructura resistente.

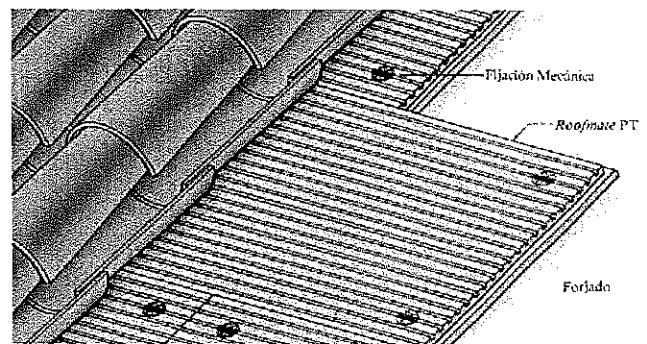


Figura 4.61. Poliestireno extrudido ranurado (Dow chemical)

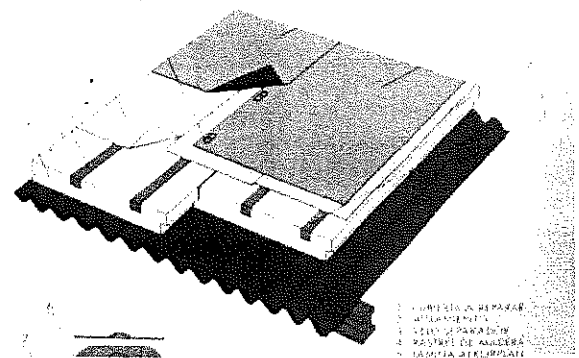


Figura 4.62. Poliestireno extrudido con rastrel

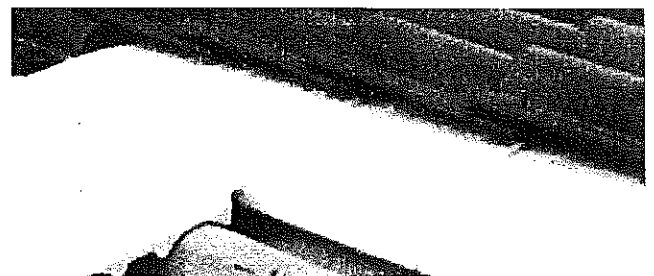


Figura 4.63. Poliestireno expandido con hendidura (Uralita)

TIPOLOGÍA DE SOPORTES DE COBERTURA	
SOPORTES DE COBERTURA. COMPONENTES SIMPLES	
Entramados o discontinuos	Rastreles en capa única
	Rastreles en doble capa
	Correas
	Cabrios
	Tabiques aligerados
Continuos	Tableros de madera
	Tableros de hormigón
	Tableros de cerámica, armada o sin armar
	Placas de fibrocemento
	Placas metálicas
Mixtos	Paneles de metal desplegado con mortero (Nervometal)
	Combinación de continuos y entramados
SOPORTES DE COBERTURA. COMPONENTES COMPUESTOS	
Tableros con aislamiento	Tablero de madera
	Tablero de hormigón
	Tablero cerámico
Placas con aislamiento	Placa de fibrocemento
	Placa metálica

Figura 4.64. Tipología de soportes de cobertura

El soporte puede realizarse con elementos simples o mediante la combinación de éstos formando uno compuesto, que puede ser ejecutado en taller (prefabricado) o en obra. De esta manera aumentan la seguridad de los operarios y la calidad de la obra, y disminuyen tanto el tiempo de ejecución, como los costes.

Los soportes compuestos de cobertura tienen como base, tableros de madera, de fibrocemento, metálicos, de hormigón y de cerámica, a los que se añade el aislamiento térmico. Algunos de estos compo-

nentes están comercializados y otros se realizan para proyectos concretos. Algunos, por sí solos, permiten la ejecución de cámaras de aire ventiladas y otros no.

La fijación de los paneles a la estructura resistente se realiza mediante tornillos autorroscantes de acero inoxidable y diámetro, mayor de 6,3 mm cuando el anclaje se hace sobre viga metálica, y superior a 8 mm cuando es sobre vigas de madera.

Los diferentes soportes de cobertura figuran en la tabla 4.64.

4.4.1. Rastreles

Son elementos lineales sobre los que se colocan las piezas de cobertura. Suelen ser metálicos o de madera con tratamientos de protección que aseguran su durabilidad y que pueden constituir un entramado autoportante, o bien fijarse directamente a un tablero. También los hay de hormigón, que se emplean sólo para tejas cuando éstas se apoyan sobre tableros con acabado de hormigón o mortero.

Los rastreles de madera (figura 4.65) suelen ser de pino, con unas dimensiones aproximadas de 4 x 4 cm, 4 x 6 cm, 4 x 8 cm y 6 x 10 cm; pueden utilizarse otras maderas siempre que no resulten incompatibles con el material de cobertura. Los rastreles metálicos (figura 4.66) constituidos por perfiles Omega, C o U, suelen ser de acero galvanizado y los de mortero se realizan con M-2.5 y como máximo M-5, pero nunca con un mortero de alta retracción.

Se pueden colocar en capa única con los rastreles en dirección horizontal o en doble capa, disponiendo primero rastreles verticales en dirección de la pendiente y encima otros horizontales para fijar la cobertura. De esta manera se evita que el agua se acumule en el rastrel horizontal y se puede realizar una cámara de aire ventilada.

Los rastreles deben estar apoyados en, al menos, tres puntos y se fijan mediante clavos, tornillos, etc. La separación será, en cada caso, la necesaria para garantizar el solape de las piezas de cobertura.

4.4.2. Correas y cabrios

Las correas y cabrios pueden formar parte de la estructura resistente, aunque también sirven para formar los faldones de la cubierta y sustentar las piezas solapadas grandes de cobertura, transmitiendo a otros elementos resistentes las cargas y sobrecargas de la cubierta. Por ello, las incluimos dentro de los soportes de cobertura.

El diccionario de la Real Academia Española define correa como *cada uno de los maderos que se colocan horizontalmente sobre los pares de los cuchillos de una armadura para asegurar en ellos los contrapares (cabrio de la armadura del tejado) y llama cabrio al madero colocado paralelamente a los pares de una armadura de tejado para recibir la tablazón.*

Comúnmente utilizamos el término de correa para los elementos perpendiculares a la línea de máxima pendiente del faldón, que sirve de apoyo a los cabrios; en determinados casos puede cumplir la función de rastrel (piezas solapadas grandes); y cabrio para los elementos paralelos a la línea de máxima pendiente que sirven de apoyo a los rastreles horizontales o a tableros y rastreles (figura 4.67). Pueden ser metálicos o de madera.

Las secciones de estos elementos se calculan en función de las condiciones de resistencia y flecha.

4.4.3. Tabiques aligerados

Sirven de soporte a los tableros y placas que se describen a continuación. Se trata de una fábrica formada, en general, por ladrillos tomados con un conglomerante y desplazados entre sí en cada hilada; por eso, habitualmente también se les denomina tabiques palomeros o conejeros. Además del ladrillo cerámico simple o hueco doble, también se emplean el bloque de hormigón o el de hormigón celular. El conglomerante puede ser mortero de cemento, de cal o pasta de yeso.



Figura 4.65. Doble capa de rastreles de madera

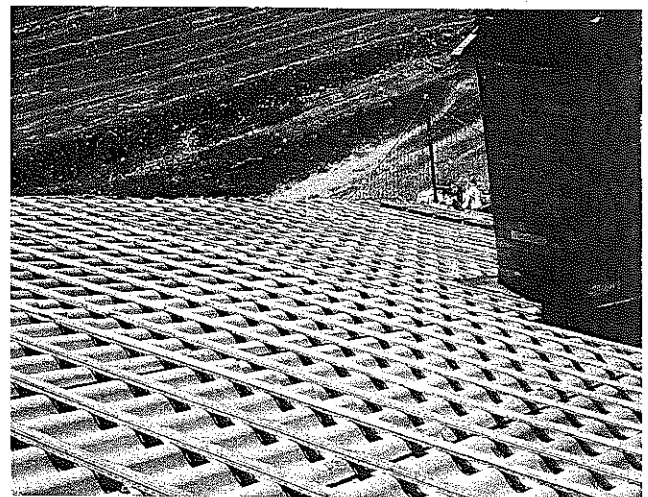


Figura 4.66. Rastreles metálicos en capa única

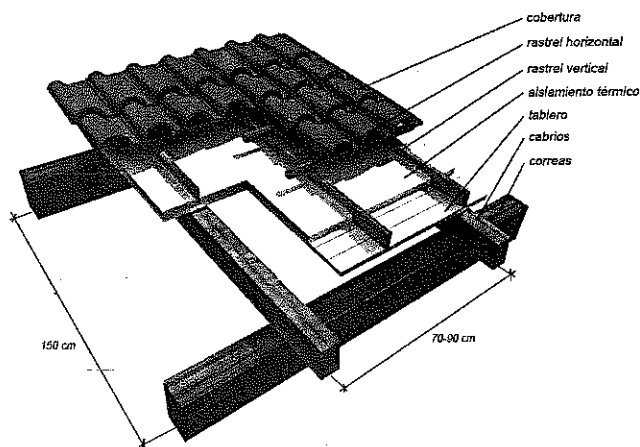


Figura 4.67. Esquema de soportes discontinuos en una cubierta

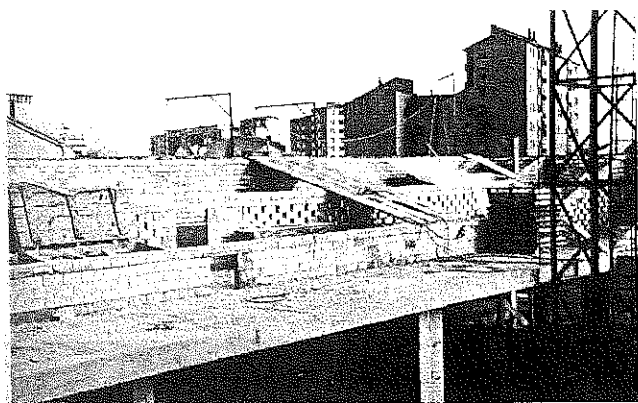


Figura 4.68. Tabiques aligerados

Para su montaje se replantean las alineaciones mediante cuerdas, que deben ser totalmente rectas. A continuación se colocan las piezas conformadas ajustadas con respecto a dichas alineaciones. Se reciben en cada paño de fábrica con el conglomerante elegido, quedando separadas las piezas entre sí un cuarto de su longitud.

Se comienza por la primera hilada sobre el soporte, colocando las filas sucesivas encima, de modo que los huecos de cada una queden cerrados

por los ladrillos de la hilada superior. Se remata en su parte superior con el material conglomerante antes definido y se traba por enjarje en los encuentros con otros tabiques transversales, quedando unos y otros bien alineados y aplomados (figura 4.68).

4.4.4. Tableros de madera o derivados

Los tableros de madera o de sus derivados son soportes continuos para apoyar coberturas flexibles como las placas asfálticas o las láminas metálicas, así como pizarras de pequeña dimensión. Además se utilizan para constituir una superficie continua sobre estructuras resistentes discontinuas.

Las ventajas de su uso frente a otros tipos de tableros como los de hormigón o cerámicos son: la ligereza, el fácil manejo, el planeamiento perfecto, el clavado directo, la economía de mano de obra, los formatos de grandes dimensiones, la posibilidad de llevar tratamientos antihumedad o contra agentes biológicos, o ser ignífugos.

Este tipo de tableros se pueden clasificar en:

1. Tableros de madera maciza:
 - Ensamblados.
 - Alistonados.
 - Alma alistonada.
2. Derivados de la madera:
 - Partículas: de partículas, de virutas, de virutas orientadas (OSB).
 - Partículas aglomeradas con cemento.
 - De fibras: duro, semiduro, blando, fabricado en seco.
 - De chapas: contrachapado, laminado.

Las características de los tableros más utilizados se recogen en la figura 4.69. El uso de los diferentes tipos debe limitarse a las clases de servicio (CTE-DB-SE-M), y ajustar sus características al uso, ya sea en ambiente seco o húmedo. Para mayor seguridad, en cubiertas debemos considerar este último caso.

TIPOS DE TABLEROS DE MADERA							
TABLERO	CARACTERÍSTICAS						
	DEFINICIÓN	LONGITUD (mm)	ANCHURA (mm)	ESPESOR (mm)	REACCIÓN AL FUEGO	TRATAMIENTO	DENSIDAD (kg/m ³)
Ensamblado	Formado por tablas machihembradas o lambeteadas de canto, pudiendo estar estas uniones encoladas				D-S2, d0	Agent. Biológ.	Según la madera utilizada
Alma alistonada	Formado por un alma de listones, de longitudes iguales o diferentes, encolados o no entre sí. El alma está cubierta por una o más chapas encoladas a ella en contramalla, que constituyen las caras				D-S2, d0	Agent. Biológ.	Según la madera utilizada
Alistonado	Formado por listones de madera, de longitudes iguales o diferentes, encolados entre sí, siendo el grosor y la anchura iguales	970 1.000 1.970 2000	500	22 27	D-S2, d0	Agent. Biológ.	Según la madera utilizada
Partículas aglomeradas con cemento (UNE EN 634)	Elemento plano fabricado por aplicación de presión sobre partículas de madera y otras de naturaleza vegetal aglomeradas con cemento	2.600 3.050 3.200	1.250 1.500	10-40	B-S1, d0	Humedad	≥ 1.000
Partículas (UNE EN 312)	Elemento plano fabricado por aplicación de presión sobre partículas de madera y/u otros materiales lignocelulósicos en forma de partículas con adición de un adhesivo	2.440 3.660 4.880	1.830 2.050	16-30	D-S2, d0	Humedad Agent. Biológ. Ignifugante	≥ 550
Fibras duro (UNE EN 622)	Elemento plano fabricado a partir de fibras lignocelulósicas mediante la aplicación de calor y/o presión	2.440 2.750	1.220 1.250 1.500	2,5-8	D-S2, d0	Agent. Biológ. Ignifugante	≥ 800
Fibras semiduro (UNE EN 622)	Elemento plano fabricado a partir de fibras lignocelulósicas mediante la aplicación de calor y/o presión	2.440 2.750	1.220 1.250 1.500	> 8	D-S2, d0	Agent. Biológ. Ignifugante	400-500
Fibras blando (UNE EN 622)	Elemento plano fabricado a partir de fibras lignocelulósicas mediante la aplicación de calor y/o presión	2.440 2.750	1.220 1.250 1.500	> 8	E, pasa	Agent. Biológ. Ignifugante	≤ 400
Fibras densidad media DM (UNE EN 622)	Elemento plano fabricado en seco a partir de fibras lignocelulósicas mediante la aplicación de calor y/o presión MDF	2.440 2.750	1.220 1.250 1.500	> 6	D-S2, d0	Agent. Biológ. Ignifugante	≥ 600
Virutas orientadas OSB (UNE EN 300)	Elemento plano de varias capas integrado por virutas de madera con adición de un aglomerante, de modo que las virutas de las capas exteriores están alineadas y dispuestas paralelamente a la longitud o anchura del tablero	2.440	1.220	6,35-19	D-S2, d0	Agent. Biológ. Ignifugante	≥ 650
Contrachapado (UNE EN 315, 636)	Elemento plano derivado de la madera elaborado mediante el encolado de chapas superpuestas, de modo que las fibras formen un ángulo determinado, por lo general recto	2.440	1.220	4-30	D-S2, d0	Humedad Agent. Biológ. Ignifugante	350-600

Figura 4.69. Tipos de tableros de madera o derivados

4.4.5. Tablero cerámico

Es un tablero prefabricado obtenido por moldeado, secado y cocción de una pasta arcillosa. Sus características se recogen en la norma UNE 67041. La anchura suele oscilar entre 20 y 30 cm y la longitud, mayor de 50 cm.

Actualmente se emplean más los tableros cerámicos armados, ya que tienen mayores dimensiones y permiten colocar los soportes a mayor distancia.

Los tableros cerámicos armados están compuestos, en su sección transversal, por dos piezas cerámicas, con lo que se consigue una anchura de cuarenta y dos centímetros y, en el sentido longitudinal, por una sucesión de piezas colocadas a matajunta. Se disponen varillas de acero entre los canales que llevan las piezas y se recubren con mortero, que se extiende por toda la superficie del tablero. La longitud de los tableros puede ser desde 1 metro hasta 3,20 m. Su espesor es de 5 cm, que con la capa de compresión alcanza los 6, 7 u 8 cm.

En obra, sobre el tablero se realiza una capa de compresión de mortero o de hormigón que rellena las juntas y deja una superficie plana sin resaltos donde se fija el material de cobertura con mortero, o con

rastreles y clavos de acero. En el primer caso, la capa de regularización debe tener un espesor mínimo de 2 cm, y en el segundo, debe ser mayor de 3 cm. La resistencia mínima a compresión del soporte tiene que ser 0,2 Mpa.

Los tableros suelen ir colocados sobre tabiques aligerados (palomeros) o sobre viguetas de hormigón o de acero, y deben quedar nivelados y alineados sin desniveles longitudinales superiores a 5 mm. El apoyo mínimo de cada borde de la placa es de 40 mm.

4.4.6. Tablero de hormigón

Para disminuir su peso se hacen tableros aligerados con huecos en su interior. Pueden llevar resaltes en su parte superior para permitir el apoyo de las tejas. También se puede utilizar un tablero de nervios resaltados hacia abajo que lleva una plancha de poliestireno expandido incorporada entre los mismos. Las dimensiones de este tablero son 6 cm de espesor, anchura 42 cm y longitud entre 1 y 2 m.

Los tableros deben quedar nivelados, alineados y rejuntados, sin desniveles superiores a 5 mm. El apoyo sobre las correas o tabiques tiene que ser como mínimo de 25 mm en cada borde de la placa. Es necesario fijar el borde del primer tablero a la estructura para evitar su deslizamiento.

En el caso de que se apoyen sobre correas, el rozamiento existente entre el tablero y la vigueta es suficiente para colocarlas en seco hasta pendientes del 50% en hormigón y 40% en metálicas.

Si se colocan sobre tabicones, éstos deben estar alineados y con una separación que se adapte a las dimensiones de los tableros. Para pendientes entre un 30% y un 60%, el apoyo puede realizarse en seco, siempre y cuando la rugosidad impida su deslizamiento. Es aconsejable coronar el tabicón con mortero de cemento maestreado.

Una vez colocados los tableros, se rematan con la misma capa de compresión que en el caso anterior.

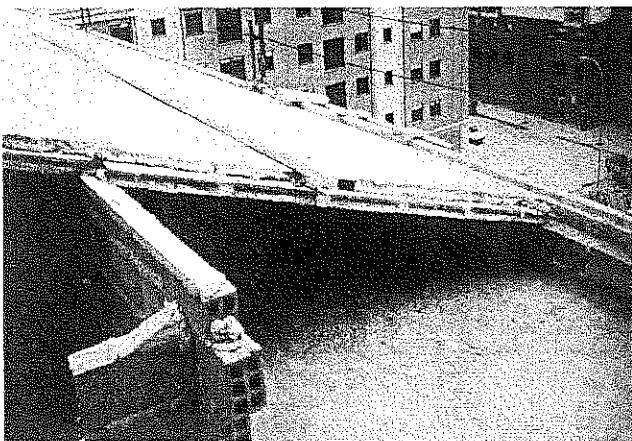


Figura 4.70. Soporte de tablero cerámico armado

4.4.7. Placa de fibrocemento o metálica

Estas placas, simples o con aislamiento térmico incorporado (como las descritas en los puntos 4.2.5. y 4.2.8), además de emplearse como cobertura, se pueden utilizar como soporte; por ejemplo, para pizarra o teja fijadas sobre rastreles (figura 4.71). Hay sistemas en los que la teja encaja directamente sobre la onda de la placa, y donde se combinan con otros productos como el aislamiento térmico.

4.4.8. Soportes compuestos con tableros de madera

Se podrán utilizar cualquiera de los tableros descritos en el punto 4.4.4, combinándolos o no con rastreles.

Tipo I. Es un tablero de madera cortado a medida o estandarizado y con un aislamiento térmico (poliestireno extrudido o expandido, poliuretano) fijado mecánicamente o adherido (figura 4.72). Este tipo de soporte no permite realizar cámara de aire ventilada, a no ser que se complete con doble capa de rastreles.

Las coberturas que se pueden disponer sobre este soporte son: piezas solapas pequeñas y láminas metálicas.

Tipo II. Tablero sándwich de madera con un núcleo de aislamiento térmico (poliestireno extrudido o expandido o poliuretano). En el mercado existen estos paneles ya prefabricados, constituidos por dos tableros con una alma de poliestireno extrudido. La anchura es de 60 cm y la longitud oscila entre 1,80 y 2,40 m. El espesor entre 60 y 90 mm y el peso entre

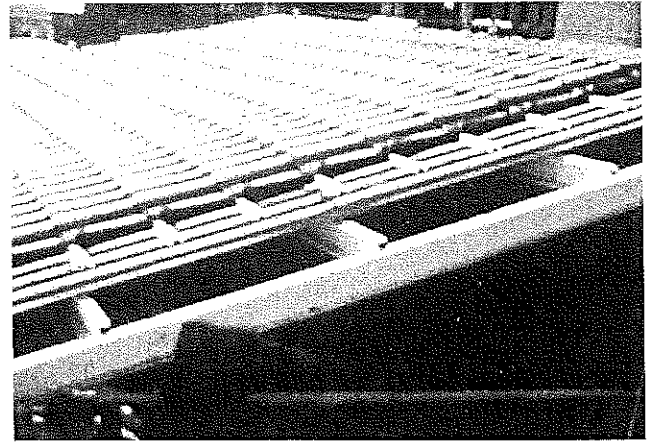


Figura 4.71. Soporte de placa de fibrocemento (Solución Tectum. Uralita)

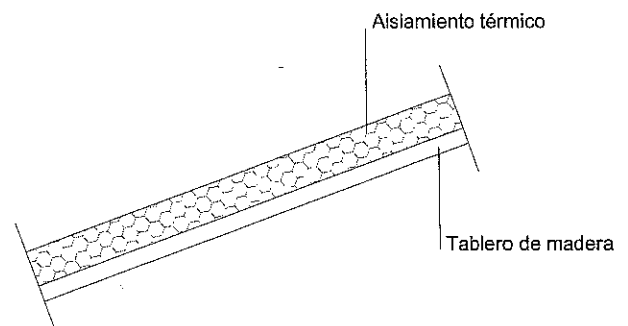


Figura 4.72. Soporte tipo I

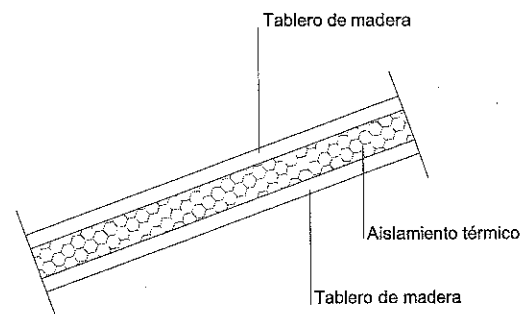


Figura 4.73. Soporte tipo II

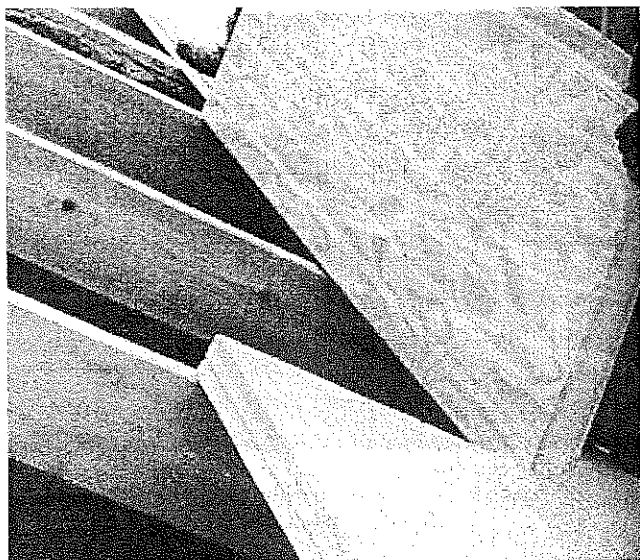


Figura 4.74. Soporte fijo II prefabricado sobre estructura discontinua (thermochip)

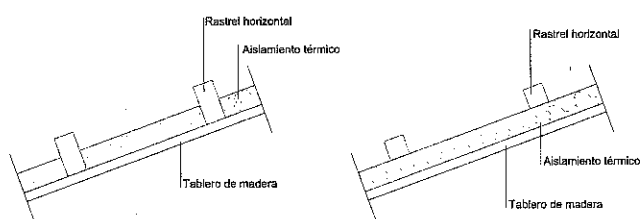


Figura 4.75. Soporte tipo III

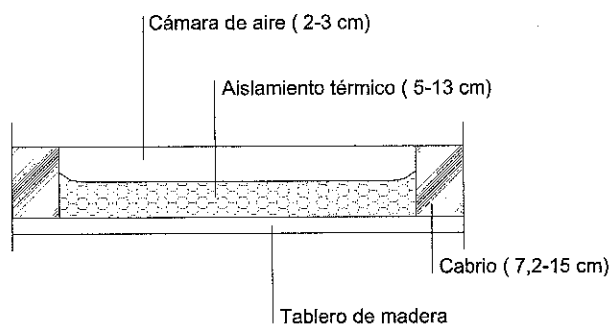


Figura 4.76. Soporte prefabricado tipo III

15 y 25 kg/m². La cara exterior puede ser de tablero aglomerado hidrófugo, ignífugo o contrachapado fenólico y la cara interior, igual que la exterior o un tablero de pino ranurado (figuras 4.73 y 4.74). Pueden colocarse solos o con una o dos capas de rastreles que permitan la fijación de algún tipo de cobertura. Cuando se disponen dos capas de rastreles se pueden formar cámaras de aire ventiladas.

Las coberturas apropiadas para este soporte son piezas solapas pequeñas.

Tipo III. Sobre un tablero de madera se clava una capa de rastreles, en general horizontales, entre los que se coloca un aislante térmico (poliestireno extrudido o expandido, poliuretano). Otra posibilidad es colocar el aislante sobre el tablero y fijar sobre él los rastreles. En este caso, el aislante deberá tener resistencia a compresión para permitir el clavado (figura 4.75).

Existe en el mercado un panel prefabricado, compuesto de un tablero de madera reforzado con cabrios entre los que se sitúa una plancha de poliuretano (figuras 4.76 y 4.77). Está tratado con insecticidas y fungicidas. Su anchura es de 60 cm, la longitud entre 2,40 y 6 m y su peso oscila entre 17 y 25 kg/m². Presenta distintos acabados por el interior: aglomerado, yeso comprimido, machihembrado de madera, tablero de partículas, con espesores todos ellos de 16 mm. Encima de los paneles y perpendicularmente a los cabrios longitudinales, se colocan rastreles horizontales, tableros u otros medios para la fijación de la cobertura.

Tipo IV. Incorpora una doble capa de rastreles, la inferior paralela a la línea de máxima

pendiente y la superior perpendicular. Con esto se consigue una ventilación más adecuada de la cubierta y se evita que se acumule agua en el rastrel horizontal (figura 4.78).

Los soportes tipo III y tipo IV son apropiados para colocar coberturas de tejas, de pizarra y de piezas solapadas grandes. En este último caso se disponen los rastreles horizontales a distancias mayores y se les da mayor sección. Por lo tanto, dependiendo del tipo de cobertura, la distancia entre rastreles será mayor o menor.

Tipo V. Similar al soporte tipo III, pero encima de los rastreles se coloca un tablero de madera para conseguir un soporte continuo. En general, este tablero superior será hidrófugo, y los rastreles intermedios serán verticales para formar la cámara de aire ventilada (figura 4.79).

Este soporte es apropiado para coberturas que precisan de un soporte continuo como son, placas asfálticas, láminas metálicas, tejas fijadas con mortero y, en algunos casos, pizarras.

Tipo VI. Parecido al anterior, pero encima del último tablero se coloca una capa de listones o rastreles. Se utiliza para las láminas metálicas (zinc, cobre, plomo) cuando van unidas sobre listón (figura 4.80).

Tipo VII. Tablero de madera con rastreles horizontales. El aislamiento térmico se dispondrá independientemente del soporte de cobertura, en general por debajo del mismo cuando se emplea aislamiento por el interior. Las coberturas podrán ser similares a las establecidas para los soportes de tipo III (figura 4.81).

4.4.9. Soportes compuestos con placa de fibrocemento o metálica

Tipo VIII. Placa de fibrocemento o chapa metálica con o sin aislamiento incorporado y rastreles (figura 4.82).

4.4.10. Otros soportes compuestos

Tipo IX. Tablero de hormigón con aislamiento térmico (poliestireno extrudido o expandido o poliuretano). Es similar al tipo I.

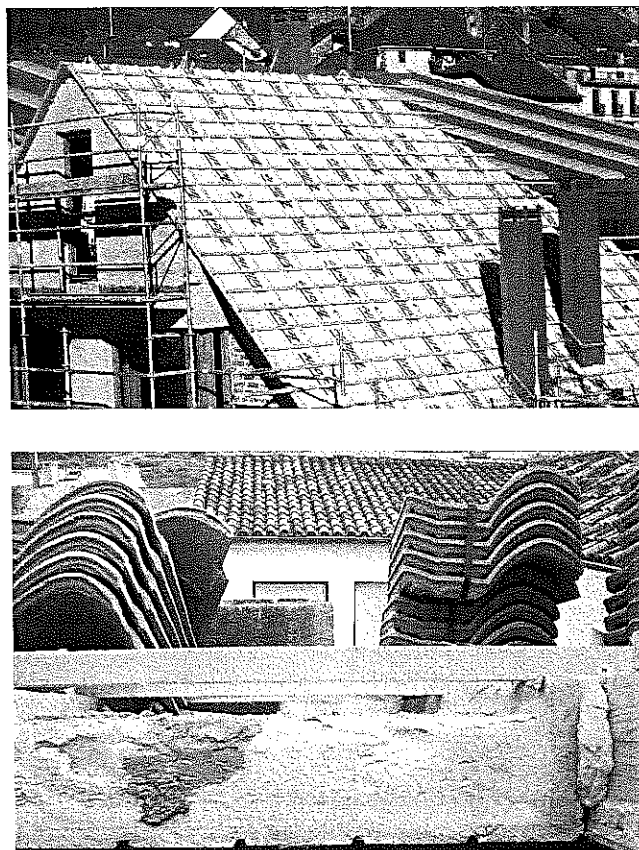


Figura 4.77. Soporte prefabricado tipo III

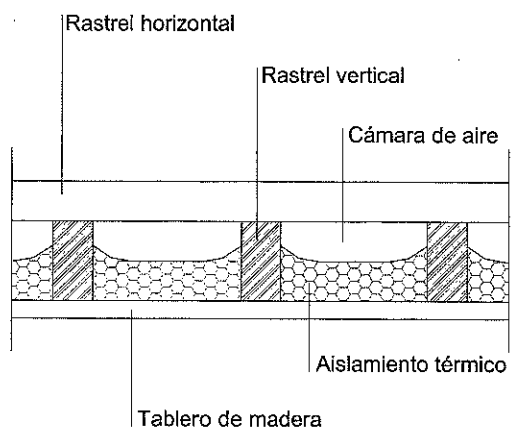
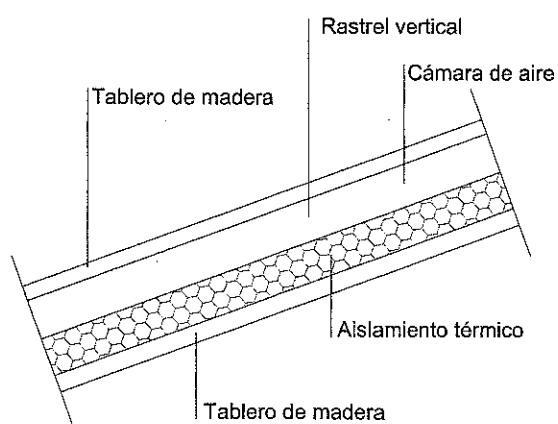
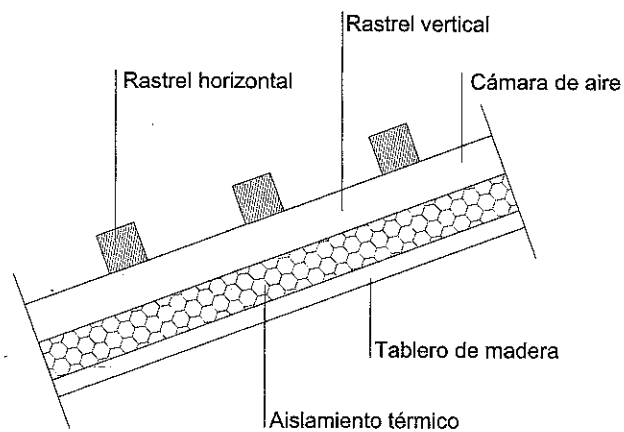


Figura 4.78. Soporte tipo IV

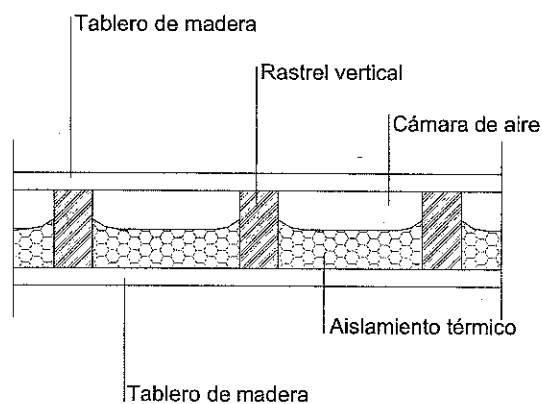


Figura 4.79. Soporte tipo V

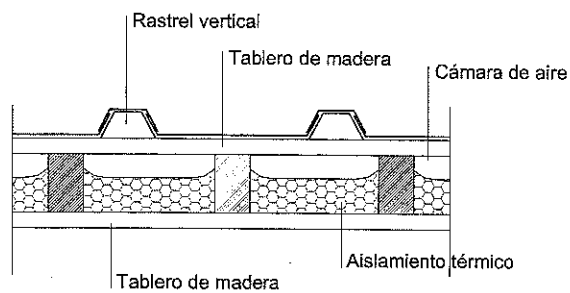
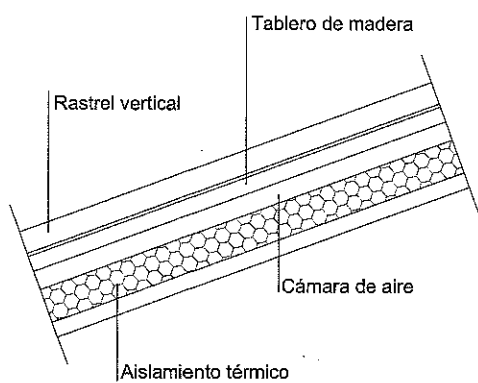


Figura 4.80. Soporte tipo VI

Tipo X. Tablero de hormigón con aislamiento térmico y con rastreles en doble capa. También puede llevar rastrel vertical y tablero. Es apropiado para coberturas como las descritas para los tipos tercero, cuarto y quinto.

Tipo XI. Tablero sándwich de dos capas cerámicas con aislamiento térmico (poliestireno expandido). Es similar al tipo II.

4.5. ESTRUCTURA RESISTENTE

Debe calcularse teniendo en cuenta, además de las sobrecargas debidas a la acumulación de nieve o agua y las necesidades de mantenimiento, el peso propio de la cubierta. De forma esquemática se presentan algunos tipos de estructura resistente más utilizados para cubiertas, ya que este tema es muy amplio, además de ser objeto de otro tipo de publicación.

Estructura continua

- Forjados y losas realizados "in situ" (figura 4.83).
- Losas prefabricadas (macizas, tubulares y prelosas).

Estructura discontinua pesada (cerchas, cabrios, correas, vigas, estructura espacial, etc.) de:

- Hormigón: "in situ" o prefabricada.
- Acero (figura 4.84).
- Madera aserrada (figura 4.85) o laminada (figura 4.86).

Estructura discontinua ligera prefabricada (figura 4.87):

- Con perfiles de chapa plegada galvanizada.
- Con tubos y perfiles de chapa plegada laminada en frío.
- Con tablas de madera cosidas con pletinas dentadas de acero galvanizado.

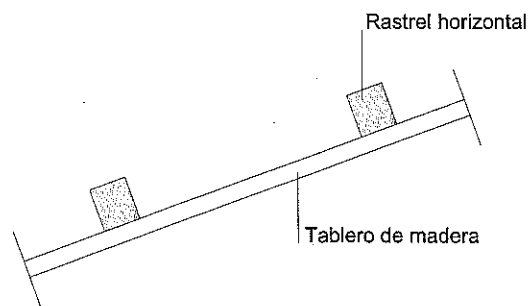


Figura 4.81. Soporte tipo VII

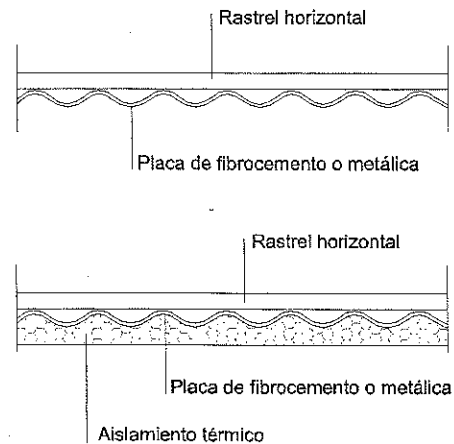


Figura 4.82. Soporte tipo VIII

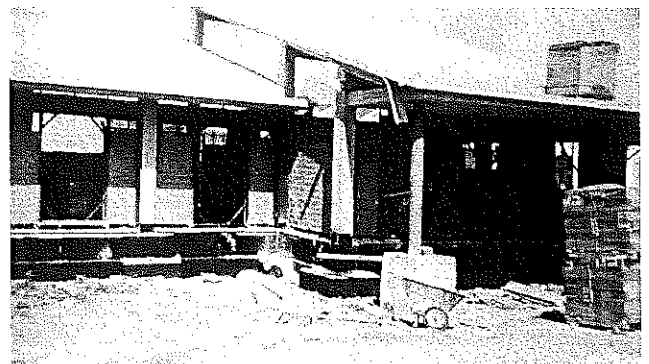


Figura 4.83. Estructura continua

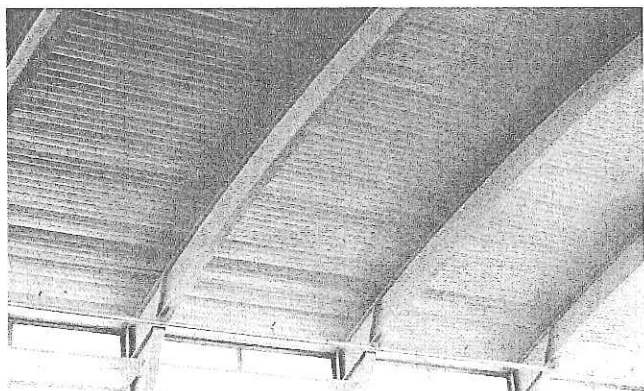


Figura 4.84. Estructura discontinua de acero

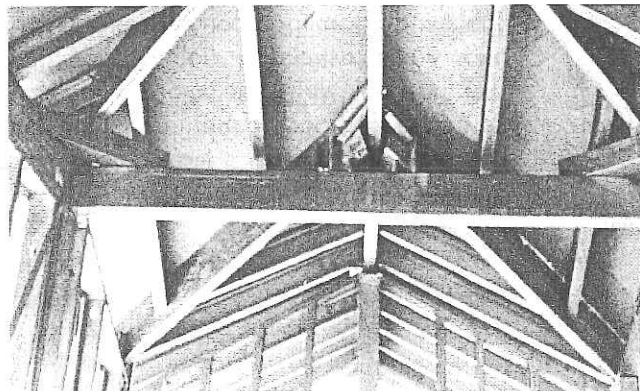


Figura 4.87. Estructura discontinua ligera prefabricada



Figura 4.85. Estructura discontinua de madera aserrada

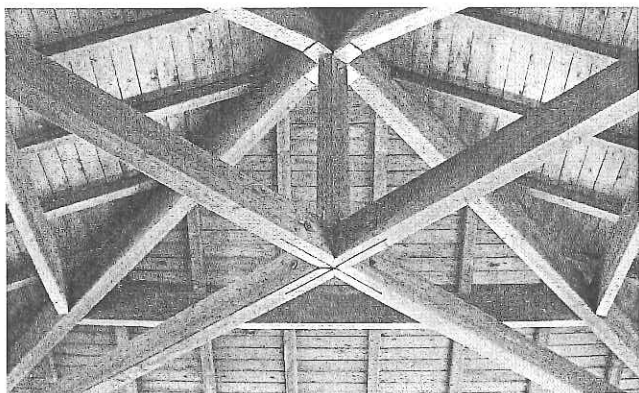


Figura 4.86. Estructura discontinua de madera laminada

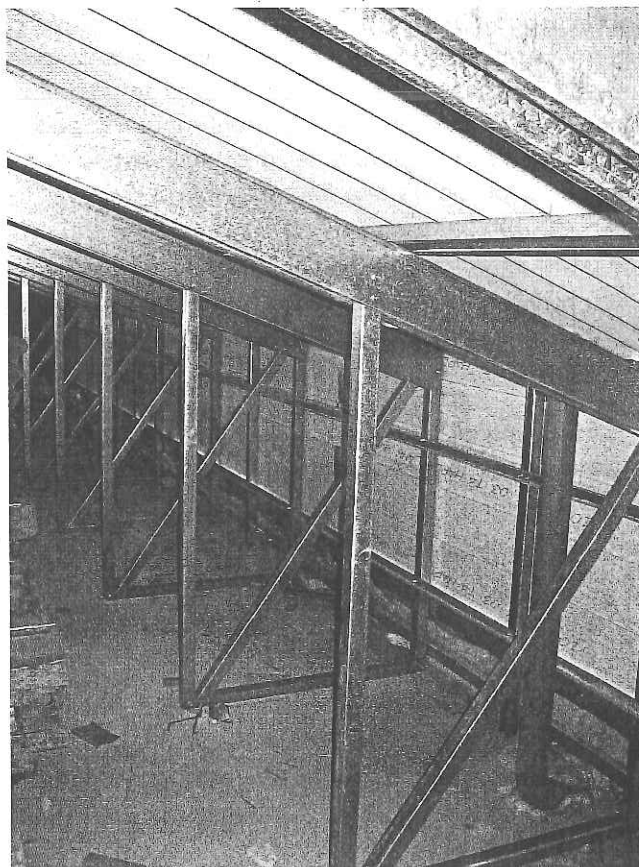


Figura 4.88. Rehabilitación de cubierta mediante estructura discontinua ligera prefabricada

Es de destacar en cubiertas, el uso de las estructuras discontinuas ligeras que están alcanzando un gran desarrollo por su ligereza, su rapidez de ejecución y su proceso constructivo industrializado.

En función del uso del edificio, el diseño de la estructura varía y el material elegido también. Por ejemplo, para edificios deportivos, industriales, docentes, de ocio, se utilizan estructuras de grandes luces como losas prefabricadas o estructuras discontinuas.

Para edificios de uso residencial, de pequeña luz, se emplean las discontinuas o continuas de hormigón "in situ". Para rehabilitación de cubiertas, cada vez más las prefabricadas ligeras (figura 4.88).

4.6. SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS

Se utilizan canalones y bajantes de PVC o metálicos (aluminio, acero, acero inoxidable, cobre, zinc).

4.6.1. Canalones

El canalón es el elemento lineal de recogida de aguas, propio de las cubiertas inclinadas. Debe tener una pendiente mínima del 0,5% hacia el desagüe. Generalmente se sitúa en la zona del alero y pueden ser vistos u ocultos (figuras 4.89 y 4.90). Los primeros van fijados mediante abrazaderas cuya distancia depende de la sección del mismo y de la existencia o no de nieve. El canalón oculto se suele colocar entre dos muretes y sobre una base de apoyo (prefabricada o realizada "in situ") que permita darle pendiente; conviene aislarlo por debajo cuando queda sobre espacio habitable para evitar puentes térmicos.

Los detalles de encuentro de la cubierta con el canalón se recogen en el apartado 4.8 Puntos singulares y en los distintos anejos.

Los materiales que más se emplean son: PVC (poli-cloruro de vinilo no plastificado) o chapa metálica: aluminio (Al), cobre (Cu), acero con recubrimiento metálico, acero inoxidable (SS), aleación de zinc (Zn), de

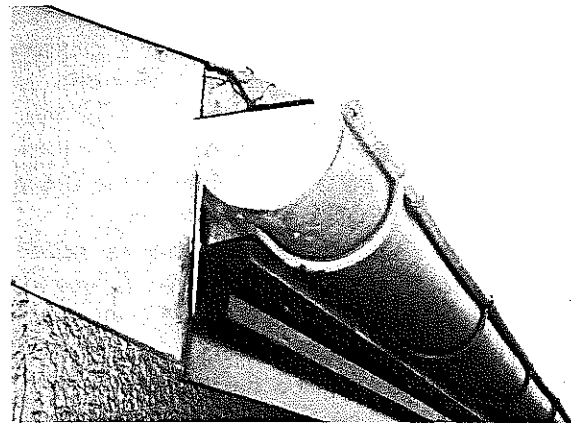


Figura 4.89. Canalón visto

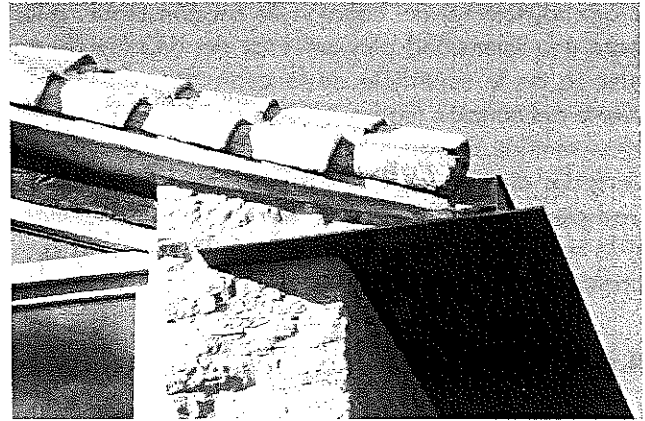


Figura 4.90. Canalón oculto

zinc-aluminio (Si). Los de chapa metálica pueden tener sección rectangular, cuadrada, trapezoidal y circular.

Dependiendo de la anchura de desarrollo, el espesor mínimo es para el aluminio de 0,7 y 0,8 mm, para el cobre 0,6 y 0,7 mm, para el zinc-aluminio 0,6 y 0,7 mm, para el acero inoxidable 0,4 y 0,6 mm y para el zinc 0,65, 0,7 y 0,8 mm.

El dimensionamiento de los canalones se realiza en función de la zona pluviométrica en la que se diseña la cubierta. Siguiendo el CTE-HS5 Evacuación de aguas, se determina en primer lugar la intensidad pluviométrica del lugar (mapa de la figura 4.91 y tabla de la figura 4.92). A continuación se obtiene el diámetro nominal del canalón de sección semicircular para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h, en función de la superficie de la cubierta y de la pendiente del canalón (figura 4.93). Cuando la intensidad pluviométrica sea diferente de 100 mm/h, se aplicará un factor de corrección $f = i/100$, siendo i la intensidad pluviométrica que se quiere considerar. Además, si la sección del canalón no es semicircular sino cuadrangular, se debe sumar un 10% al valor obtenido.

4.6.2. Bajantes

Las bajantes empleadas habitualmente son de PVC o de chapa metálica de los mismos materiales anteriormente descritos para los canalones.

El dimensionamiento se realiza en función de la pluviometría de la zona y de la superficie que desagua en la bajante (figura 4.94). De forma análoga al caso de los canalones, para intensidades distintas de 100 mm/h, debe aplicarse el factor corrector f correspondiente.

Las características de los canalones y bajantes de chapa metálica se recogen en la norma UNE EN 612 y las de canalones de PVC en la norma UNE EN 607.

4.7. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA CADA TIPO DE COBERTURA

La elección de un tipo u otro de cobertura se fundamenta en los criterios de diseño que ya han sido comentados en el capítulo 2, y en ocasiones viene condicionada por la idea proyectual que depende a su vez, del tipo de uso del edificio:

- Las coberturas que más se emplean en cubiertas de edificios residenciales son las de teja, pizarras, placas asfálticas y placas metálicas. En este tipo de edificios los criterios que más pueden influir en el diseño de la cubierta son: la estanquidad, el aislamiento térmico y acústico, las normativas urbanísticas y el coste económico.
- En las cubiertas de edificios públicos puede primar la estética, además del aislamiento térmico y el acústico. Por ello se eligen coberturas metálicas: láminas, placas o paneles sándwich.
- Para edificios de uso deportivo o industrial se tienen muy en cuenta, además del tipo de estructura para que cubra grandes luces, criterios de simplicidad de la solución, rapidez de ejecución, poco peso, captación solar para iluminar uniformemente el espacio. Por ello, la elección se centra en cubiertas de placas metálicas y paneles sándwich.

INTENSIDAD PLUVIOMÉTRICA i (mm/h)												
ISOYETA	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

Figura 4.92. Intensidad pluviométrica i en mm/h (CTE-HS5)

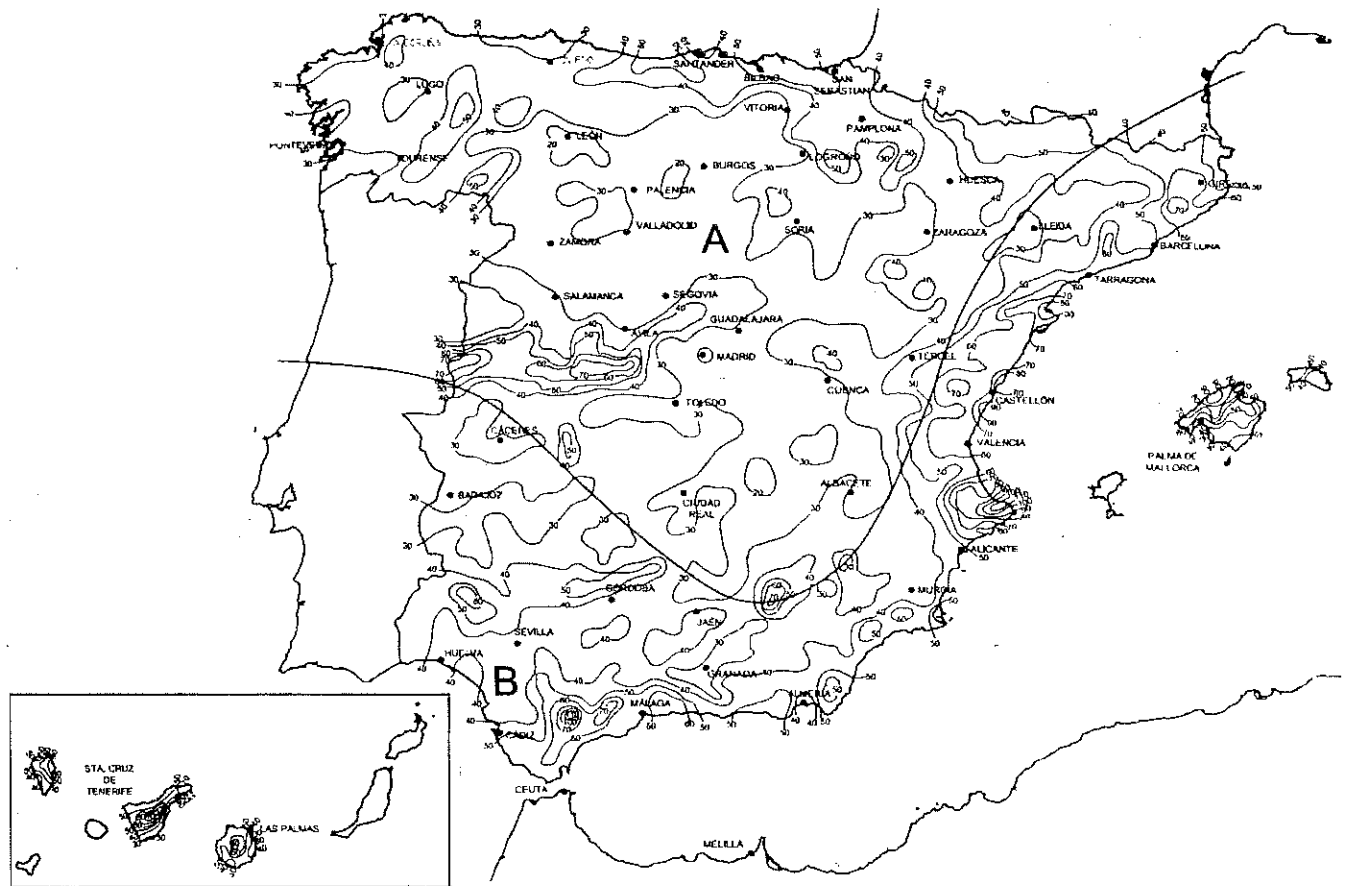


Figura 4.91. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas (CTE-HS5)

MÁXIMA SUPERFICIE DE CUBIERTA EN PROYECCIÓN HORIZONTAL (m²)				DIÁMETRO NOMINAL DEL CANALÓN (mm)
PENDIENTE DEL CANALÓN				
0,5%	1%	2%	4%	
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
i: intensidad pluviométrica				

i: intensidad pluviométrica

Figura 4.93. Diámetro del canalón para $i = 100 \text{ mm/h}$ (CTE-HS5)

DIÁMETRO DE BAJANTE DE AGUAS PLUVIALES PARA $i = 100 \text{ mm/h}$	
SUPERFICIE SERVIDA EN PROYECCIÓN HORIZONTAL (m^2)	DIÁMETRO NOMINAL DE LA BAJANTE (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200
i: intensidad pluviométrica	

Figura 4.94. Dimensionamiento de bajantes de aguas pluviales (CTE-HS5)

En la tabla de la figura 4.95 se recogen las combinaciones más usuales entre coberturas, aislantes térmicos y soportes de cobertura, para soluciones de cubierta inclinada con cámara de aire ventilada. Los números 1, 2, 3... de la tabla significan el orden en que se colocan cada uno de los componentes de la cobertura, de abajo hacia arriba (del interior hacia el exterior). El primer elemento se sitúa directamente sobre la estructura resistente. Se ha considerado para las soluciones que se presentan en el cuadro, que la estructura sobre la que se apoyan los soportes es discontinua; en caso contrario, se elimina el primer tablero o placa.

En cada proyecto las soluciones constructivas dependen de la situación geográfica, del entorno, del emplazamiento, de las condiciones de uso y posibilidades económicas de la propiedad.

En las figuras 4.96 a 4.100 se expresan algunas secciones transversales de las soluciones constructivas de cubiertas recogidas en el cuadro de la figura 4.95.

4.8. PUNTOS SINGULARES

Se denominan puntos singulares a aquellos puntos del faldón que por su localización precisan una

solución constructiva diferente del resto de la cubierta. En general son puntos críticos para la estanquidad.

Estos puntos singulares pueden ser, entre otros:

- Juntas.
- Encuentro con paramento vertical: chimeneas, piñones de los edificios colindantes, antepechos, casetones de ascensor, etc.
- Encuentro con elementos pasantes.
- Borde extremo o lateral.
- Anclaje de elementos.
- Encuentro con el canalón: visto u oculto.
- Limahoyas.
- Cumbreras y limatesas.
- Alero.
- Piezas especiales de ventilación.
- Placas solares.
- Huecos de iluminación cenital.

En la figura 4.101 aparecen algunos de estos encuentros críticos y en los anejos 1 a 8 se exponen algunas soluciones para puntos singulares en función del tipo de cobertura.

Muchos componentes de cobertura disponen de piezas especiales para resolver estos encuentros. En caso contrario, se emplean otros materiales: chapas metálicas, láminas impermeables autoprotegidas, accesorios especiales prefabricados, etc.

Los materiales que más se utilizan como bandas metálicas son el zinc ($e \geq 0,65 \text{ mm}$), cobre ($e \geq 0,60 \text{ mm}$), aluminio ($e \geq 0,65 \text{ mm}$). Estas bandas metálicas se deben engatillar o solapar entre sí un mínimo de 10 cm; y fijarlas en ambos faldones (en limahoyas, limatesas...) alternadamente cada 100 cm como máximo.

En el caso de las láminas impermeables, se utilizan autoprotegidas y tienen que quedar fijadas. Las juntas entre láminas deben permanecer perfectamente cerradas. Es importante que se coloquen sobre un soporte lo más liso y regular posible para evitar su rotura.

Para resolver determinados encuentros (con paramentos verticales, cumbres, limatesas, limahoyas y aleros), existen también en el mercado algunos accesorios prefabricados como bandas de PVC adhesivas. Son piezas flexibles, moldeables gracias a una rejilla articulada de aluminio que llevan incorporada en su interior. La puesta en obra de estas piezas requiere que el soporte esté seco, limpio y sin grasa. Se deben suprimir las asperezas y salientes.

4.8.1. Juntas

En las cubiertas inclinadas, habría que tener en cuenta las siguientes juntas:

- Junta estructural del edificio, que se debe respetar en cubierta.
- Juntas del soporte de cobertura.
- Juntas de la cobertura.

MATERIAL	RASTREL VERTICAL	RASTREL HORIZ.	CORREAS	PLACA FIBROC.	PLACAS METAL.	FIBROC + AISLAM.	PLACA METAL + AISLAM.	TABLERO MADERA	TABLERO HORMIG. O CERAM.	AISLAM. TÉRMICO	SOPORTES PREFABRICADOS
Tejas		2									1 (**)
	2	4						1	1	3	
		3		1	1					2	
		2				1	1				
Pizarras		2									1 (**)
	2	4						1	1	3	
		3		1	1					2	
		2				1	1				
	2							1	4	3	
		2									1 (**)
Placas asfálticas	2							1	4	1	3
								2			1
Láminas metálicas	2							1	4	1	3
	2	5 (*)						1	4	1	3
Placa fibroc.			1	4	2					3	
Placa metál.			1	4		2				3	
Placa sintét.			1								
Panel sándwich			1								

* Para junta con listón.
 ** Por ejemplo, soporte tipo III.
 Las líneas discontinuas presentan las distintas soluciones para una misma cobertura. Cuando en una fila aparece un mismo número indica que puede empelarse uno u otro.

Figura 4.95. Soluciones constructivas para cada tipo de cobertura

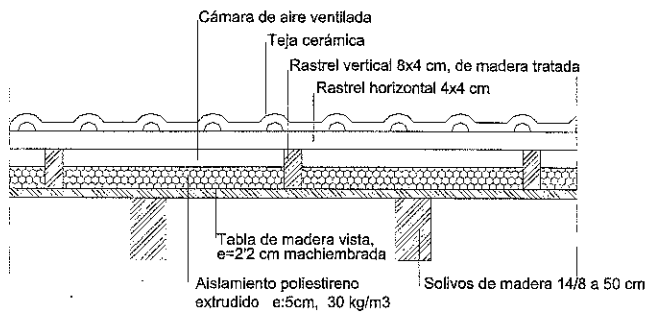


Figura 4.96. Solución constructiva para cubierta de teja

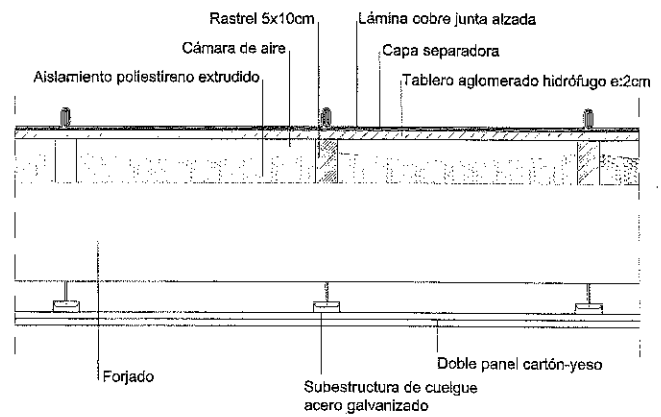


Figura 4.99. Solución constructiva para cubierta de lámina metálica

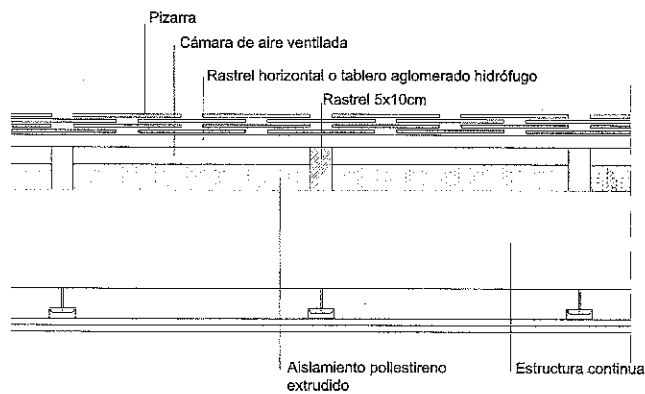


Figura 4.97. Solución constructiva para cubierta de pizarra

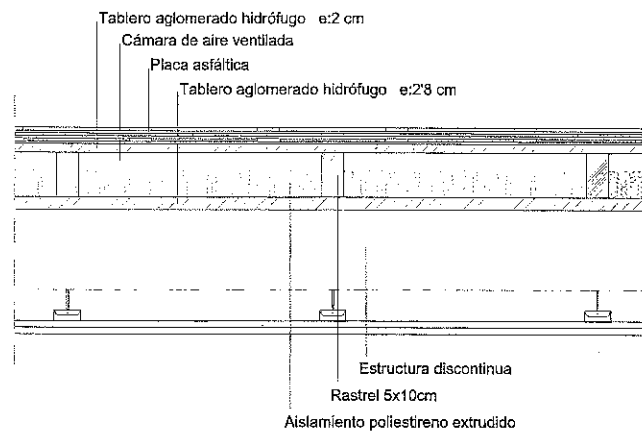


Figura 4.98. Solución constructiva para cubierta de placa asfáltica

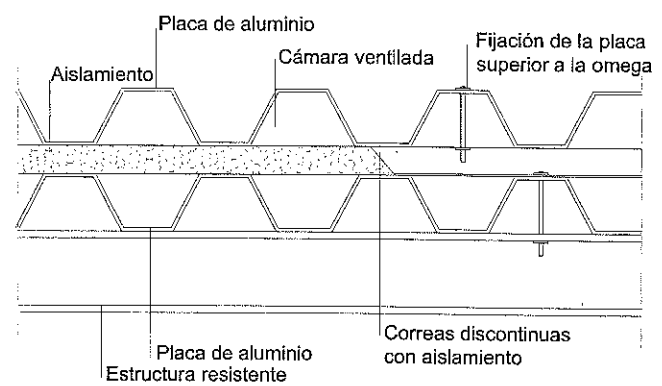


Figura 4.100. Solución constructiva para cubierta de placa metálica

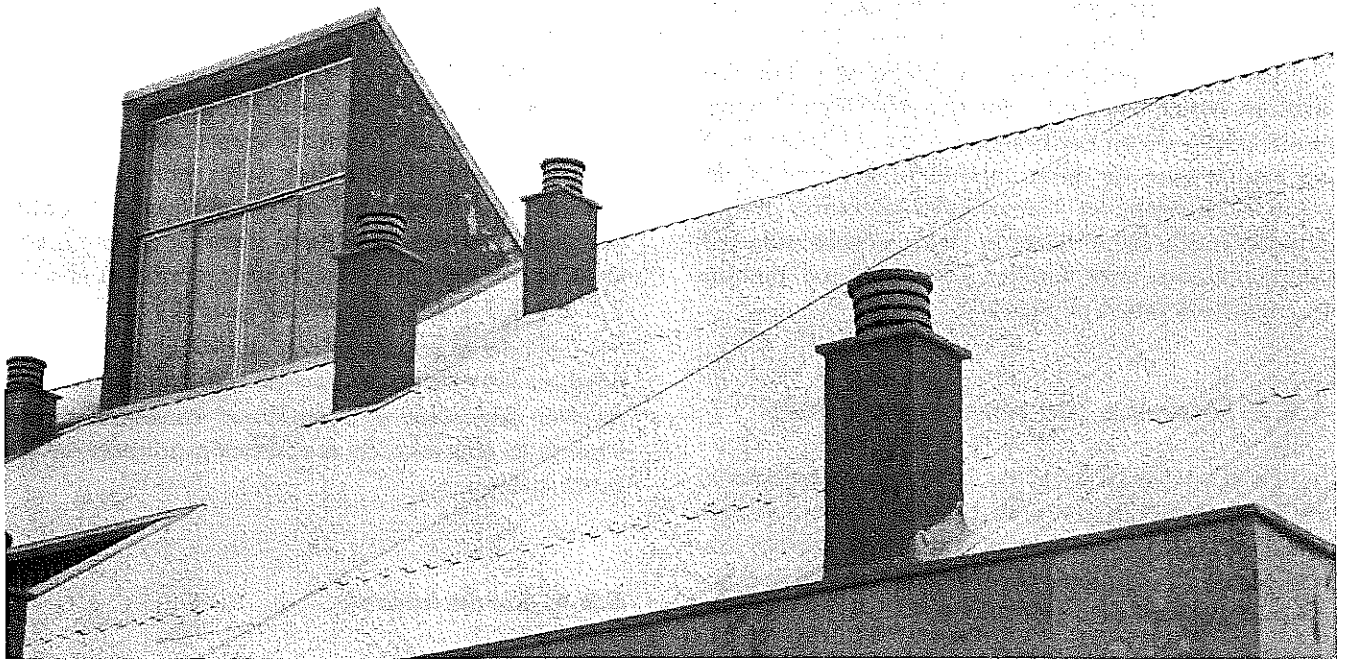


Figura 4.101. Diferentes puntos singulares para resolver en una cubierta

La cobertura es el componente más expuesto a la acción de la radiación solar, por lo que en función del tipo de material hay que calcular la dilatación que pueden experimentar, resolviendo las juntas entre las piezas para que se puedan absorber los movimientos previstos. En las piezas solapadas pequeñas (tejas, pizarras), el solape de una respecto a la otra permite los movimientos, mientras que las piezas solapadas grandes, que van fijadas con tornillos deben tener agujeros elípticos ya que en este caso la dilatación será mayor, sobre todo en el caso de las placas metálicas. La forma de resolver las juntas entre las láminas metálicas (engatillados) garantiza la absorción de movimientos. En los paneles sándwich, los productos para juntas se diseñan también para ello.

Los soportes de cobertura se realizan con elementos discontinuos o continuos que pueden dejar juntas entre ellos y que, por lo tanto, permiten la dilatación y retracción. Por ejemplo, los rastreles no se colocarán a tope unos con otros en la misma dirección, y en el caso de los tableros se dejará una junta cada 15 m.

Las juntas estructurales en cubierta se deben realizar en posiciones altas a las que no afluya el agua, preferentemente en cumbre, o si no, en limatesas. Y en ningún caso se debe impedir la evacuación del agua ni su retención. Cuando sea necesario porque el agua puede llegar hasta la junta, se colocarán piezas especiales impermeables y flexibles que impidan la infiltración hacia el interior.

4.8.2. Encuentro con paramento vertical

En el encuentro de la cubierta con un paramento vertical deben disponerse bandas impermeables (metálicas o láminas autoprotegidas) o elementos prefabricados que garanticen la estanquidad y que tengan las siguientes características:

- Deben subir por el paramento vertical 25 cm como mínimo por encima del faldón (figuras

4.102 y 4.103). El remate superior se realizará de forma similar a lo descrito para cubiertas planas, en el punto 3.5.2.

- Cuando el encuentro se produce en la parte inferior del faldón se colocará un canalón, a no ser que se trate de un paramento de pequeña sección y que sea suficiente con disponer elementos de protección por debajo de las piezas de cobertura que se prolongarán 10 cm como mínimo desde el encuentro (figura 4.102).
- Cuando el encuentro se produce en la parte superior o lateral del faldón, los elementos de protección se colocan por encima de las piezas de cobertura y se prolongan 10 cm como mínimo desde el encuentro (figura 4.102).

4.8.3. Encuentro con elementos pasantes

Los elementos pasantes no deben disponerse en las limahoyas.

En el perímetro del elemento pasante se deben colocar bandas de protección prefabricadas o realizadas "in situ", que deben subir por el elemento pasante 20 cm como mínimo por encima de la cobertura, rematándose en la parte superior de forma similar a lo descrito para las cubiertas planas en el punto 3.5.2 y 3.5.3 del capítulo 3 (figura 4.104).

Cuando el encuentro con el elemento pasante se produce con la parte inferior del faldón, se debe resolver desviando el agua hacia los laterales para impedir la acumulación e infiltración a través de este punto crítico.

4.8.4. Borde lateral

En el borde lateral deben disponerse piezas especiales de la propia cobertura que vuelen lateralmente

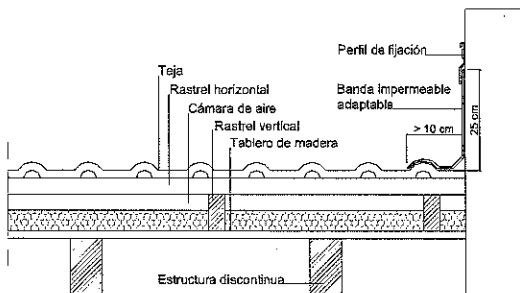
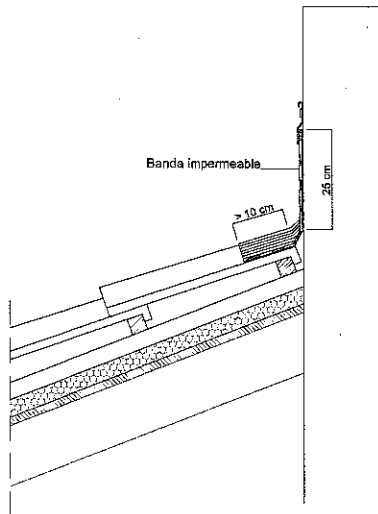
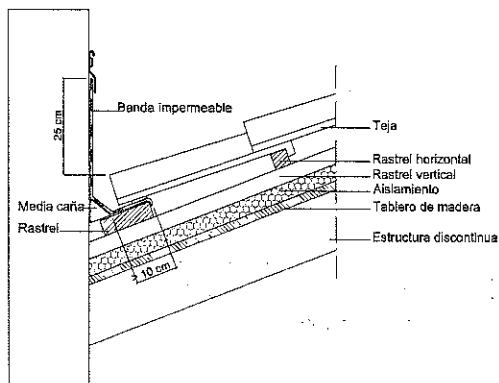


Figura 4.102. Detalle de encuentro de cubierta con paramento vertical

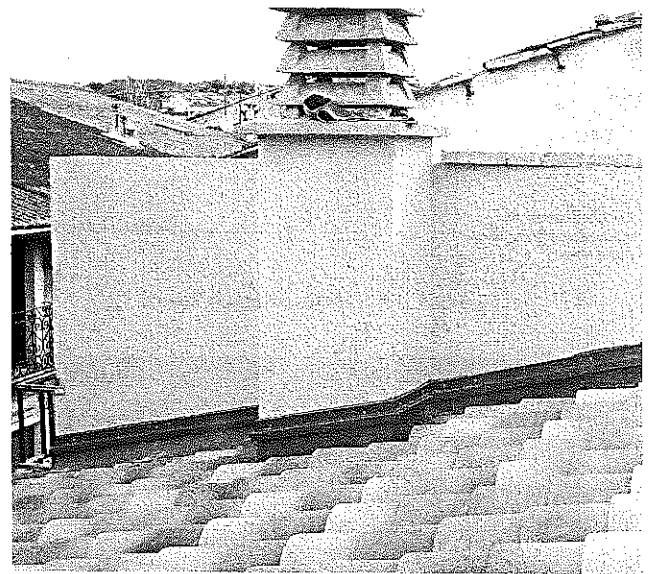


Figura 4.103. Encuentro de cubierta con paramento vertical

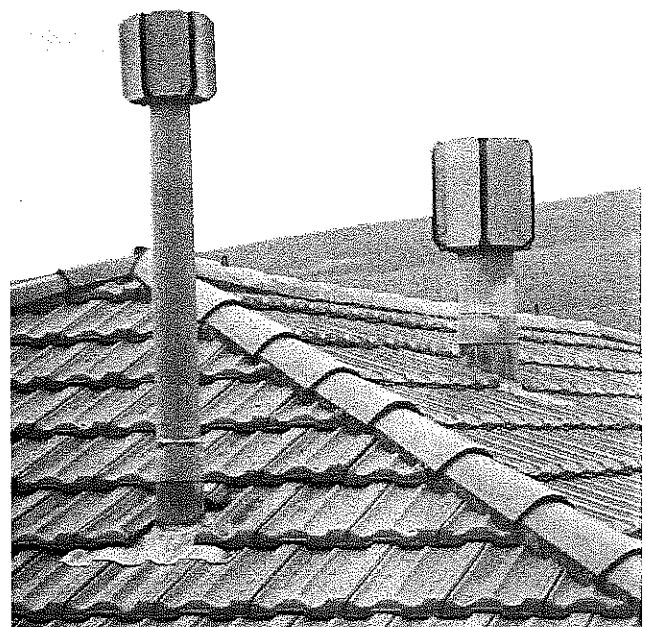


Figura 4.104. Encuentro de cubierta con elementos pasantes

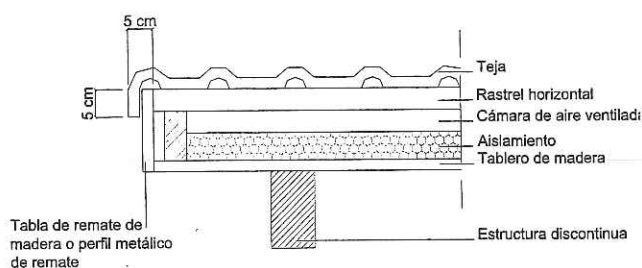


Figura 4.105. Detalle de borde lateral

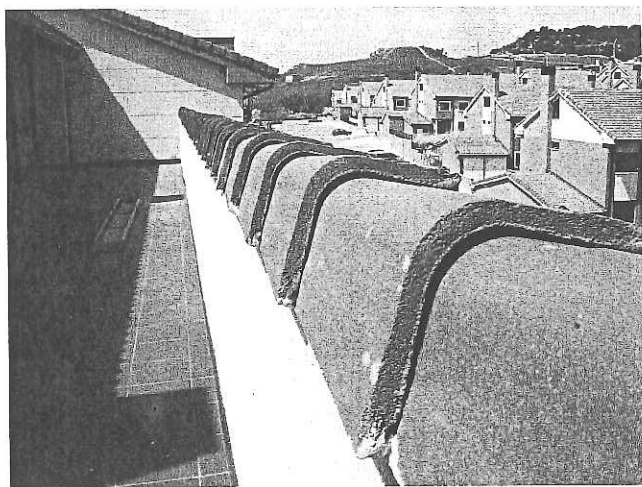
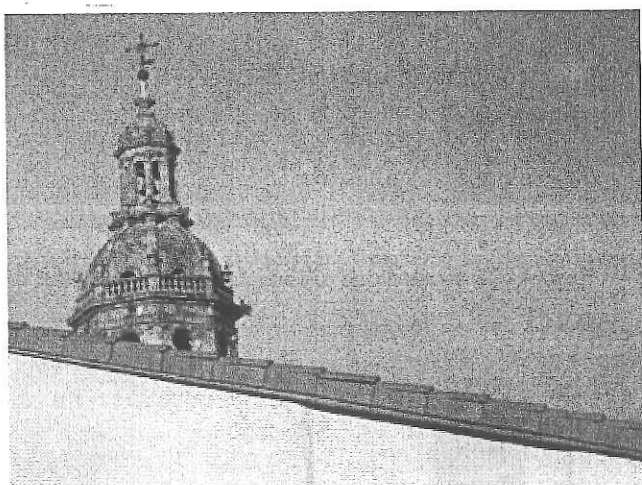


Figura 4.106. Borde lateral

más de 5 cm (figuras 4.105 y 4.106), o bandas impermeables que permitan también que las piezas del faldón vuelen 5 cm.

4.8.5. Anclaje de elementos

Los anclajes no deben disponerse en las limahoyas. Tienen que fijarse a elementos resistentes del soporte de cobertura o de la estructura resistente, nunca directamente a la cobertura, y preferentemente a paramento vertical (figura 4.107) antes que a la cubierta.

Si se han fijado sobre la cubierta, se deben colocar elementos de protección prefabricados o realizados "in situ", que cubran una banda del elemento anclado de 20 cm como mínimo de altura por encima de la cobertura.

4.8.6. Encuentro con el canalón

El canalón puede ser visto u oculto. Este último puede dar más problemas que el primero y por ello requiere una solución más estudiada. En cualquier caso, deben tener una pendiente del 0,5% como mínimo hacia el desagüe. La unión de la cubierta con el canalón debe ser impermeable, y las piezas de cobertura deben sobresalir 5 cm como mínimo sobre el canalón (figura 4.108). En faldones de longitud mayor de 12 m conviene colocar un canalón interior en zona intermedia además del previsto en el alero.

Cuando el canalón sea visto, debe disponerse el borde en contacto con la fachada de forma que quede por encima del borde exterior del mismo.

Cuando el canalón sea oculto, situado en una zona intermedia del faldón, debe ejecutarse de tal forma que (figuras 4.109 y 4.110):

- Se dispongan en el encuentro elementos de protección prefabricados o realizados "in situ".

- En la parte inferior del faldón, los elementos de protección se colocarán por debajo de las piezas de cobertura de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo.
- En la parte superior del faldón, los elementos de protección deben quedar por encima de las piezas de cobertura, cubriendo una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo.
- La separación entre las piezas de los dos faldones a ambos lados del canalón debe ser de 20 cm como mínimo.

Cuando el canalón esté situado junto a un paramento vertical se dispondrá en este punto elementos de protección prefabricados o realizados "in situ" de tal forma que (figura 4.111):

- Cubran una banda del paramento vertical por encima del tejado de 25 cm como mínimo y su remate se realice de forma similar a lo descrito para cubiertas planas en el punto 3.5.2 del capítulo 3.
- El ala del canalón se extienda por debajo de las piezas de cobertura 10 cm como mínimo.

4.8.7. Limahoyas

Las limahoyas pueden realizarse con láminas metálicas o impermeables, o mediante piezas especiales prefabricadas de PVC (figura 4.112).

Las piezas de cobertura deben sobresalir 5 cm como mínimo sobre la limahoya. Y la separación entre las piezas de los dos faldones que acometen a la limahoya debe ser de 20 cm como mínimo (figura 4.113).

4.8.8. Cumbresas y limatesas

Pueden resolverse con piezas especiales de la misma cobertura o con bandas metálicas o prefabri-

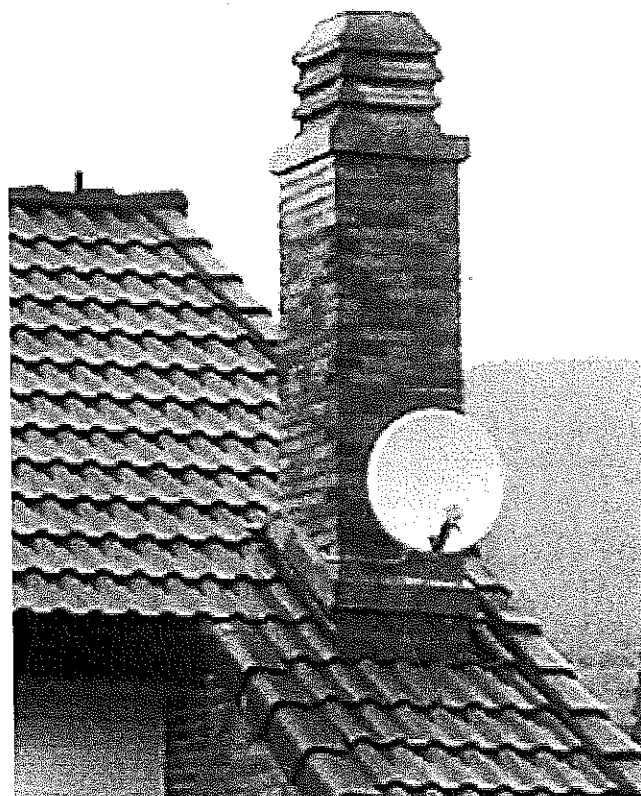


Figura 4.107. Anclaje de elementos a paramentos verticales

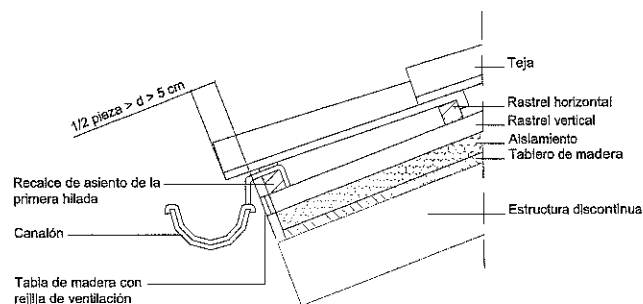


Figura 4.108. Encuentro con canalón visto

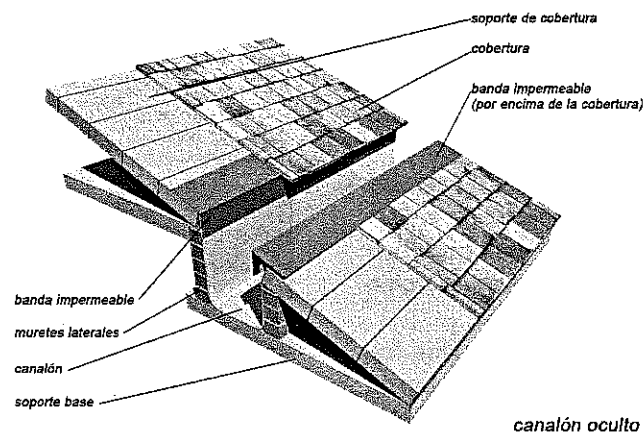


Figura 4.109. Canalón oculto

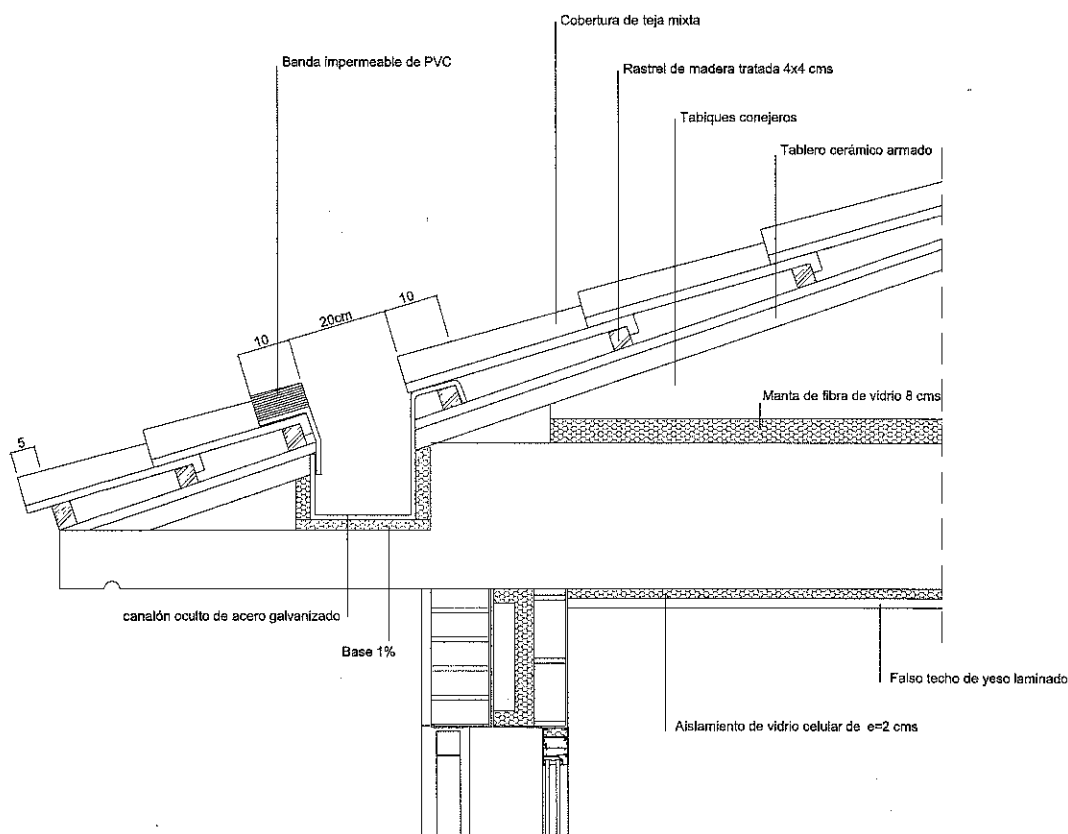


Figura 4.110. Canalón oculto

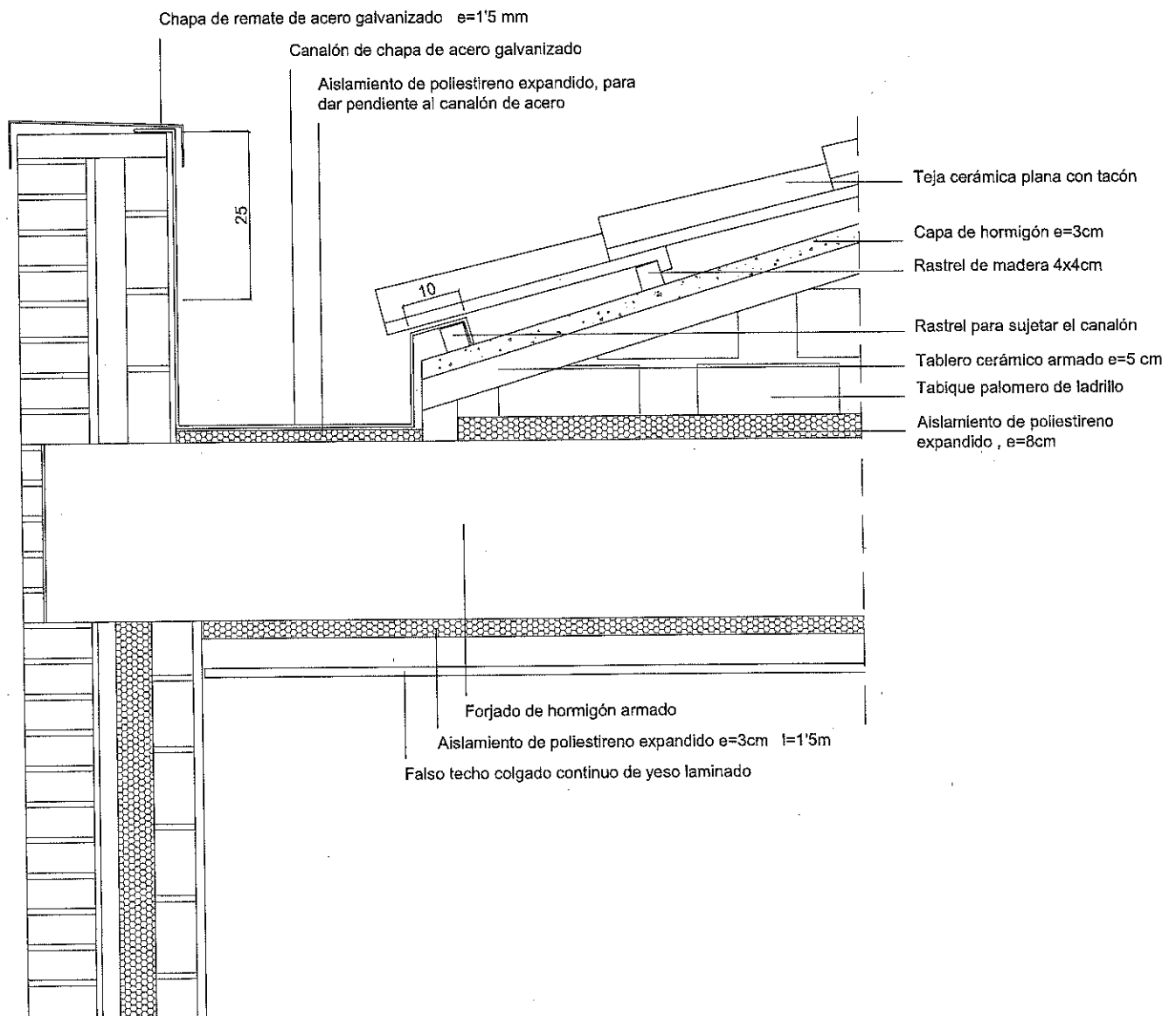


Figura 4.111. Detalle canalón junto a paramento vertical

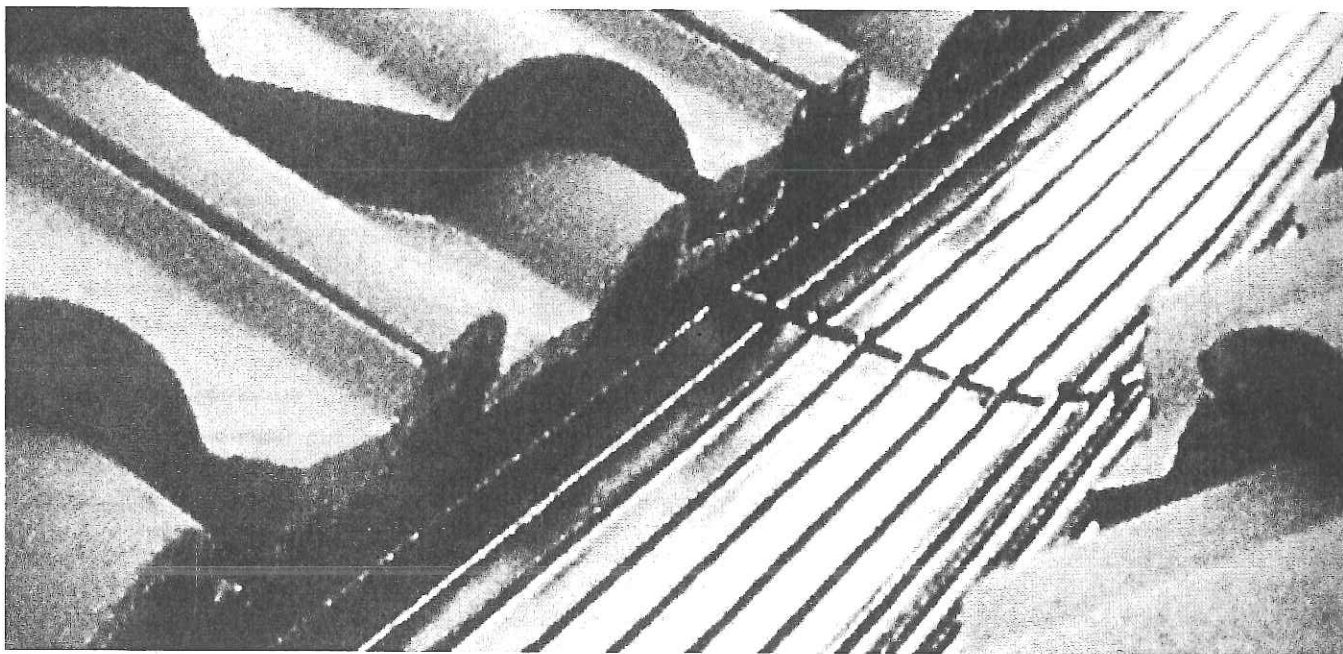


Figura 4.112. Limahoya de PVC (Uralita)

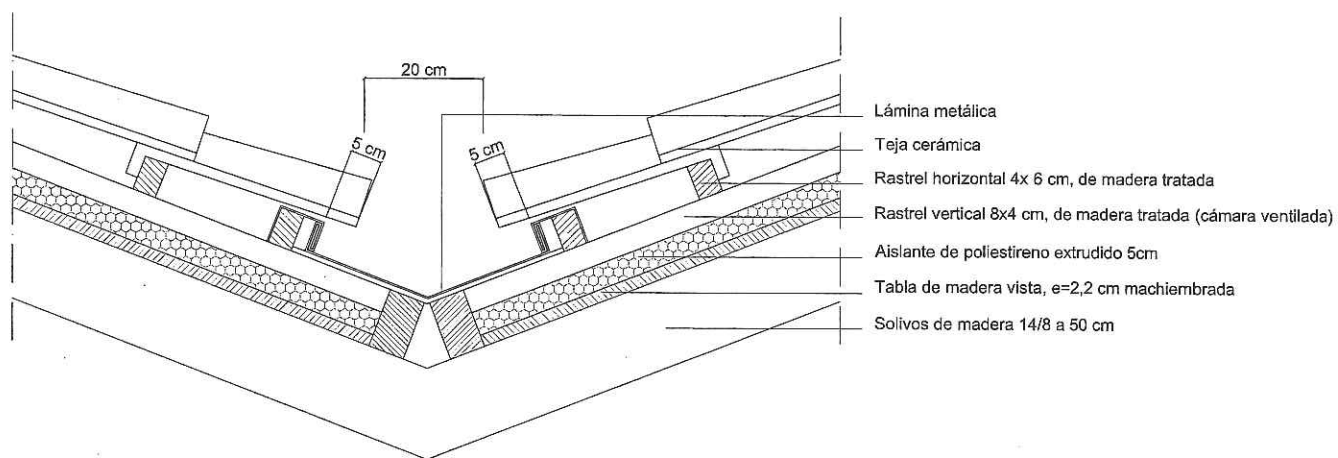


Figura 4.113. Detalle de limahoya

cadras, que solaparán 5 cm como mínimo sobre las piezas de cobertura de ambos faldones (figuras 4.114, 4.115, 4.116). Cuando no sea posible el solape entre las piezas de una cumbrera, en un cambio de dirección o en un encuentro de cumbreras, estos puntos deben impermeabilizarse con piezas especiales o bandas protectoras.

Las piezas de cobertura de la última hilada horizontal superior, así como las de cumbrera y limatesa deben quedar fijadas.

Si no existen otros elementos específicos (tejas de ventilación), a través de la cumbrera se debe garantizar la salida del aire de ventilación de la cámara de aire, de tal forma que el cierre puede realizarse con un elemento constituido por un perfil metálico perforado y unos baberos laterales que montan sobre los dos faldones y que son, generalmente, de cinc o de PVC, adhesivos o no. Estas piezas permiten la aireación de la cubierta, además de impedir la entrada de pájaros, roedores o elementos extraños. Cuando se utilizan estos elementos, las piezas de cumbrera se han de fijar con ganchos o clips. Los rastreles que conforman las cumbreras y limatesas pueden ir apoyadas sobre soportes industrializados, cada sesenta centímetros, de tal manera que se optimiza la alineación de las piezas y su montaje (figuras 4.117 y 4.118).

4.8.9. Alero

Las piezas de cobertura deben sobresalir 5 cm como mínimo y media pieza como máximo sobre el alero.

Cuando la cubierta sea de teja o pizarra, para evitar la infiltración de agua a través de la unión, debe realizarse en el borde un recalde de la primera hilada de las piezas de tal manera que, mantenga constante la pendiente del faldón, o se adopte cualquier otra solución que produzca el mismo efecto (colocación de rastrel de alero).

Para cubiertas ventiladas, si no se disponen piezas especiales de ventilación, es necesario que en el alero

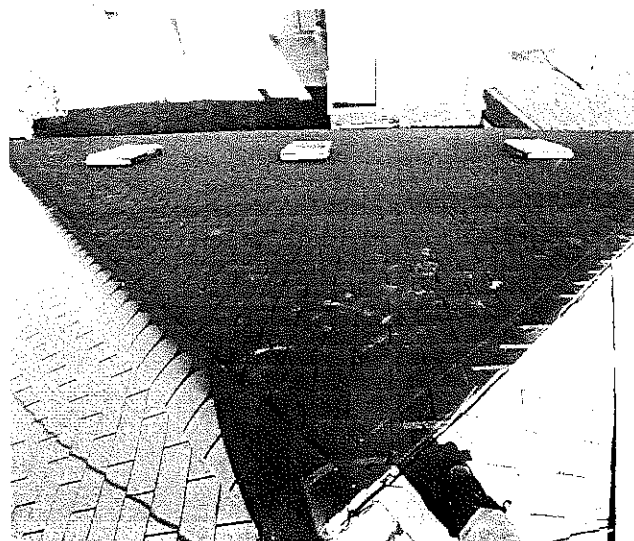
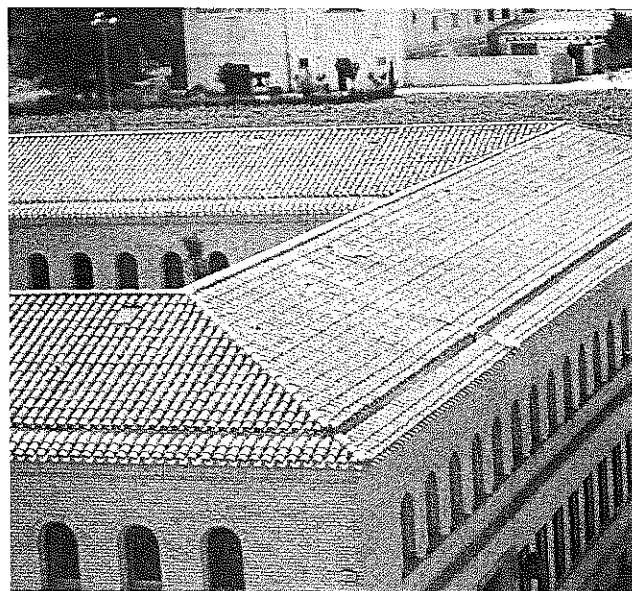


Figura 4.114. Cumbreras y limatesas resueltas con piezas especiales de cobertura

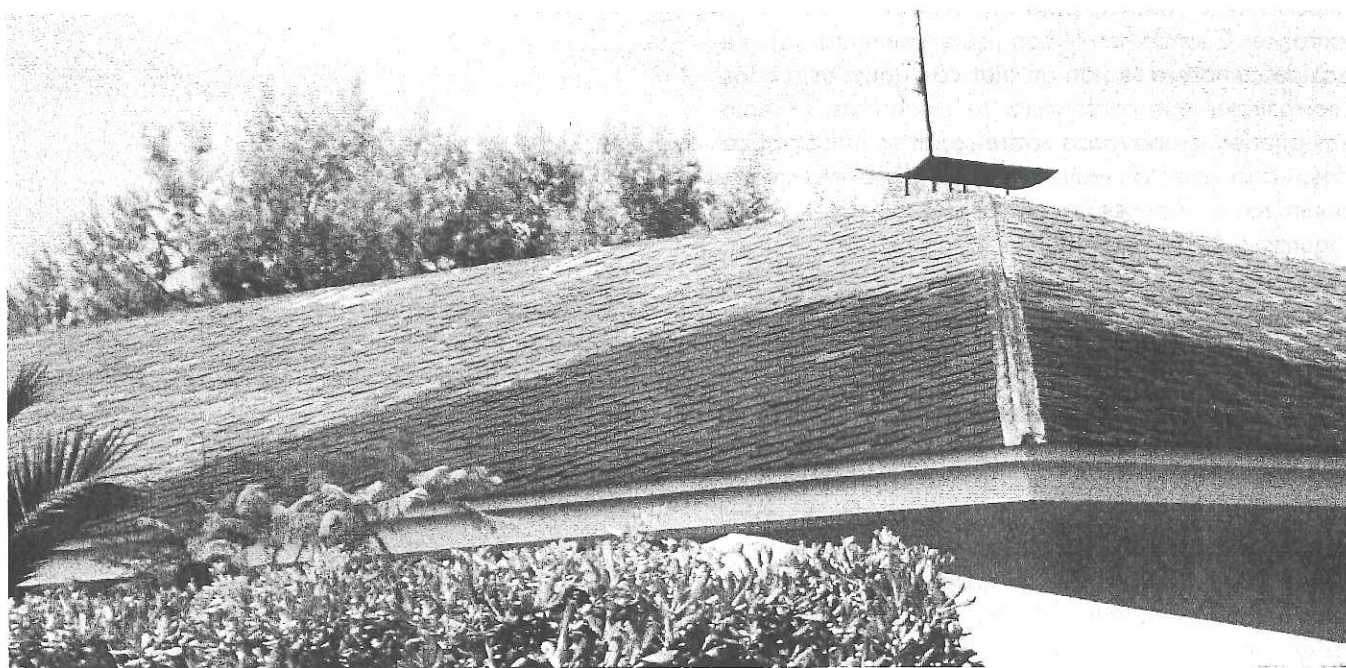
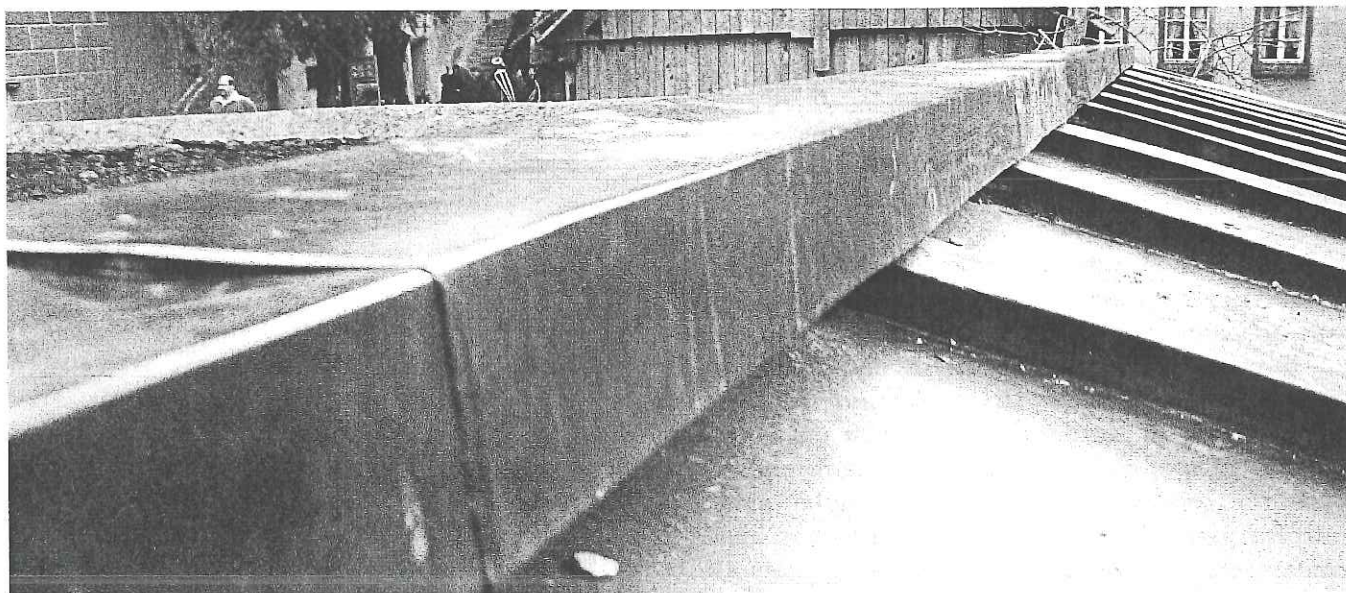


Figura 4.115. Cumbre y limatesas resueltas con chapas metálicas

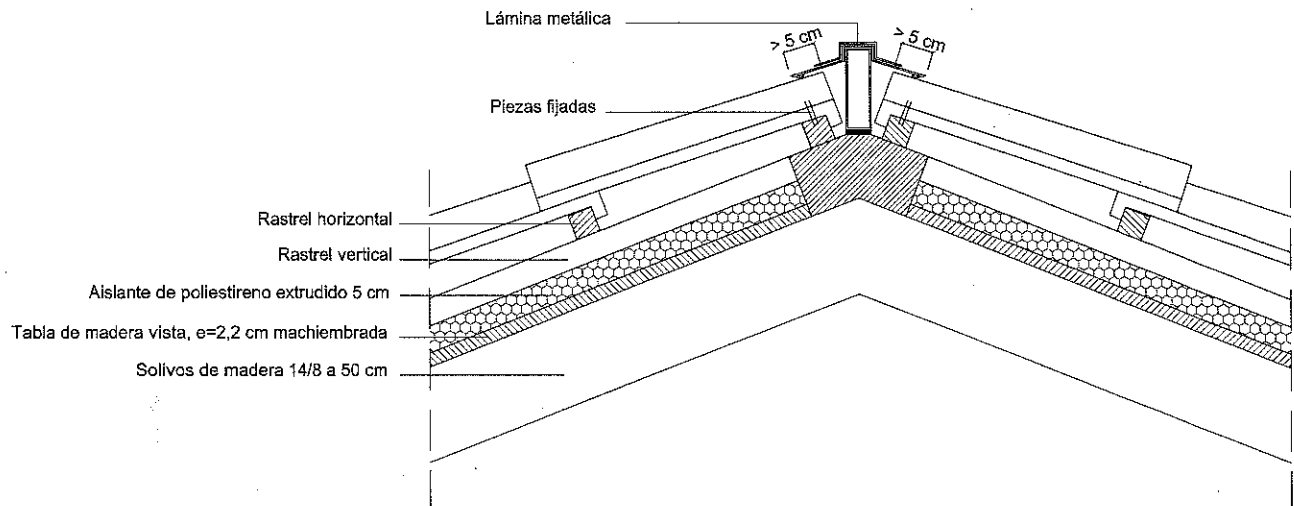


Figura 4.116. Detalle de cumbrera

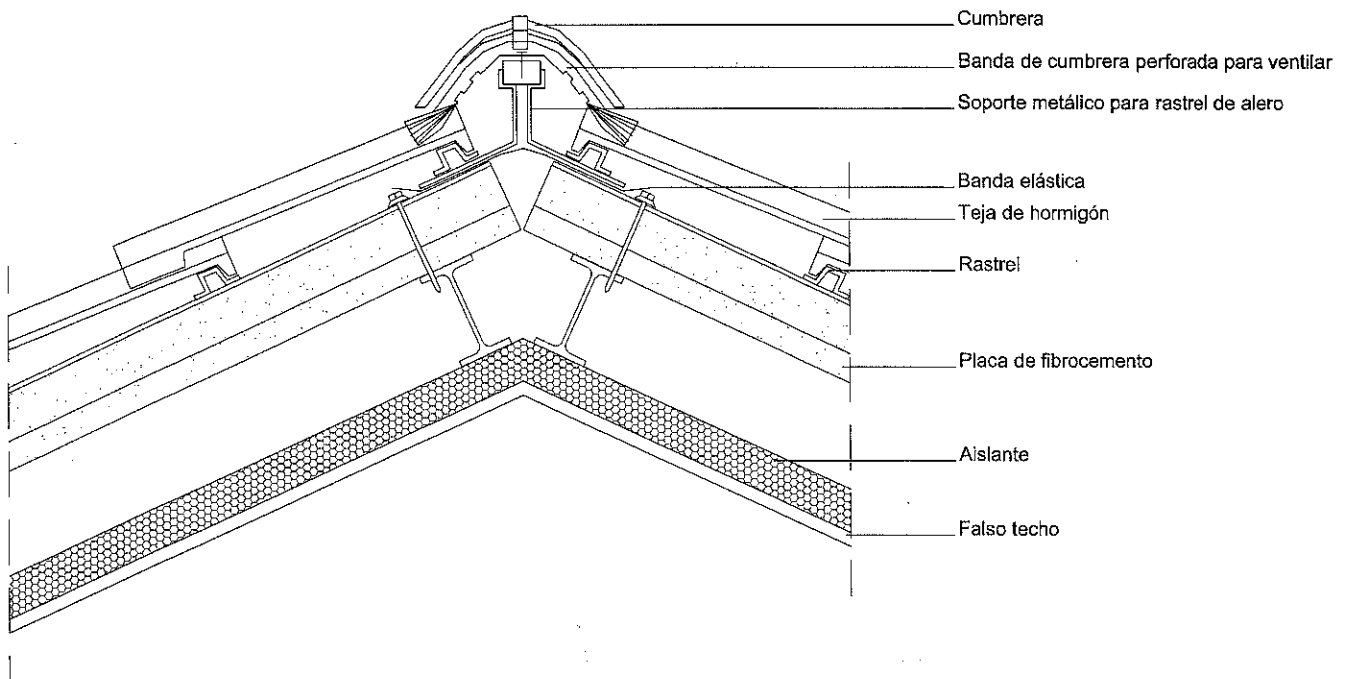


Figura 4.117. Piezas especiales para cumbrera. Sección

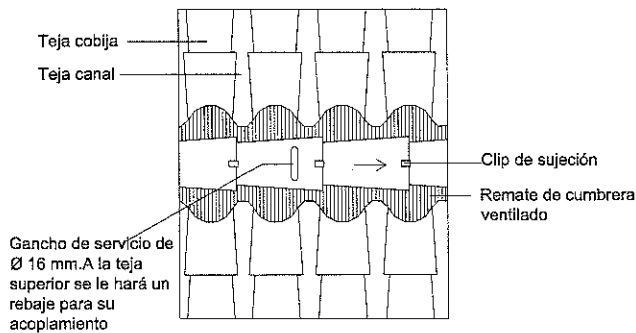


Figura 4.118. Solución de cumbrera. Planta

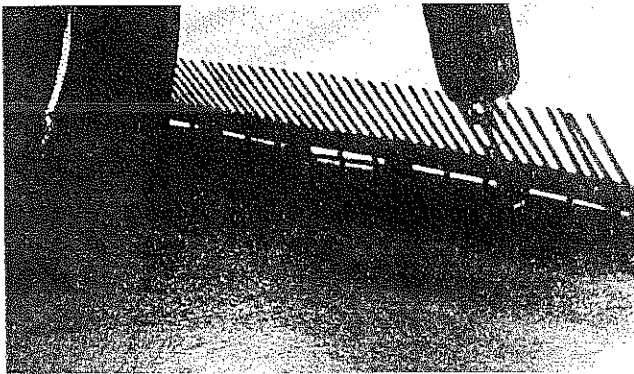


Figura 4.119. Rastrel de alero (Uralita)

se permita la entrada de aire en la cámara y se impida la del agua y la de pájaros. Se puede hacer con piezas que incorporen rejillas (figura 4.108) o con rastreles especiales de alero (figuras 4.119 y 4.120).

El rastrel de alero es una pieza en forma de peine que permite la ventilación en la línea del alero, impide la entrada de pájaros y roedores bajo las tejas y sirve de apoyo a éstas, evitando su cabeceo. Estos rastreles suelen ser de plástico y pueden tener unas patillas inferiores para facilitar la colocación de las abrazaderas del canalón. Las piezas se montan a lo largo de la línea de alero mediante fijaciones mecánicas situadas en los orificios previstos para ello.

4.8.10. Piezas especiales de ventilación

Cuando se dispongan piezas especiales para ventilación de la cámara de aire de la cubierta, solaparán sobre las piezas de cobertura de tal manera que, la parte superior quedará por debajo de las piezas de cobertura en una distancia de 10 cm y la inferior encima 10 cm como mínimo (figuras 4.121, 4.122, 4.123 y 4.124).

4.8.11. Placas solares

Como ya se ha comentado en el apartado 3.5 del capítulo 3, puntos singulares de cubiertas planas, las necesidades actuales de ahorro de energía en la edificación están motivando la instalación de placas solares en cubierta: tanto térmicas como fotovoltaicas. A diferencia de las cubiertas planas en las que pueden ir apoyadas, en las inclinadas es imprescindible fijar las placas sobre una subestructura que a su vez se una a elementos resistentes de la estructura o del soporte de cobertura, garantizando en esos puntos la estanquidad de la cubierta.

4.8.12. Huecos de iluminación cenital

Para resolver este encuentro, las zonas del faldón que estén en contacto con el premarco o marco del lucernario, deben impermeabilizarse mediante elementos de protección prefabricados o realizados "in situ".

En la parte inferior del lucernario, los elementos de protección deben colocarse por encima de las piezas de cobertura y prolongarse 10 cm como mínimo desde el encuentro, y en la parte superior se disponen por debajo y se prolongan también 10 cm como mínimo.

En el capítulo 5 de esta publicación se recogen detalles de encuentros de cubiertas inclinadas y huecos de iluminación cenital.

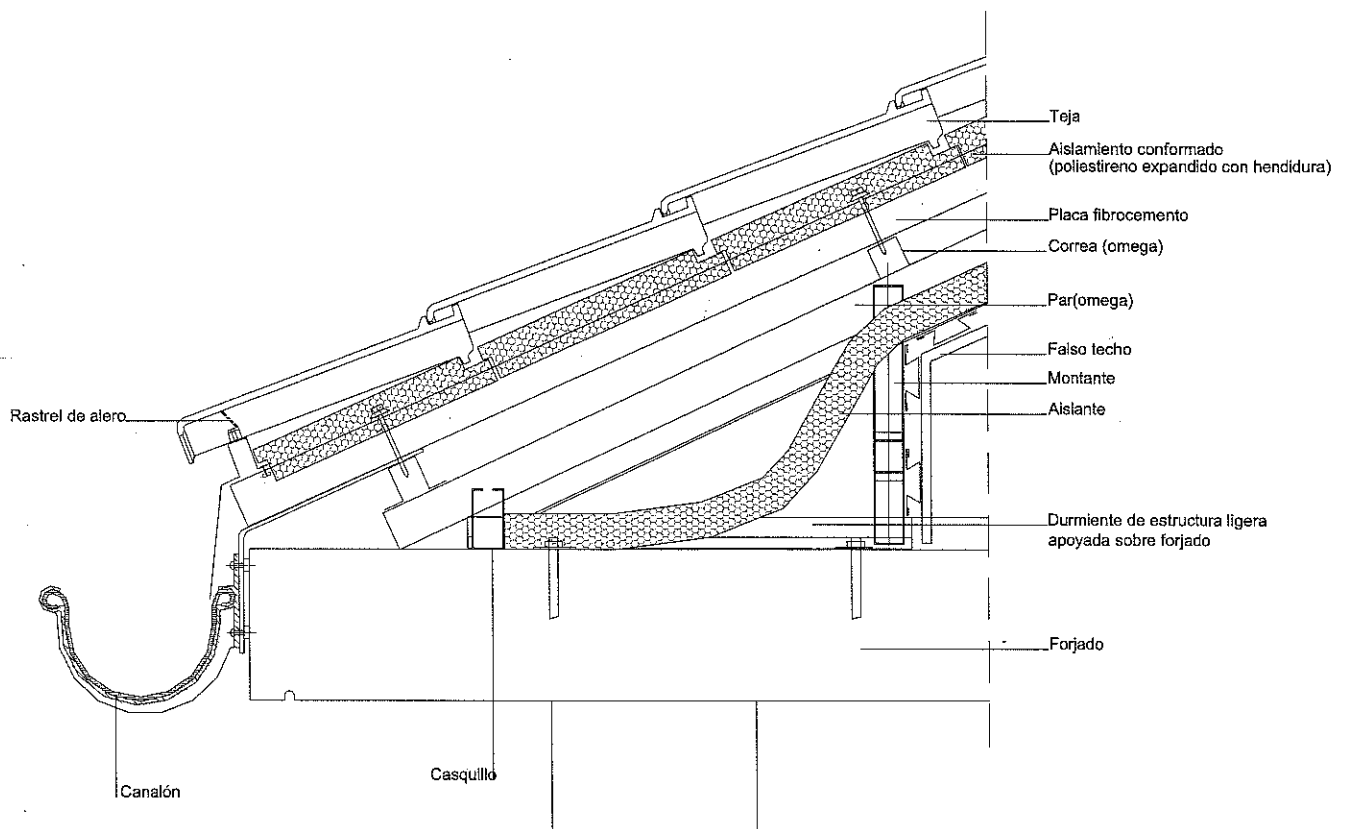


Figura 4.120. Detalle de rastrel de alero

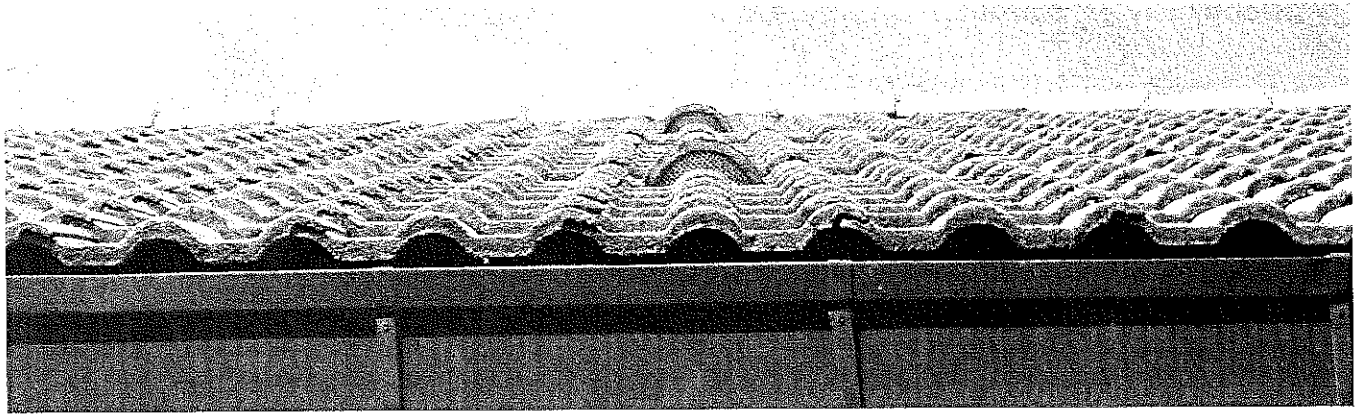


Figura 4.121. Tejas especiales de ventilación

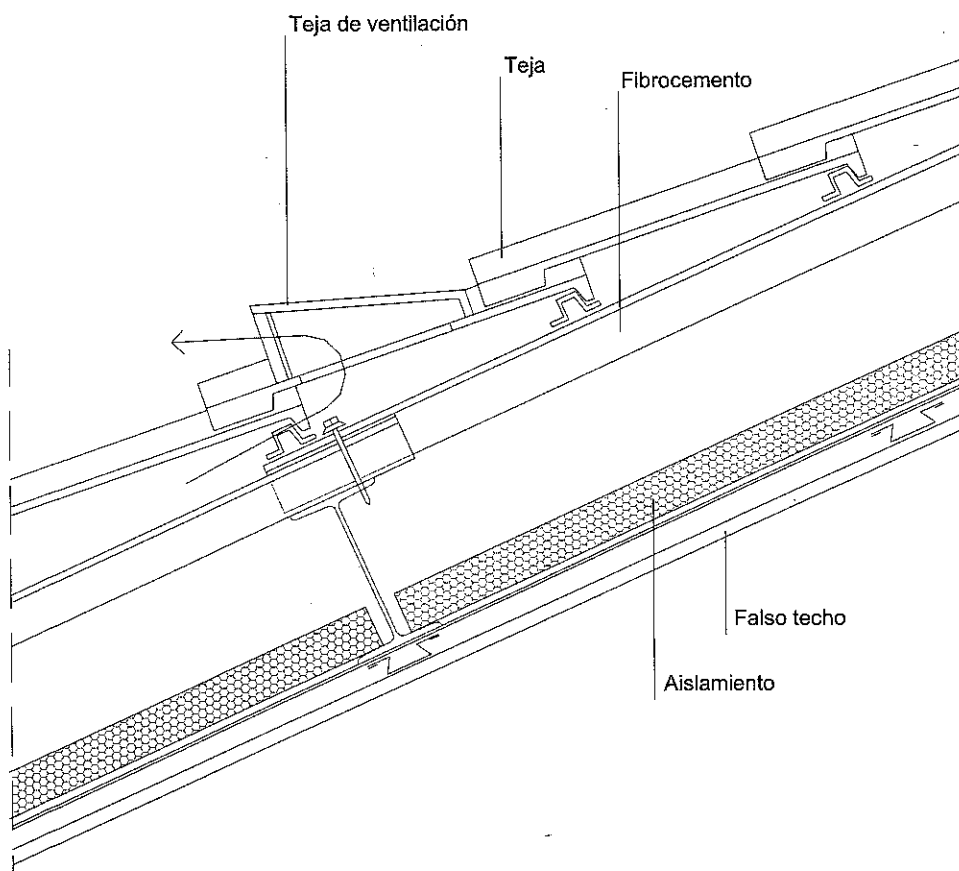


Figura 4.122. Detalle teja especial de ventilación

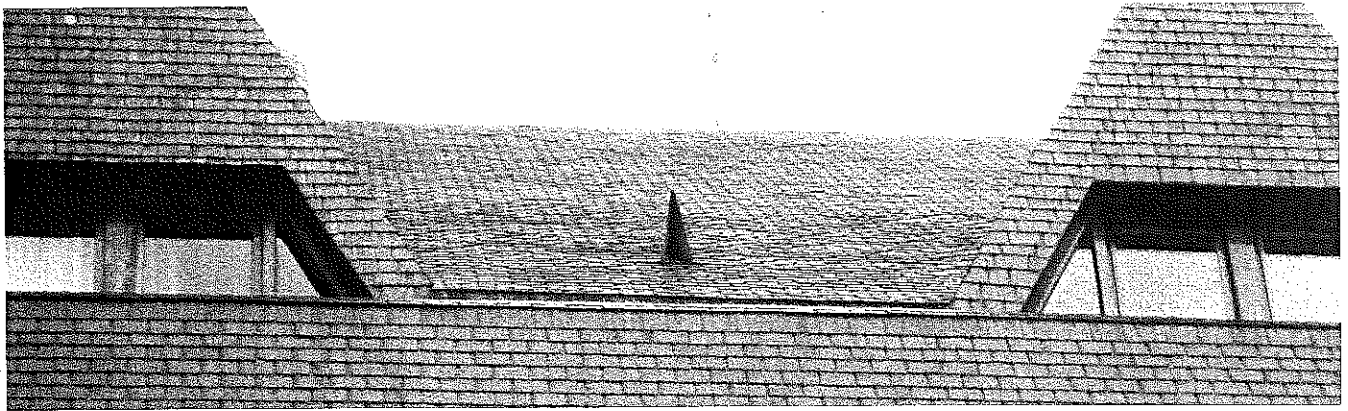


Figura 4.123. Piezas metálicas para ventilación de cubierta

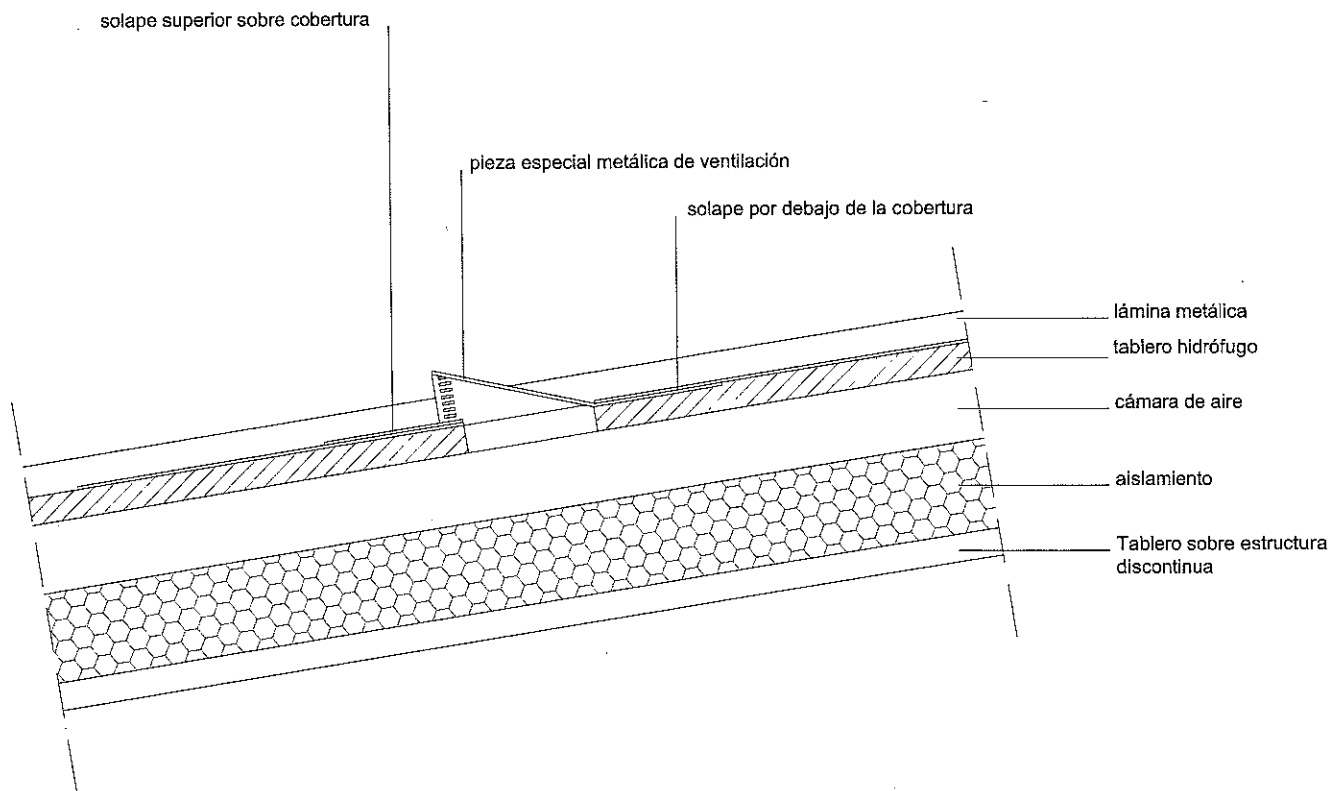


Figura 4.124. Detalle de piezas especiales de ventilación

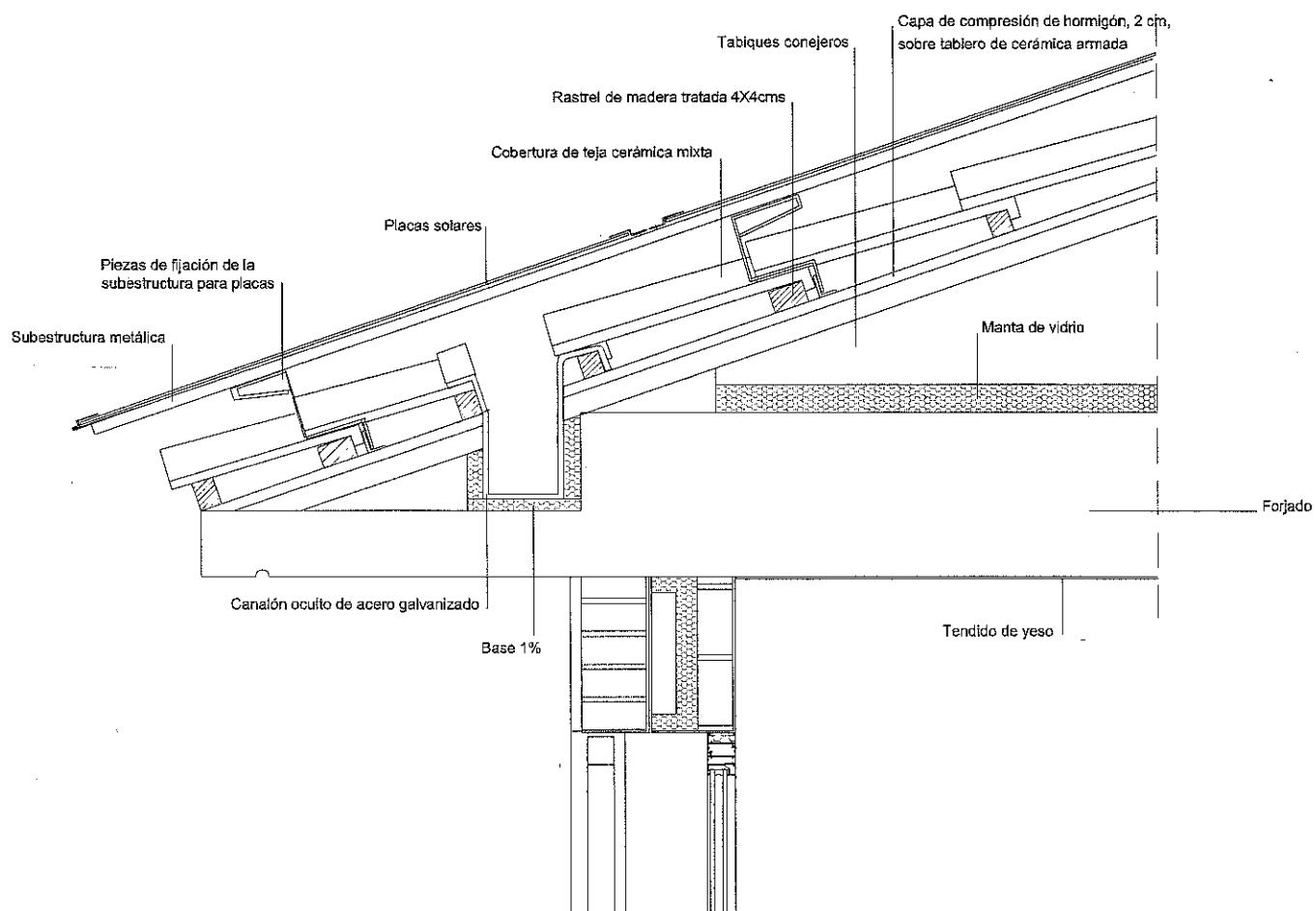


Figura 4.125. Detalle de placas solares en cubierta inclinada

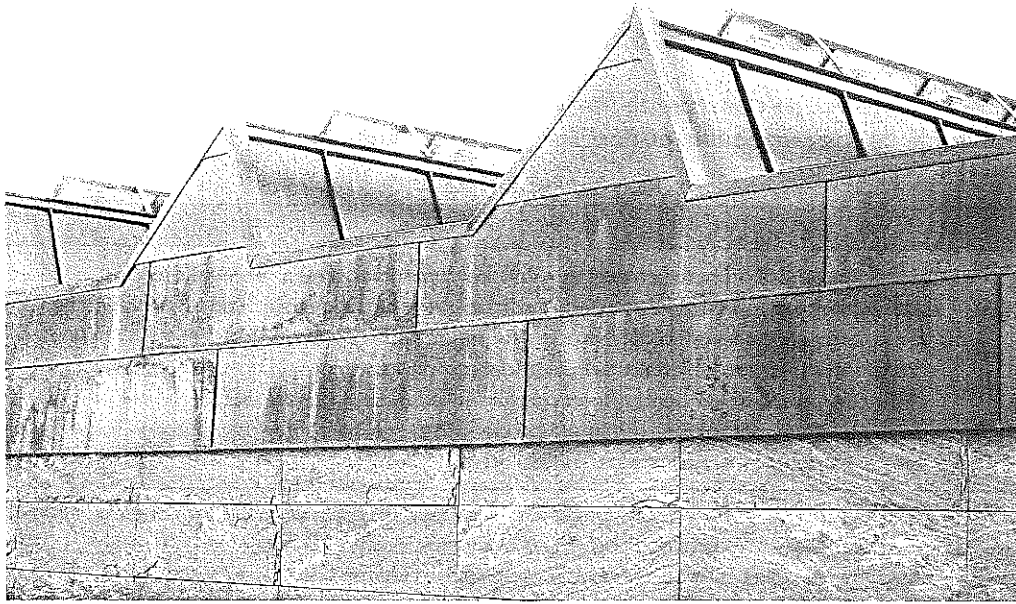


Figura 4.126. Diseño de cubierta inclinada para disponer placas solares

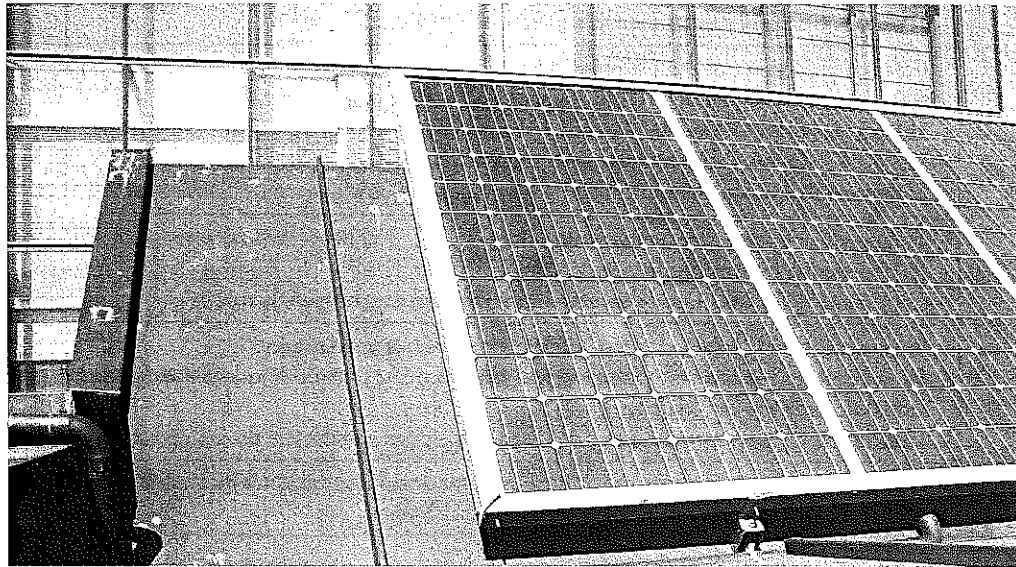


Figura 4.127. Placas solares en cubierta inclinada

ANEJO 1. PUNTOS SINGULARES PARA TEJAS

En la tabla de la figura A1 se describe de forma resumida la resolución de los principales puntos sin-

gulares para cubiertas de teja que se han recogido en el apartado 4.8 del capítulo 4.

PUNTOS SINGULARES	SOLUCIÓN PARA CUBIERTAS DE TEJAS
Encuentro con paramento vertical chimeneas	Colocación de baberos de protección sobre las superficies previamente enfoscadas, a 25 cm sobre el nivel de la cubierta acabada, alojados en una roza en el paramento o fijados mecánicamente, de forma que: – En la zona superior del faldón solapen sobre las tejas ≥ 10 cm. – En la zona inferior del faldón se alojen debajo de las tejas ≥ 10 cm. La capa de mortero o pieza especial debe presentar un acabado en chaflán en el encuentro entre el faldón y el paramento. – En los laterales del faldón: según el tipo de pieza, solape sobre las primeras tejas en planas y mixtas, o se coloca debajo de las mismas en las curvas.
Encuentro con elementos de pequeña sección	– Para el paso del elemento de pequeña sección por la capa de cobertura debe colocarse una pieza especial con un orificio que asciende por el elemento pasante 20 cm. – El encuentro debe sellarse en todo el perímetro y profundidad de la junta.
Borde extremo de faldón	– Vuelo de las tejas sobre la línea de paramento, ≥ 5 cm. – Pueden utilizarse baberos de material impermeable o metálicos.
Canalón interior	– Obligatorio cuando la longitud del faldón es > 12 m. – Vuelo de la teja sobre el canalón ≥ 5 cm. – Banda impermeable en el encuentro con la teja de continuación del faldón. – Separación superior entre las tejas junto al canalón, ≥ 20 cm.
Limahoyas	– Colocación de un babero de protección. – Solape de las planchas ≥ 10 cm o unión de las piezas por engatillado. – El babero se fija en ambos faldones alternadamente cada 100 cm como máximo. – Vuelo de las tejas sobre la limahoya, ≥ 5 cm. – Separación superior entre las tejas de los faldones que vierten en la limahoya, ≥ 20 cm.
Cumbrera y limatesas	– Solape de las tejas de cumbrera y limatesas, ≥ 10 cm, en sentido opuesto a los vientos dominantes. – Solape de las tejas sobre las del faldón, ≥ 5 cm. – Es preferible fijar las piezas de cumbrera y limatesa con elementos mecánicos, para permitir la ventilación.
Alero	– Vuelo de las tejas sobre el alero ≥ 5 cm y menor que media teja. – En el borde se realiza un recalte para el asiento de la primera hilada de las piezas, para mantener constante la pendiente del faldón. – Colocación de accesorios: rastrel de alero, etc., para ventilación de las cámaras.
Ventanas inclinadas	– Colocación de una pieza especial de estanquidad, que debe alojarse debajo de las tejas superiores ≥ 10 cm y solapar sobre las tejas inferiores ≥ 10 cm.

Figura A1. Resolución de puntos singulares para cubiertas de tejas

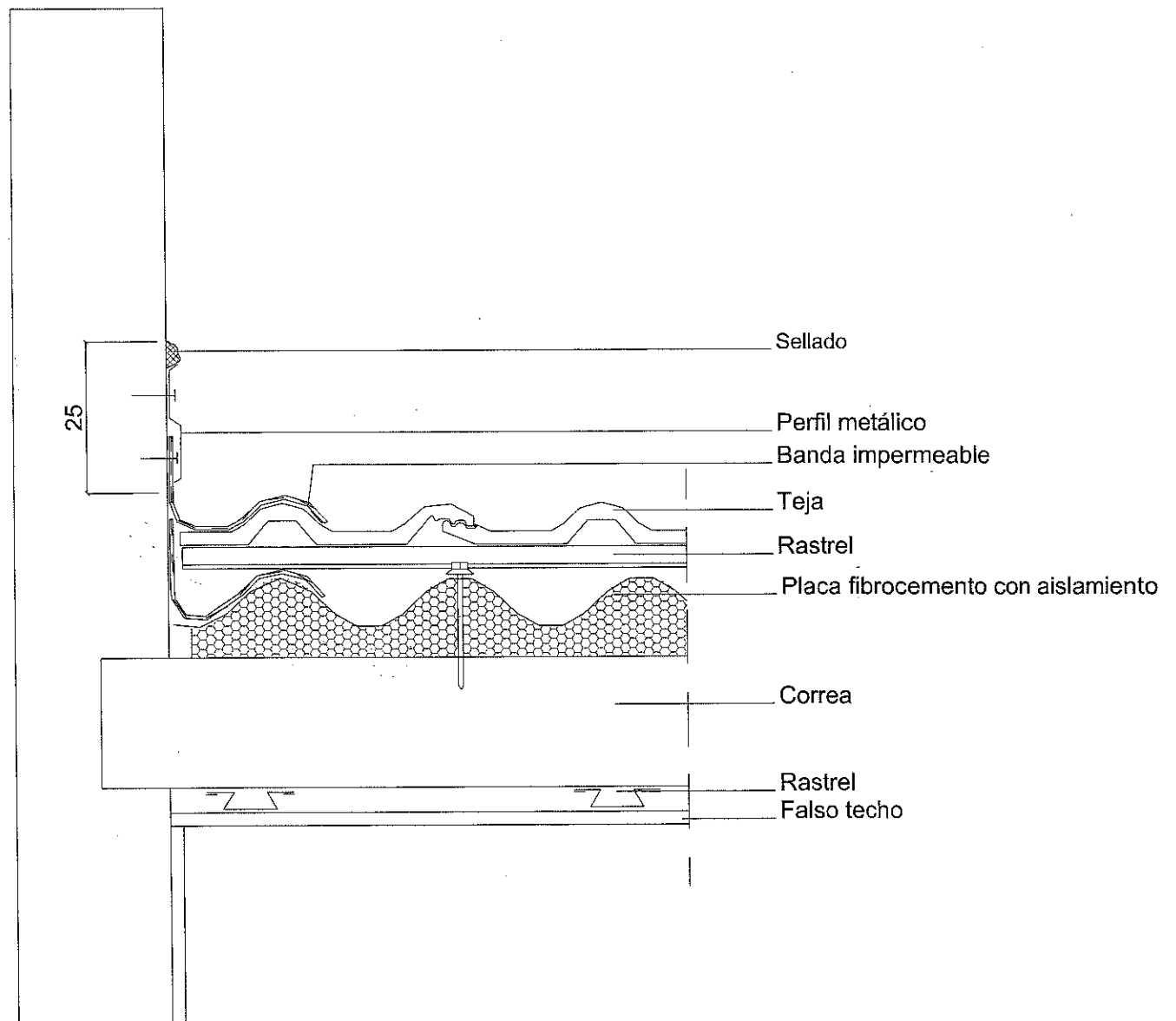


Figura A2. Detalle encuentro lateral de cubierta de teja con paramento vertical

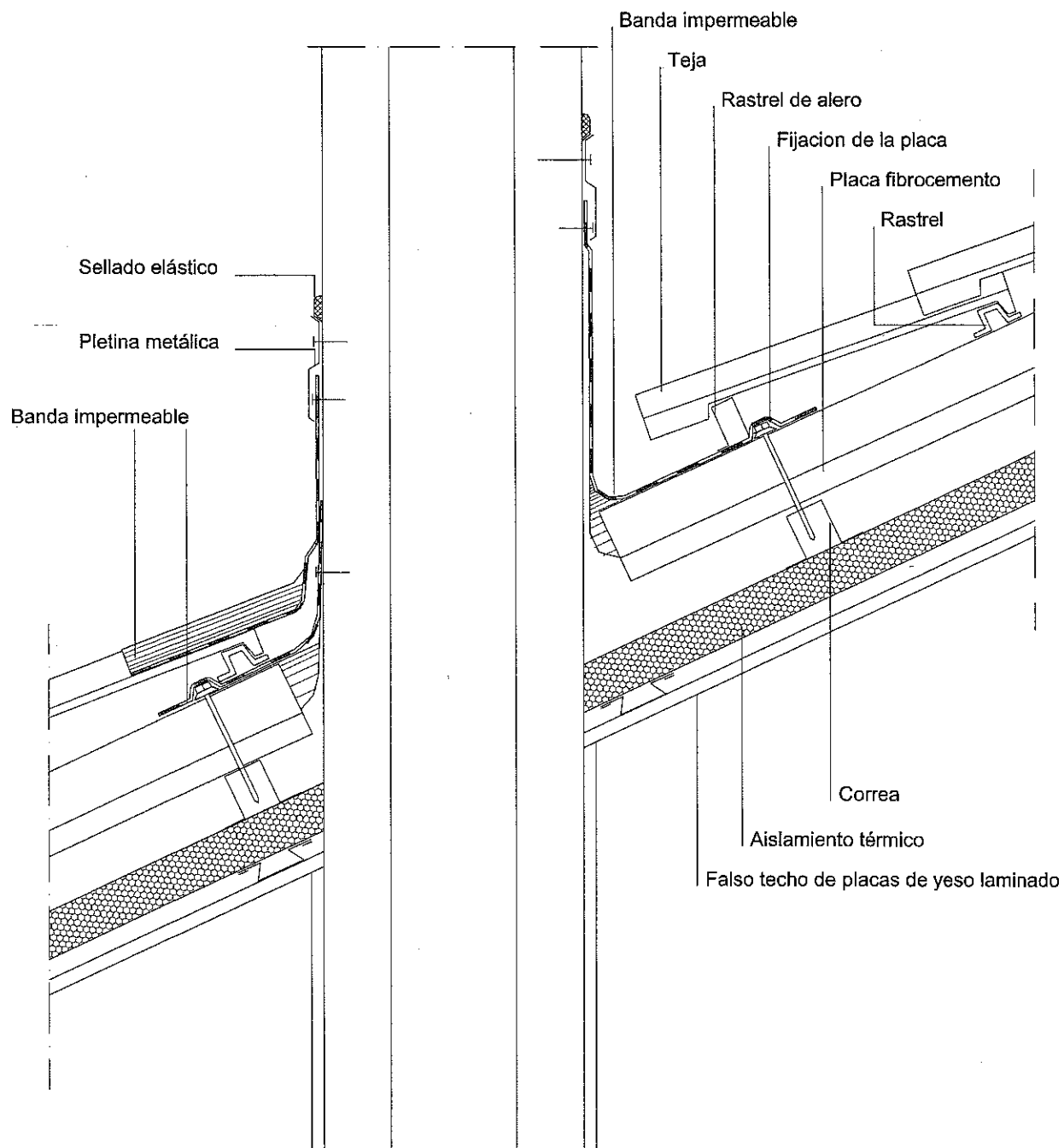


Figura A3. Encuentro de cubierta de teja con chimenea

ANEJO 2. FORMAS Y DIMENSIONES DE LAS PIZARRAS

En la siguiente tabla (figura A4) extraída de la norma UNE EN 22190/3 se recogen valores orientativos de formatos y dimensiones de pizarras.

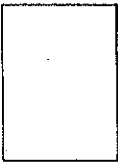
FORMATOS	TAMAÑOS (mm)		GEOMETRÍA
	LARGO (H)	ANCHO (A)	
RECTANGULAR	270	180	
	300	180	
	300	200	
	320	220	
	400	200	
	350	250	
	400	250	
	500	250	
CUADRADA	300	300	
	400	400	
ROMBO	350	250	
	400	300	
PICO PALA	400	200	
	500	250	
RÚSTICA O GRANEL	-	-	
REDONDEADA	400	200	
	350	250	
	300	200	
HEXAGONAL	400	300	
	350	250	
OCTOGONAL	300	300	
	400	400	
CUADRADA CON BORDES CORTADOS	250	250	
	300	300	
	325	325	
	355	355	

Figura A4. Formatos y dimensiones de pizarras (UNE 22190/3)

ANEJO 3. PUNTOS SINGULARES PARA PIZARRAS

Además de los puntos generales descritos en el apartado 4.8 del capítulo 4, en la tabla de la figura A5 se recoge la resolución de los específicos puntos singulares para cubiertas de pizarras.

PUNTOS SINGULARES ESPECÍFICOS	SOLUCIÓN PARA CUBIERTAS DE PIZARRAS
Borde extremo de faldón	– Chapas metálicas.
Limahoyas	– Abierta: placa metálica vista, con un desarrollo mínimo de 20 cm. Las pizarras vuelan sobre las chapas metálicas 5 cm. – Cerrada: chapa metálica oculta bajo las pizarras.
Cumbrera	Se puede resolver mediante: – Pizarras rebosantes: una de las vertientes (la que se enfrenta a la dirección del viento y lluvia) monta sobre la otra superándola en 50 mm como mínimo. – Cumbrera doble: soporte de madera que sirve de asiento a 2 piezas metálicas entre pizarras y cubrejuntas metálico. – Cumbrera de chapa vista: doble chapa metálica sobre pieza de madera. – Cumbrera de chapa oculta. Chapa metálica de cumbrera recubierta por piezas de pizarra selladas.
Limatesa	– Con remate oculto: chapa metálica por debajo de las placas de pizarra. – Con remate visto: chapa por encima de las placas. Solape lateral de 10 cm sobre las pizarras. Solape entre piezas, mínimo 5 cm.

Figura A5. Resolución de puntos singulares específicos para cubiertas de pizarras

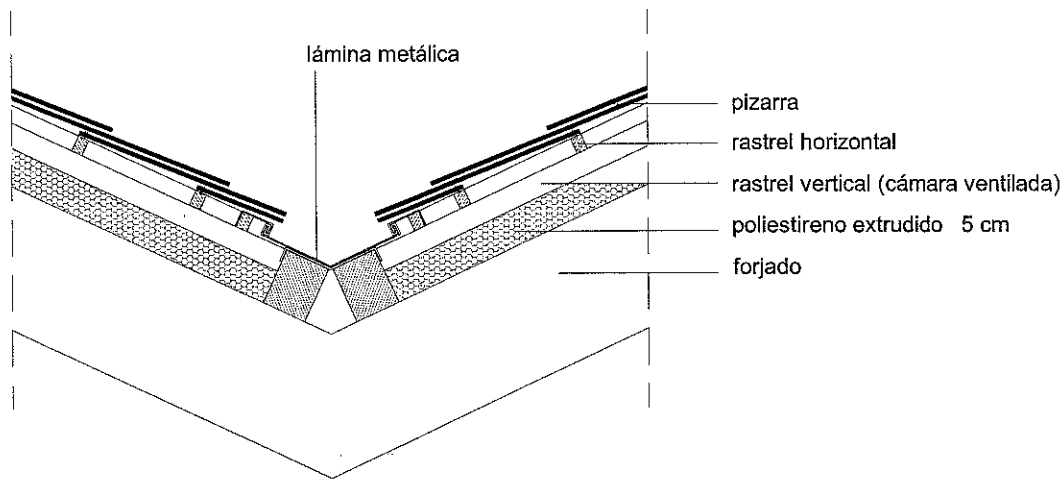


Figura A6. Limahoya

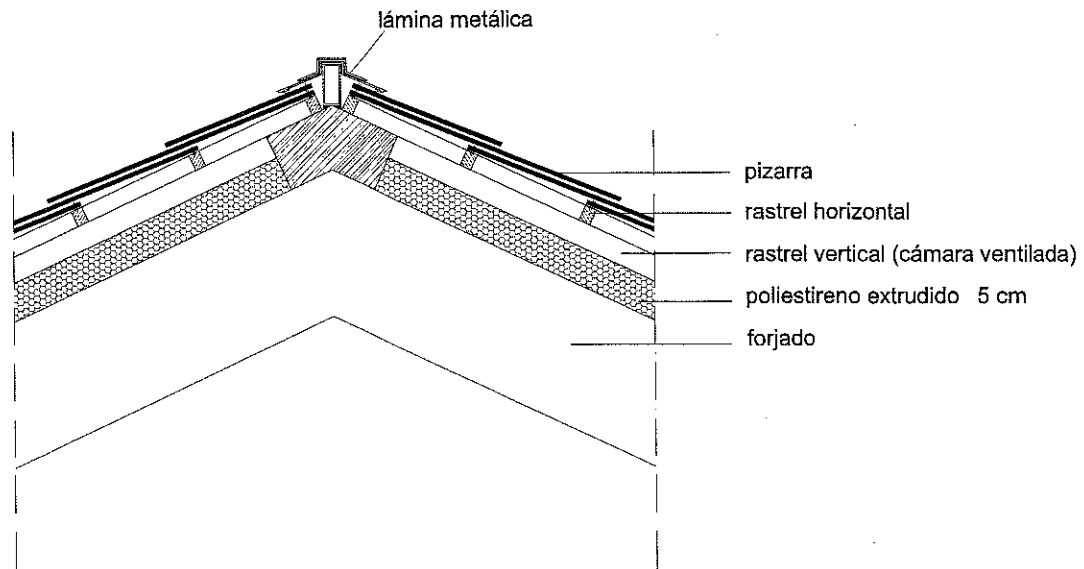


Figura A7. Cumbra

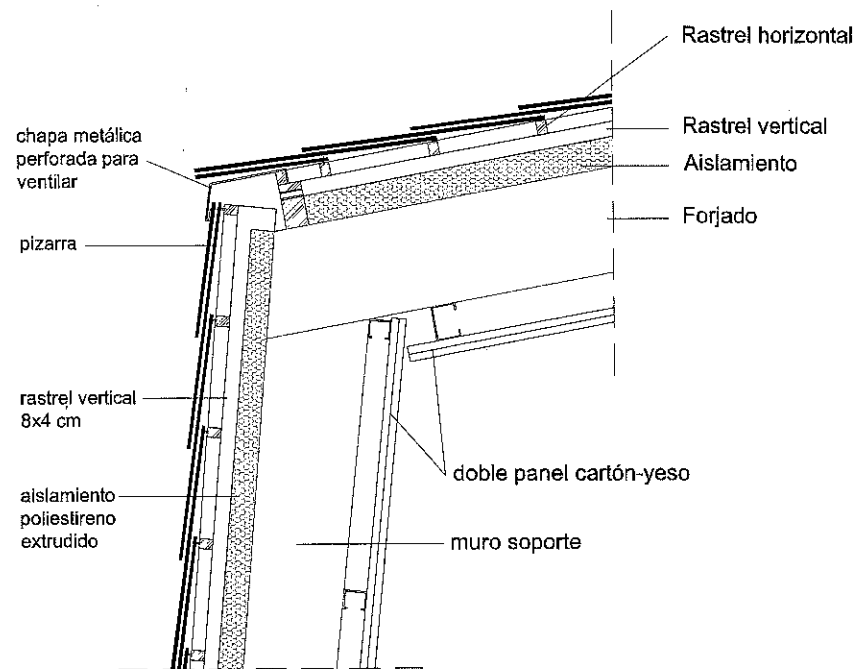


Figura A8. Intersección de faldón

ANEJO 4. PUNTOS SINGULARES PARA PLACAS ASFÁLTICAS

Además de los puntos generales descritos en el apartado 4.8 del capítulo 4, en la tabla de la

figura A9 se recoge la resolución de los específicos puntos singulares para cubiertas de placas asfálticas.

PUNTOS SINGULARES ESPECÍFICOS	SOLUCION PARA CUBIERTAS DE PLACAS ASFÁLTICAS
Cumbrera	– La última hilera de una vertiente sobrepasará la cumbrera invadiendo la otra vertiente. – De igual forma se procede con las placas de la otra vertiente. – Se reforzará la cumbrera con una banda de lámina o con perfiles adecuados. – Solape en sentido contrario a los vientos dominantes.
Limatesa	– Se cortan las placas de las vertientes al llegar a la limatesa. – Se colocan las placas de limatesa y se clavan desde el borde más bajo.
Limahoya	– Se coloca una lámina impermeable base. – Se realiza la limahoya mediante placas asfálticas, cortándose las placas del faldón al llegar a ellas. También puede realizarse con placas entrecruzadas.
Encuentro con paramento vertical	– Colocación de lámina impermeable o piezas premoldeadas, subiendo 25 cm sobre el paramento. – Asegurar la fijación mediante roza perimetral o perfil metálico.
Borde extremo de faldón	– Se doblan las placas.
Encuentro con el canalón	– Colocación de las placas desde el punto más bajo del faldón y por encima de la pieza de canalón.

Figura A9. Resolución de puntos singulares específicos para cubiertas de placas asfálticas

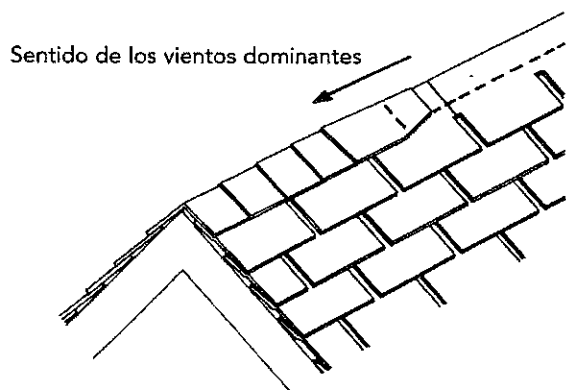


Figura A10. Cumbrera (UNE 104400)

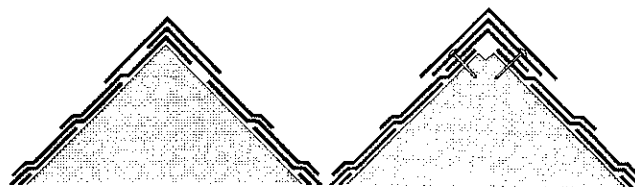


Figura A11. Remate final de cumbrera (UNE 104400)

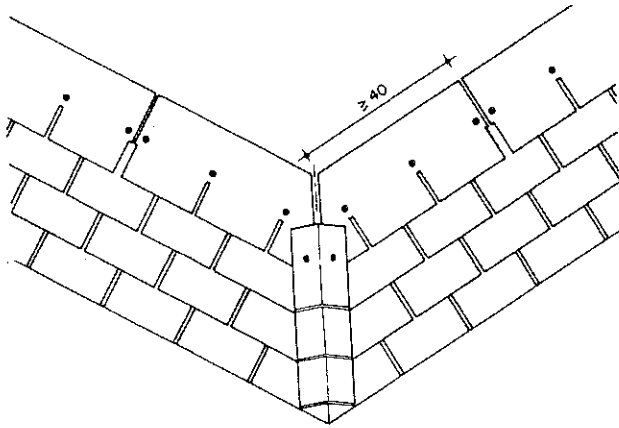


Figura A12. Limatesa (UNE 104400)

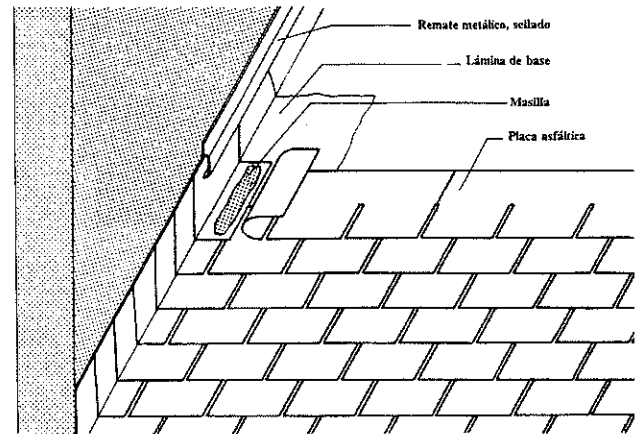


Figura A13. Encuentro con paramento vertical (UNE 104400)

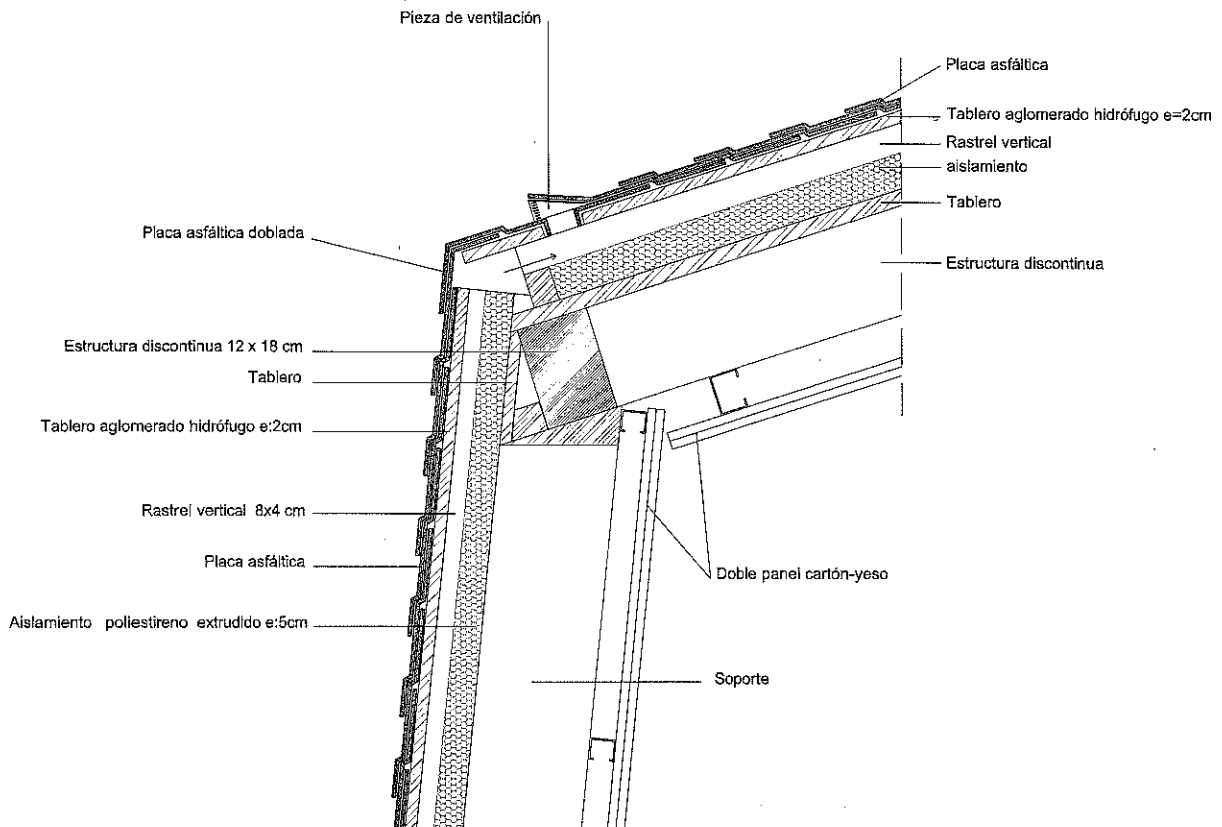


Figura A14. Sección de cubierta de placas asfálticas

ANEJO 5. PUNTOS SINGULARES PARA CUBIERTAS DE LÁMINAS METÁLICAS

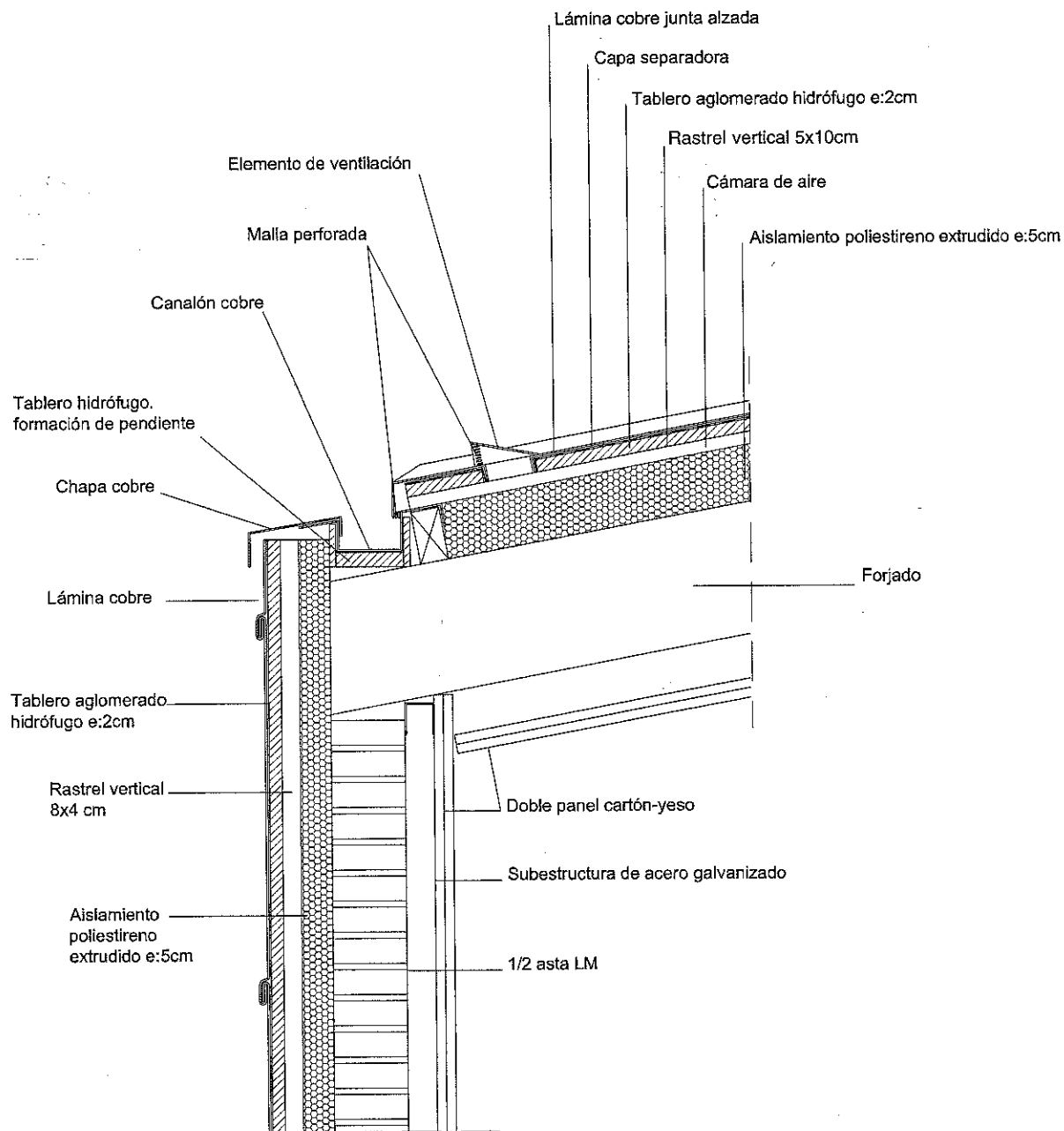


Figura A15. Sección de cubierta de lámina metálica. Encuentro con el canalón

ANEJO 6. PERFILES DE PLACAS METÁLICAS

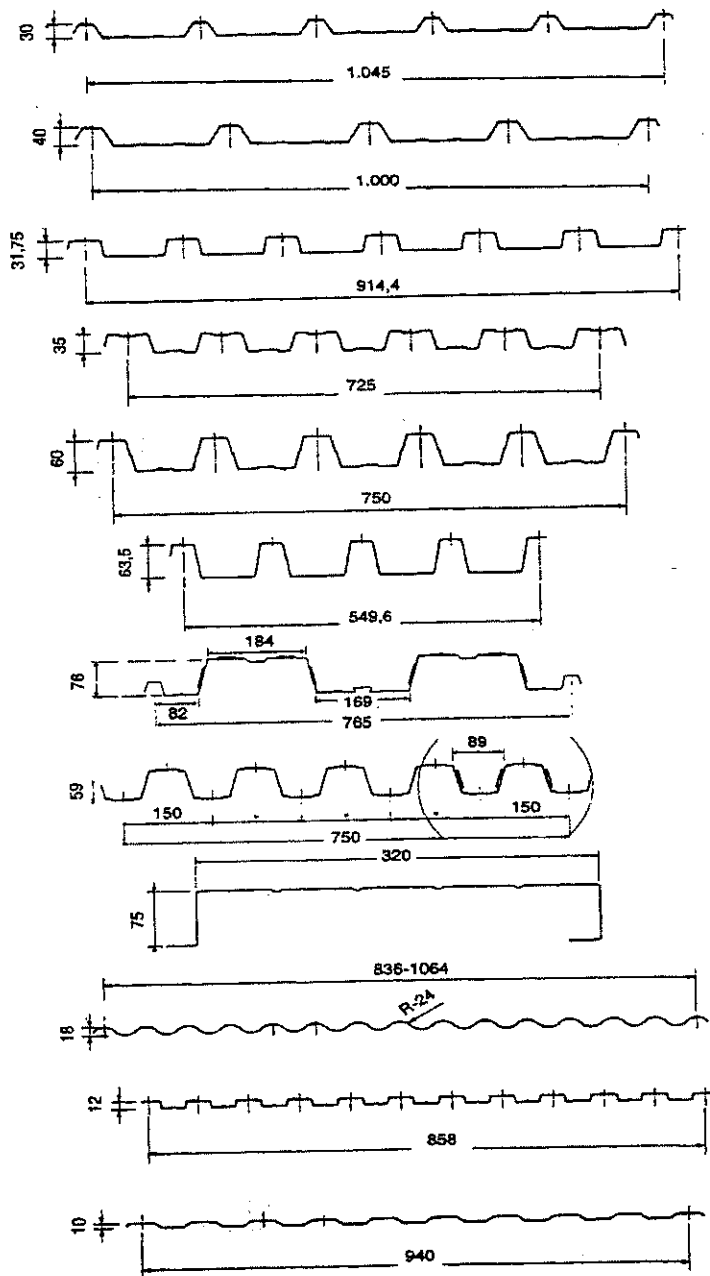


Figura A16. Tipos de perfiles de placas metálicas

ANEJO 7. PUNTOS SINGULARES PARA PLACAS METÁLICAS

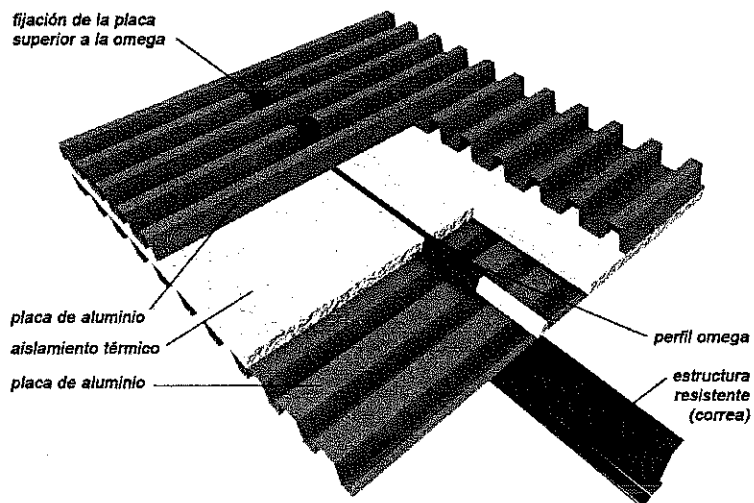


Figura A17. Colocación de placas metálicas

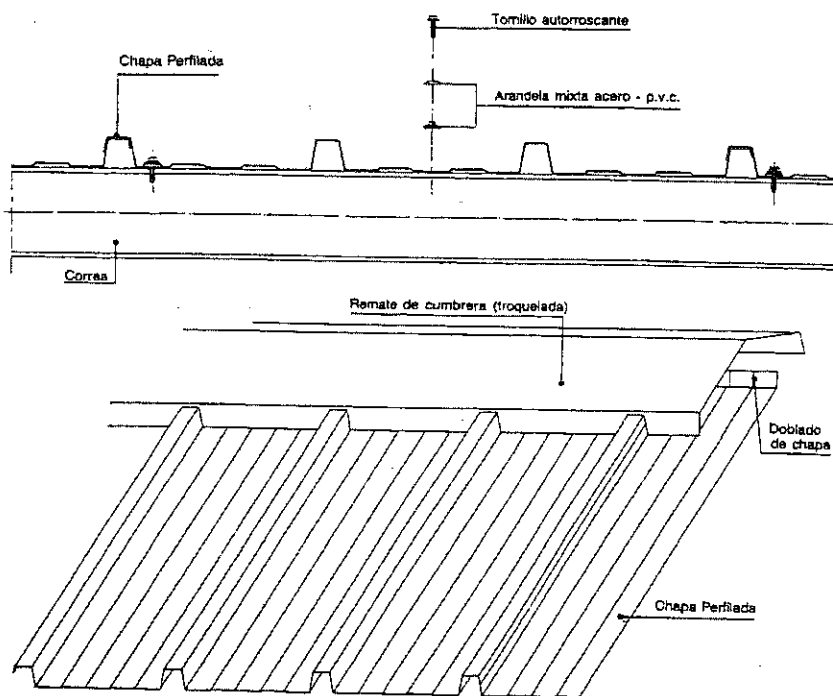


Figura A18. Cumbrera

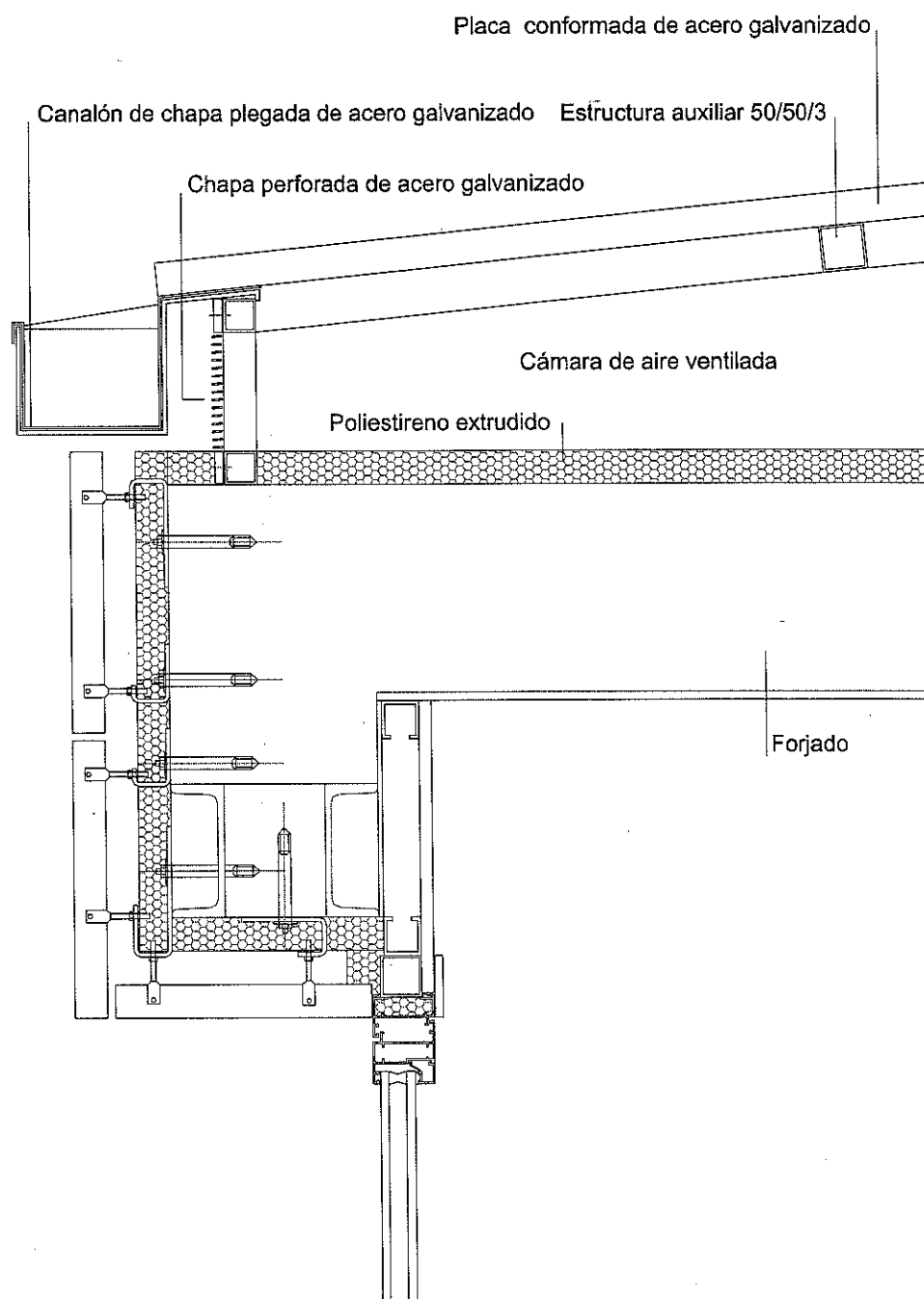


Figura A19. Encuentro cubierta de placa metálica y fachada

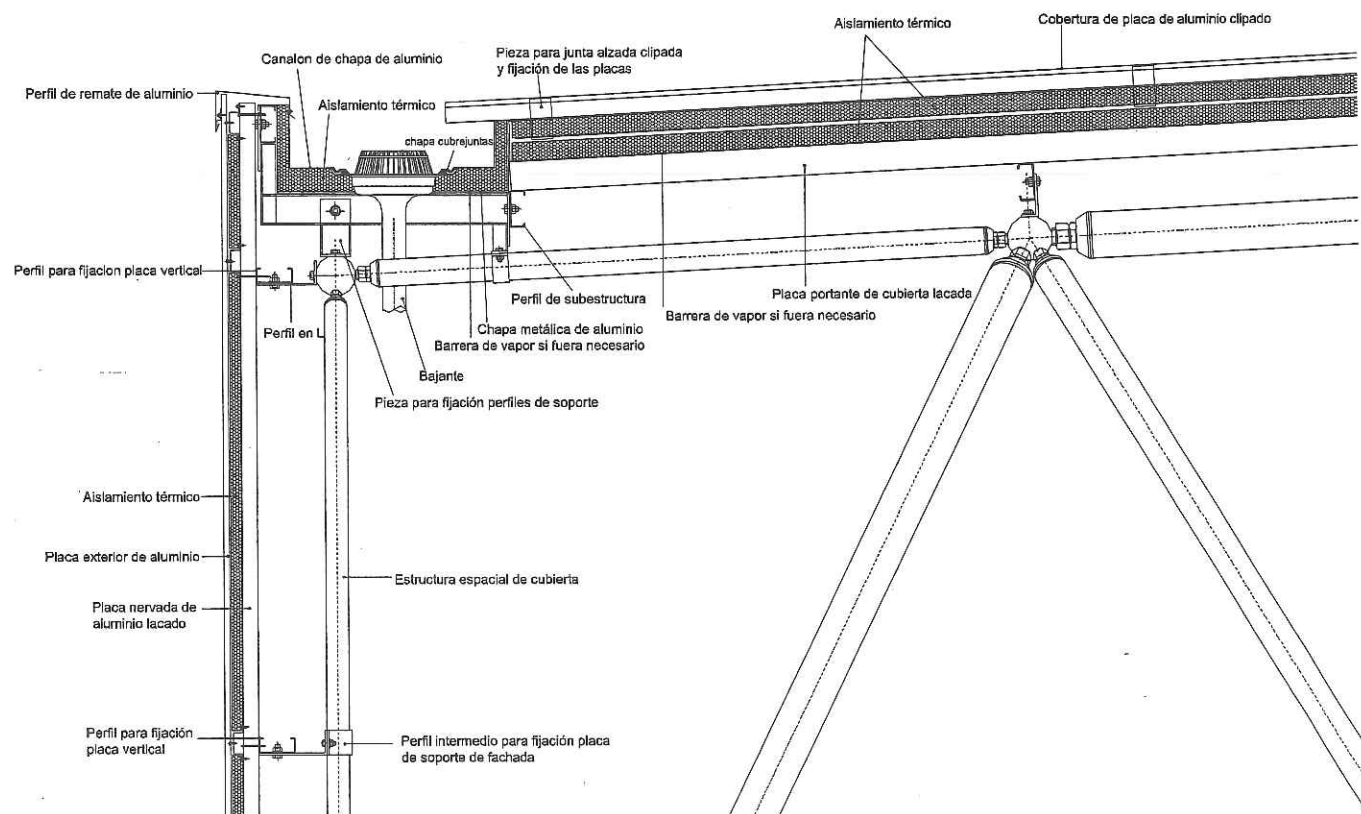


Figura A20. Cubierta placa metálica con junta alzada

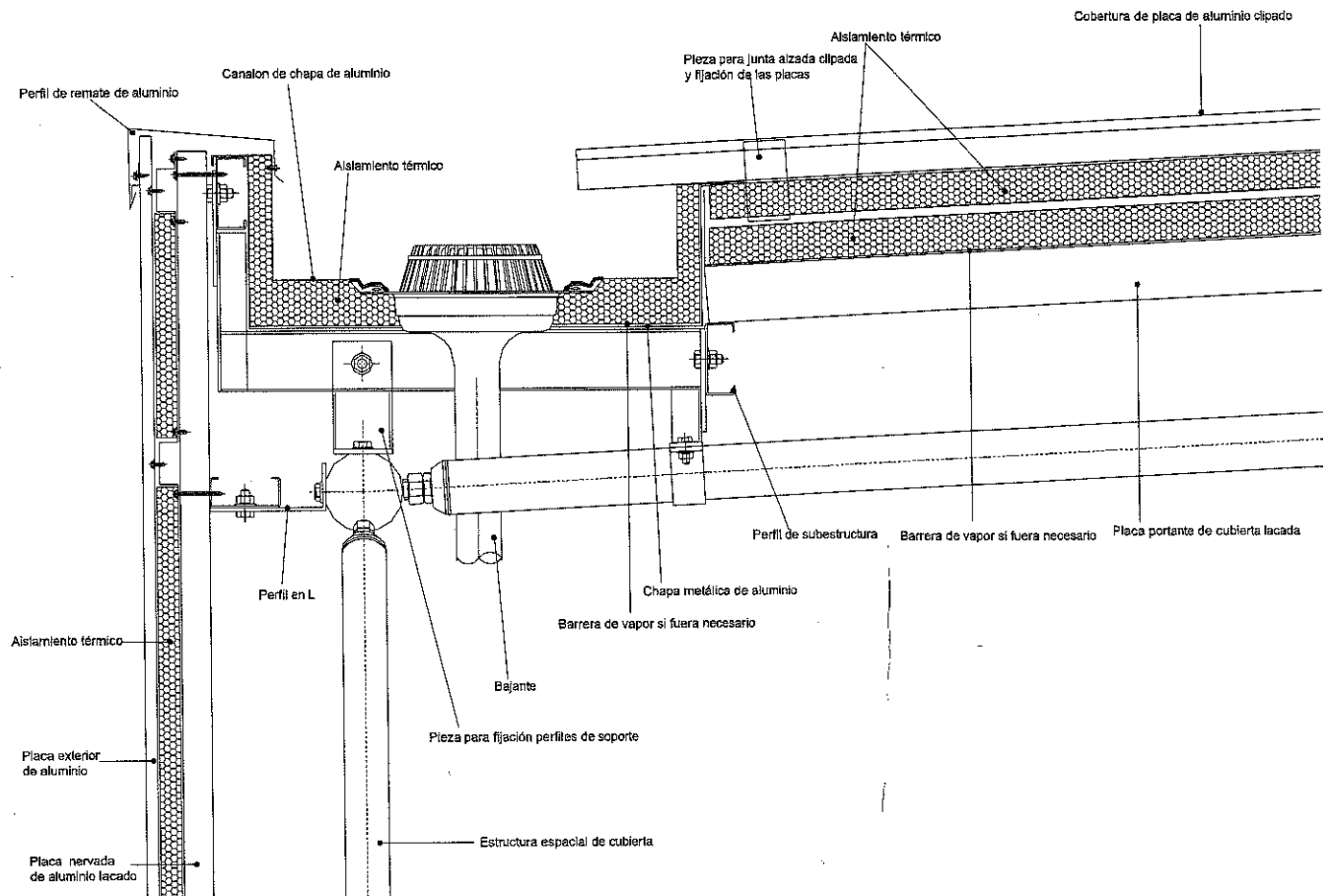


Figura A21. Cubierta placa metálica con junta alzada. Detalle canalón

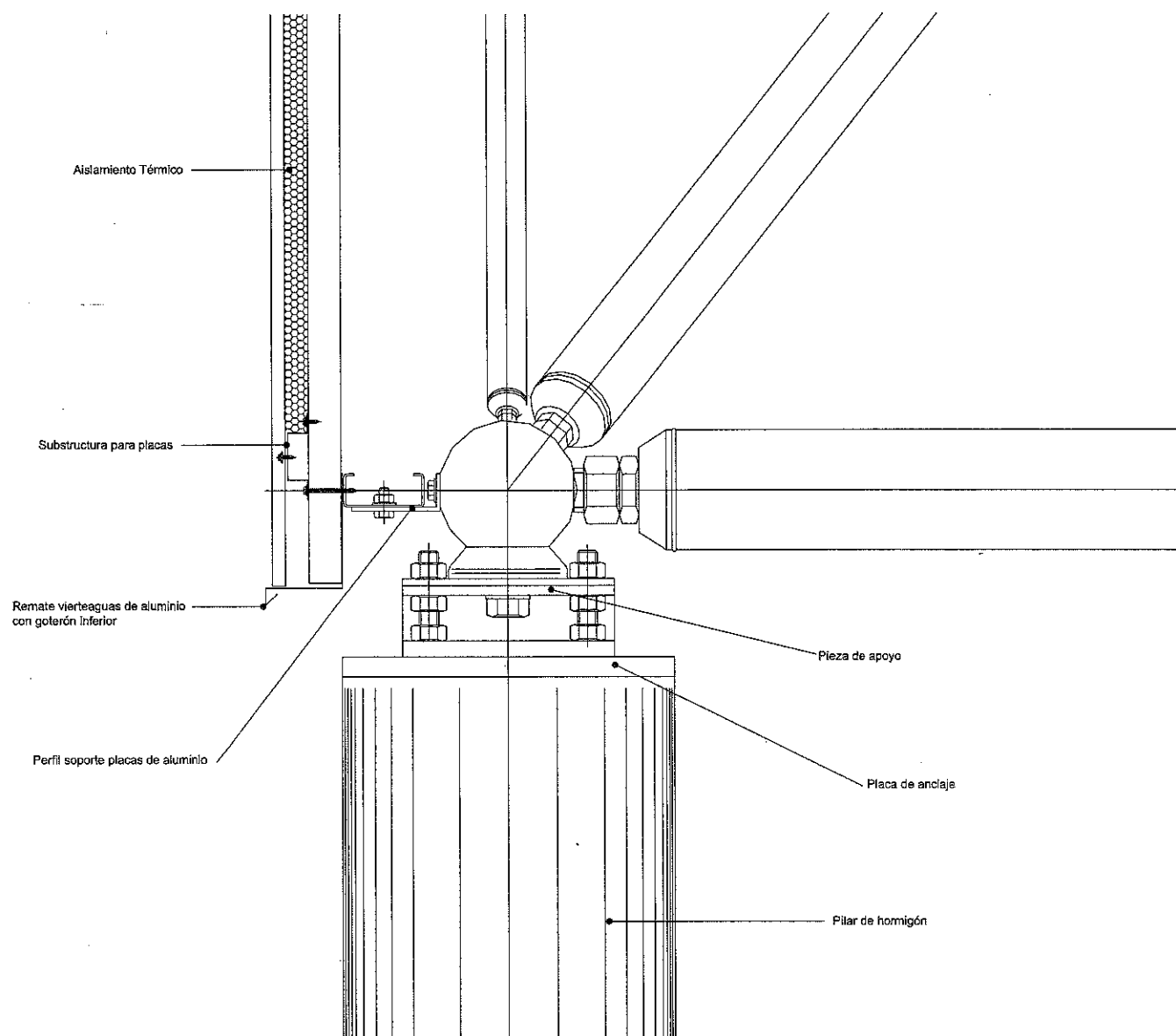


Figura A22. Cubierta placa metálica con junta alzada. Detalle apoyo de estructura espacial y cierre lateral

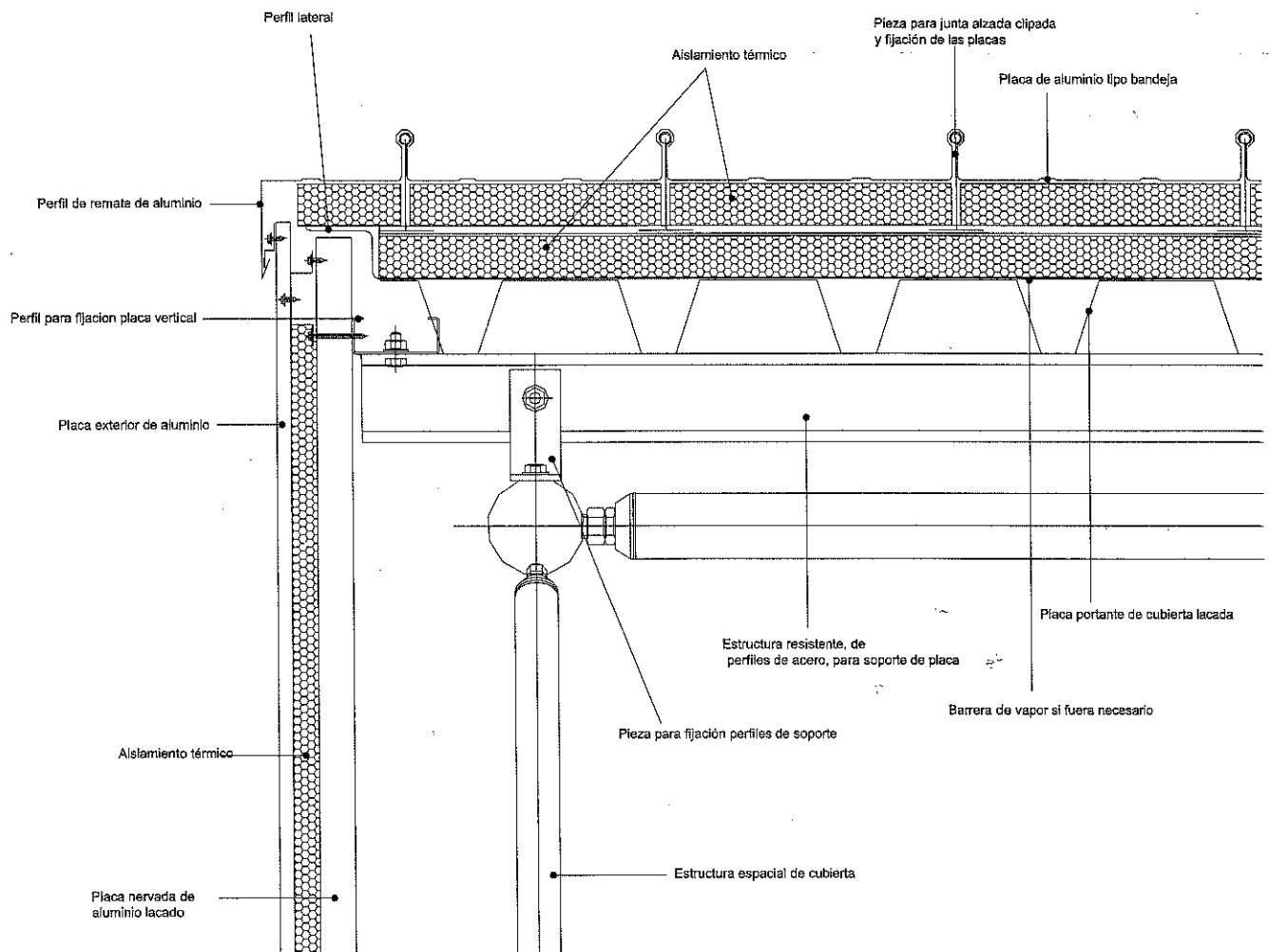


Figura A23. Cubierta placa metálica con junta alzada. Detalle unión y borde lateral

ANEJO 8. PUNTOS SINGULARES PARA PANEL SÁNDWICH

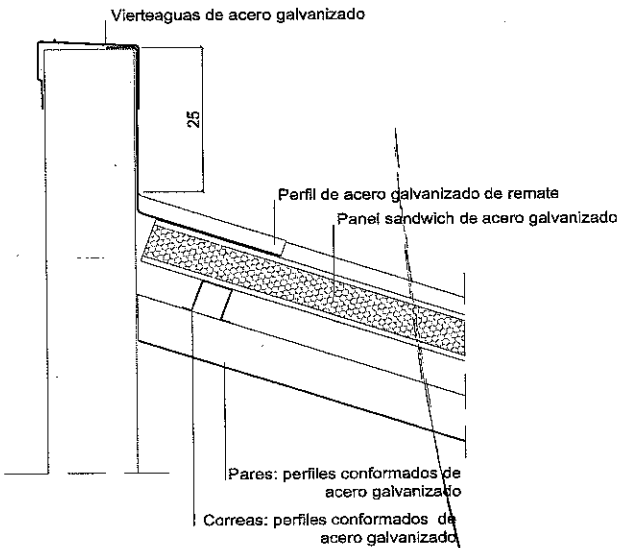


Figura A24. Encuentro de cubierta de panel sándwich con paramento vertical

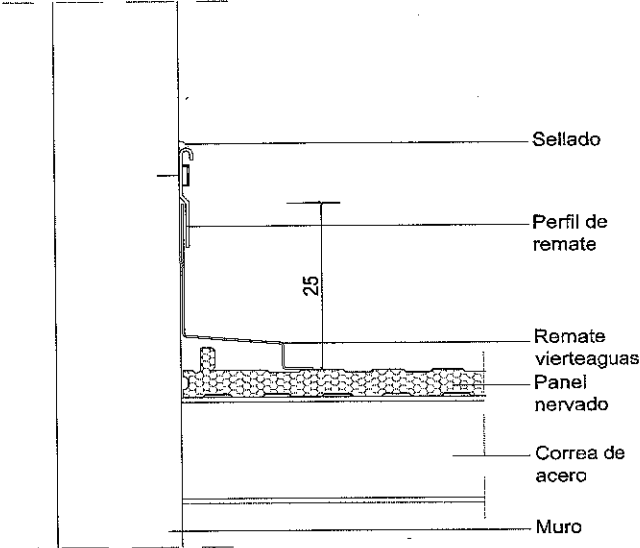


Figura A26. Encuentro lateral de cubierta de panel sándwich con paramento vertical

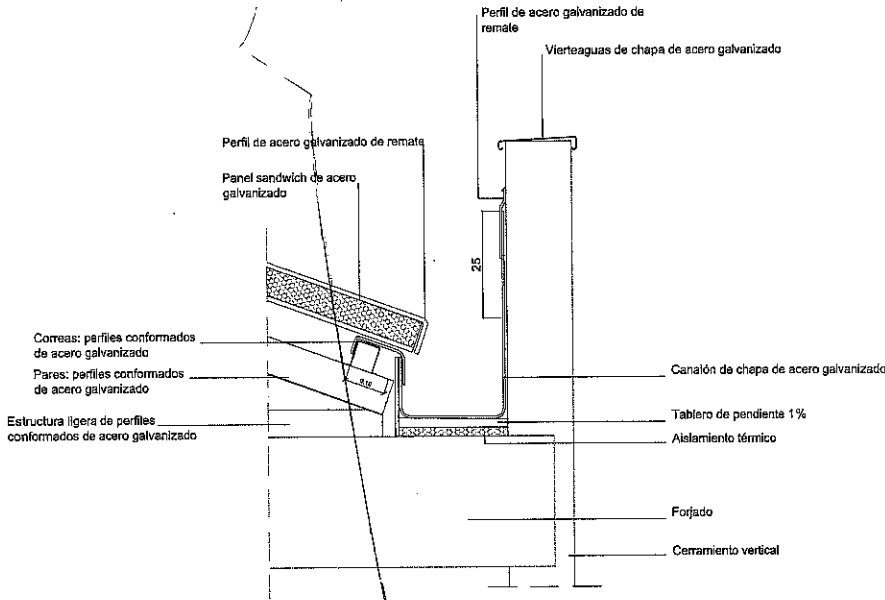


Figura A25. Encuentro de cubierta de panel sándwich con canalón

ANEJO 9. CUADRO RESUMEN DE COBERTURAS

COBERTURA	FORMA Y TIPO	DIMENSIONES	PIEZAS ESPECIALES	PENDIENTE	NORMA UNE	SOPORTE	FIJACIONES (Conviene que sean de acero inoxidable)	SOLAPES Y MONTAJE
TEJA - Cerámica - Hormigón - Vidrio - Gres - Metálica	- Curva - Mixta - Plana	- Teja curva: e: 12-15 mm - A: 10-22 cm - B: 20-50 cm - h: 6-9 cm - Teja mixta: e: 15-22 mm - A: 26-32 cm - B: 43-56 cm - Teja plana	Si: - Caballetes - Cumbresas - Tejas de ventilación	- Curva: 30-50% - Planas/Mixtas: - 50-100% - 50-175%, clavada	- Características de T. Hormigón: UNE EN 490 - Características de T. Cerámicas: UNE EN 1304 - Colocación teja hormigón: UNE 127100 - Colocación teja cerámica: UNE 136.020	- Continuo - Discontinuo: rastreles - Mixto: continuo + rastreles	- Mortero - Rastreles - Tacón - Clip - Tornillos - Clavos - Adhesivos	- Solape en función de la zona y la pendiente - Curva: 7-15 cm - Mixtas y planas: - Long.: 4-8 cm - Tranv.: 3-6 cm
PIZARRA	- Rectangulares - Romboides - Octogonales	- De 18 x 27 a 30 x 60 cm - e ≥ 3 mm. Lo normal es 4 a 6 mm	No: - Se soluciona con láminas metálicas: planchas de acero inoxidable, zinc, plomo, cobre o aluminio	- 57-173%	- Especificaciones y colocación: UNE 22190	- Discontinuo: rastreles - Continuo: para piezas de pequeño tamaño - Mixto: rastreles y soporte continuo	- Acero inoxidable: - Clavos: 1 ó 2 ud/pizarra - Ganchos: 4 ud/pizarra	- Colocación: - Clásica: solapes longitudinales 2/3b - A granel - Cuadrada
PLACAS ASFÁLTICAS	- Rectangulares	- 30 x 50 cm - 36 x 100 cm - 40 x 120 cm	- Piezas premoldeadas - Refuerzos de láminas impermeables LBM	- > 15% - Con pendientes menores del 20% es conveniente colocar debajo una lámina impermeable	- Características: UNE EN 544 - Colocación: UNE 104400/2	- Continuo - Sup. regular y lisa - Espesor suficiente para clavar - Químicamente compatible	- Clavos - Grapas - Soplete - Adhesivos	- Solape ≥ 5 cm - Parte vista ≤ 14 cm - Se desplazan horizontalmente la mitad de una faldilla
LÁMINAS METÁLICAS - Zinc - Cobre - Plomo - Acero inoxidable	- Rectangular	- e ≅ 0,5-0,6 mm (Plomo e > 1,8 mm) - Longitud (l) ≅ 2,5 m - Anchura (a) ≅ 0,5/0,8/1 m en función del material	- Piezas del mismo material	> 10%	Norma de características: - Zinc: UNE EN 501 y 988 - Cobre: UNE EN 504 y 1172 - Plomo: UNE 37203 - Acero inox.: UNE EN 502 - Acero: UNE EN 505 - Aluminio: UNE EN 507	- Soporte continuo: - Pino - Abeto - Chopo - No emplear: - Encina - Pino de oregón - Cedro - Abedul - Zinc no: hormigón o yeso, castaño, roble	- Acero inoxidable: - Clavos - Tornillos - Grapas - Patillas de sujeción	- Unión entre láminas: - Sobre rastrel - Engatillada - Alzada

ANEJO 9. CUADRO RESUMEN DE COBERTURAS

COBERTURA	FORMA Y TIPO	DIMENSIONES	PIEZAS ESPECIALES	PENDIENTE	NORMA UNE	SOPORTE	FIJACIONES (Conviene que sean de acero inoxidable)	SOLAPES Y MONTAJE
FIBROCEMENTO - Cemento + fibras (sin amianto) o silicato formado por reacción química de un material silíceo con otro calcáreo	- Onduladas o nervadas - 5 categorías: A, B, C, D, E en función de las características físicas y mecánicas	- Dimensiones: 1-1,5 x 1,5-3 m - e: 4-6 mm	Sí: - Caballetes, - Remates	> 10%	- Características: UNE EN 494 - Montaje: UNE 88111 - Fijación: UNE 88121 - Masillas: UNE 88122	- Discontinuos: - Correas - Tabiques palomeros	- Tornillos autorroscantes o autotaladrantes para: - Rastres - Estructura - Ganchos para: - Estructura	- Montaje en sentido opuesto a los vientos dominantes - Separaciones entre correas depende del tipo de placa y de la carga: 65 cm hasta 3,90 m (en general 1,20 m) - Solapo longitudinal depende de la pendiente y el tipo de placa (entre 10 a 20 cm)
PLACAS SINTÉTICAS - Utilizadas para permitir la iluminación	- Pueden tener distintos niveles de colocación y transparencia - Materiales: - Poliéster reforzado con fibra de vidrio - PVC - Polimetacrilato de metilo - Policarbonato - Forma: ondulada o nervada	Similares al fibrocemento: - 1-1,5 x 1,5-3 m - e: 0,7 x 1,5 mm	Las del fibrocemento o metálicas	≥ 10%	- Poliéster reforzado con fibra de vidrio: UNE EN 1013-1 - PVC: UNE EN 1013-1 y UNE 1013-3 - Polimetacrilato de metilo: UNE EN ISO 7823-1 y UNE EN 1013-4 - Policarbonato: UNE EN ISO 11963	- Discontinuo: - Correas - Tabiques palomeros	- Tornillos autorroscantes, para correas metálicas o de madera - Tornillos autotaladrantes, para correas metálicas - Ganchos, para correas metálicas o de hormigón - Tirafondos, para correas y rastres de madera	- Montaje en sentido opuesto a los vientos dominantes - Separaciones entre correas depende del tipo de placa y de la carga: 65 cm hasta 3,90 m (en general 1,20 m) - Solapo longitudinal depende de la pendientes y el tipo de placa (entre 10 a 20 cm)
PLACAS METÁLICAS - Acero - Aluminio - Acero inoxidable	- Onduladas - Grecadas - Nervadas	- e: 0,6-1,2 mm - 0,9-1 x < 6 m - Cuanto más largas presentan más problemas de dilataciones	Sí: - Cumbresas - Bordes laterales	> 10%	- Acero: EN 508-1 - Aluminio: EN 508-2 - Acero inoxidable: EN 508-3 - Zinc o cobre: EN 506	- Discontinuos: - Tabiques - Correas	- Tornillos autorroscantes: en la parte alta de las ondas - De acero inoxidable con arandela de neopreno	- Similar al fibrocemento - Solape: 0,5-1,2 ondas, dependiendo del perfil - Apoyos de 1 a 3,5 m

ANEJO 9. CUADRO RESUMEN DE COBERTURAS

COBERTURA	FORMA Y TIPO	DIMENSIONES	PIEZAS ESPECIALES	PENDIENTE	NORMA UNE	SOPORTE	FIJACIONES (Conviene que sean de acero inoxidable)	SOLAPES Y MONTAJE
FIBROCEMENTO + AISLAMIENTO	- Perfil de fibrocemento ondulado	- e medio: 36-54 mm - e total: 77-86 mm - 1,10 x 1,50 - 2,50	- Las de la placa normal	> 10%		- Discontinuo: - Tabiques - Correas	- Tornillos autotaladrantes	- Montaje en sentido opuesto a los vientos dominantes - Separaciones entre correas depende del tipo de placa y la carga: 65 cm hasta 3,90 m (1,20 lo normal) - Solapo longitudinal depende de la pendiente y el tipo de placa
METÁLICA + AISLAMIENTO	- Acero lacado o galvanizado + aislamiento + paravapor	- 1,10 x 1,50-2,50	- Las de la placa normal	> 10%		- Discontinuo: - Tabiques - Correas	- Tornillos autotaladrantes	- Montaje en sentido opuesto a los vientos dominantes - Separaciones entre correas depende del tipo de placa y la carga: 65 cm hasta 3,90 m (1,20 lo normal) - Solapo longitudinal depende de la pendiente y el tipo de placa
SÁNDWICH: Material: - Acero - Acero inoxidable - Aluminio - Cobre - Madera - Poliéster reforzado con fibra de vidrio	- Compuesto de dos chapas, en general metálicas, con un aislamiento de poliuretano en el interior	- e: 3-25 cm - 0,90 x < 12 m - Acabados: lisos, nervados, rayados	Sí: - Con el mismo material de la hoja exterior - En función de la agresividad del ambiente: pinturas acrílicas, poliuretanos, clorocauchos, etc.	≥ 2%	- UNE 41950-1 y 2	- Discontinuo: - Correas - Muros	- Tornillos autorroscantes y tapajuntas	- Soportes entre 2 y 5 m en función del espesor del panel

5

ELEMENTOS DE ILUMINACIÓN CENITAL

- 5.1. Exigencias de la iluminación cenital
 - 5.1.1. La protección térmica
 - Control de las pérdidas térmicas
 - Control de los aportes térmicos
 - 5.1.2. La estanquidad al agua
 - 5.1.3. Seguridad mecánica
 - 5.1.4. Aislamiento acústico
 - 5.1.5. Iluminación y control lumínico
 - 5.1.6. Protección contra el fuego
- 5.2. Tipología de los elementos de iluminación cenital
 - 5.2.1. Clasificación según su forma
 - Lucernario
 - Claraboya
 - Lucernario en diente de sierra
 - 5.2.2. Clasificación según la captación de luz
 - Captación horizontal
 - Captación siguiendo la inclinación de la cubierta
 - Captación vertical
- 5.3. Componentes de los elementos de iluminación cenital
 - 5.3.1. Vidrios
 - Protección térmica
 - Seguridad mecánica
 - Aislamiento acústico
 - Transmisión luminosa
 - Comportamiento frente al fuego
 - Elección del tipo de vidrio

5.3.2 Plásticos

Metacrilato

Poliacetaleno

Placas de metacrilato reforzado con fibra de vidrio

5.3.3 Carpentaría

Carbónidos para vidrios

Subestructuras para plásticos

5.3.4 Uniones y juntas

Uniones y juntas para fierros

Uniones y juntas para plásticos

5.4 Pintas y recubrimientos

INTRODUCCIÓN

Una de las opciones de aprovechar la luz natural para los espacios arquitectónicos es la iluminación cenital. Según el diccionario de la lengua española (R.A.E.) es *"la que en una habitación, patio, iglesia u otro edificio se recibe por el techo, bien sea por tragaluces, por monteras de cristales o en otra forma"*. Esta definición que puede llegar a ser un tanto ambigua no nos proporciona una clara distinción entre las diferentes formas que puede adoptar, lo que nos lleva a emplear muchas veces términos como lucernario, tragaluz, claraboya, tronera..., indistintamente, siendo el primero el que tiene un uso más generalizado. El Código Técnico de la Edificación define, en el documento básico de Limitación de la demanda energética HE1, el término de lucernario como *"cualquier hueco situado en una cubierta; por tanto, su inclinación será menor de 60° respecto a la horizontal"*. Tampoco esta descripción clarifica y además es restrictiva respecto a superficies verticales que pueden captar la luz y distribuirla de forma cenital, como después veremos. Por lo tanto, podríamos definir la iluminación cenital como la que proporcionan diversos huecos situados en cubierta o en la parte superior de los muros.

En cualquier caso, este tipo de iluminación nos permite captar la luz natural para distribuirla uniformemente o dirigirla hacia un punto concreto, para controlarla tanto a nivel de cantidad como de su calidad, con lo que podemos dar un carácter determinado a un espacio, al mismo tiempo que cuidar el control térmico.

La iluminación cenital está teniendo una gran difusión en la arquitectura actual y, sin embargo, en nuestro clima es necesario realizar un estudio serio de su

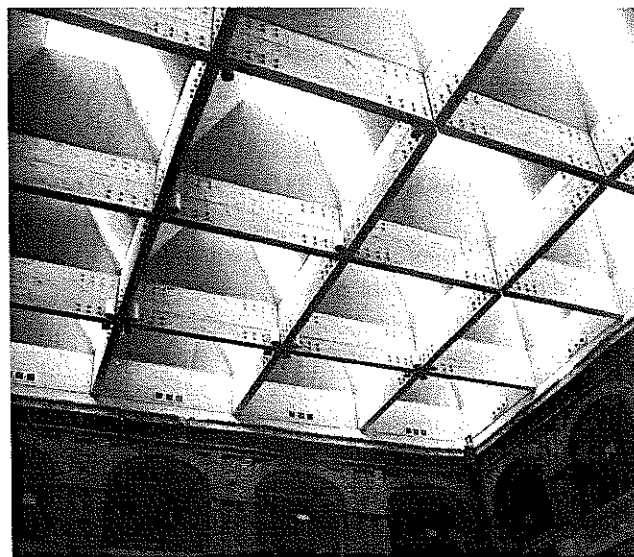


Figura 5.1. Elementos de iluminación cenital

diseño y construcción, ya que siendo soluciones propias y adecuadas en países del norte de Europa, en el nuestro puede dar lugar a una serie de problemas de difícil solución o con una repercusión económica muy alta en refrigeración interior del edificio. Por ello es imprescindible tener en cuenta las exigencias específicas que deben cumplir los elementos constructivos que proporcionan la iluminación cenital, para diseñarlos dando respuesta a esas exigencias.

5.1. EXIGENCIAS DE LA ILUMINACIÓN CENITAL

De forma general se puede decir que al disponer un hueco en una cubierta:

- Se rompe la continuidad de la misma, y por tanto sus características protectoras frente al agua, el aire, la temperatura exterior, el sol, el ruido, así como su capacidad de resistencia mecánica.
- Se crean una serie de juntas y encuentros que deben solucionarse para asegurar esas características protectoras.
- Se cuenta con un elemento que permite captar y controlar la energía solar, tanto lumínica como térmica, para su aprovechamiento en el acondicionamiento interior.

En consecuencia, las principales exigencias que hay que garantizar son: la protección térmica, la estanqueidad al agua, el aislamiento acústico, la seguridad mecánica y el control lumínico. En ocasiones también tienen que proporcionar una determinada protección contra el fuego.

5.1.1. La protección térmica

Cuando se habla de aislamiento o protección térmica en un elemento de iluminación cenital se hace referencia tanto a la pérdida como al aporte térmico

que tiene lugar a su través. Este aspecto no solamente influye en el diseño del hueco y su cubrición, sino que además se debe tener en cuenta, si la disposición de este tipo de iluminación es adecuada para ese edificio desde aspectos tan importantes como el comportamiento energético del edificio, el uso del mismo, la zona climática... No plantean las mismas necesidades un museo que una biblioteca, o un edificio en el sur de España que en un país nórdico.

Control de las pérdidas térmicas

En invierno, las pérdidas térmicas a través del vidrio de un elemento de iluminación cenital son muy importantes y constituyen verdaderos puentes térmicos respecto a la parte opaca del cerramiento; además el aire caliente asciende y queda retenido en la parte superior del local en contacto con el cerramiento superior. Por lo tanto, la elección del material semitransparente es determinante para disminuir la transmitancia térmica en función de sus características (puntos 5.3.1 y 5.3.2), y pueden disponerse otros elementos móviles y regulables (persianas, lamas...) para posibilitar la conservación del calor durante las noches de invierno.

Otro aspecto que hay que tener en cuenta es el problema de las condensaciones que pueden producirse sobre el vidrio cuando la temperatura del mismo, o del aire en su contacto, es inferior a la temperatura de rocío del aire del local. Pueden plantearse dos opciones:

- Si se permite que estas condensaciones se formen, será necesario recogerlas y evacuarlas hacia el exterior, por ejemplo, a través de los perfiles de carpintería.
- Si no se permiten estas condensaciones, habrá que disminuir la transmitancia térmica de los vidrios o plásticos, ventilar su superficie interior, o impulsar aire caliente o más seco sobre ellos.

El CTE-DB-HE1 Limitación de demanda energética, fija los valores límites de transmitancia térmica para cubiertas y lucernarios cuando se elige el procedimiento de verificación mediante la opción simplificada. En el caso de los lucernarios, esta opción sólo puede ser utilizada cuando el porcentaje de huecos es inferior al 5% de la superficie total de la cubierta. Se establece que la transmitancia media de la cubierta, incluida la de los lucernarios, será inferior a la transmitancia límite de cubierta, en función de cada zona climática.

$$U_{CM} = \frac{\sum U_{CI} \cdot A_{CI} + U_{PC} \cdot A_{PC} + U_L \cdot A_L}{\sum A_{CI} + A_{PC} + A_L} \leq U_{CLIMITE}$$

siendo:

U_{CI} : transmitancia de cerramientos en contacto con el aire y con espacios no habitables.

U_{PC} : transmitancia del puente térmico (contorno del lucernario $> 0,5 \text{ m}^2$).

U_L : transmitancia del lucernario.

La transmitancia térmica del lucernario U_L ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) se determina según la siguiente expresión:

$$U_L = (1-FM) \cdot U_{HV} + FM \cdot U_{HM}$$

siendo:

U_{HV} : la transmitancia térmica de la parte semi-transparente del lucernario.

U_{HM} : la transmitancia térmica del marco.

FM: la fracción del hueco ocupada por el marco.

A falta de datos precisos pueden adoptarse para U_{HV} y U_{HM} los valores de las tablas de las figuras 5.2. y 5.3, respectivamente.

Además, las carpinterías de los lucernarios tienen que cumplir la exigencia fijada por la misma normativa respecto a la permeabilidad al aire. Las pérdidas por permeabilidad dependen de la diferencia de presión entre el exterior e interior, diferencia que, a su

vez, está influenciada por la velocidad del viento, por la altura del edificio y por el tiro térmico. Para las zonas climáticas A y B (apéndice D del CTE-HE1), la permeabilidad debe ser inferior a $50 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ (se exige como mínimo carpinterías clase 1), y para las zonas C, D y E será inferior a $27 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ (mínimo clase 2).

La norma UNE EN 12207 realiza la siguiente clasificación de las carpinterías dependiendo de la fuga de aire en metros cúbicos por hora y por metro cuadrado de superficie practicable $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ y en función de la presión diferencial en pascales (a 100 Pa).

En primer lugar, se mide la fuga de aire por superficie total:

- Clase 0: sin ensayar.
- Clase 1: $\leq 50 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}^2$, hasta 150 Pa.
- Clase 2: $\leq 27 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}^2$, hasta 300 Pa.
- Clase 3: $\leq 9 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}^2$, hasta 600 Pa.
- Clase 4: $\leq 3 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}^2$, hasta 600 Pa.

En segundo lugar, la fuga de aire por las juntas de apertura:

- Clase 0: sin ensayar.
- Clase 1: $\leq 12,50 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}^2$, hasta 150 Pa.
- Clase 2: $\leq 6,75 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}^2$, hasta 300 Pa.
- Clase 3: $\leq 2,25 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}^2$, hasta 600 Pa.
- Clase 4: $\leq 0,75 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}^2$, hasta 600 Pa.

El criterio de clasificación final es función de las clasificaciones obtenidas previamente:

Iguales: se elige la clase coincidente.

Adyacentes: se elige la clase más favorable.

Diferencia de dos clases: se elige la clase intermedia.

Diferencia de más de dos clases: sin clasificar.

Control de los aportes térmicos

Las radiaciones infrarrojas solares tienen especial importancia en ambientes situados debajo de cubier-

TIPO	VIDRIO	EMISIVIDAD	DIMENSIONES (mm)	U_{HV} (W/m ² K) HUECO VERTICAL	U_{HV} (W/m ² K) LUCERNARIO HORIZONTAL
Sencillo	Normal	0,89	4	5,9	7,1
Doble acristalamiento	Normal	0,89	4-6-4	3,3	3,7
			4-9-4	3,0	3,3
			4-12-4	2,9	3,2
			4-15-4	2,7	2,9
			4-20-4	2,7	2,9
	Un vidrio de baja emisividad	$0,2 < E = 0,4$	4-6-4	2,9	3,2
			4-9-4	2,6	2,8
			4-12-4	2,4	2,6
			4-15-4	2,2	2,4
			4-20-4	2,2	2,4
		$0,1 < E = 0,2$	4-6-4	2,7	2,9
			4-9-4	2,3	2,5
			4-12-4	1,9	2,0
			4-15-4	1,8	1,9
			4-20-4	1,8	1,9
		$E = 0,1$	4-6-4	2,6	2,8
			4-9-4	2,1	2,2
			4-12-4	1,8	1,9
			4-15-4	1,6	1,7
			4-20-4	1,6	1,7

Figura 5.2. Transmitancia térmica del vidrio U_{HV}

TIPO DE MARCO	TRANSMITANCIA TÉRMICA (W/m ² K) (*)
Madera	2 - 2,4
Metálico	5,7 - 7,2
Metálico con rotura de puente térmico	3,2 - 4,5
PVC (2 huecos)	2,20 - 2,4
PVC (3 huecos)	1,8 - 1,9
(*) Valores inferiores para lucernario vertical y mayores para horizontal.	

Figura 5.3. Transmitancia térmica del marco del lucernario U_{HM}

tas con claraboyas y lucernarios, porque pueden llegar a experimentar importantes aumentos de su temperatura debido al efecto "invernadero", efecto que se produce cuando los rayos de onda corta atraviesan el vidrio y calientan los objetos sobre los que inciden. Éstos a su vez al calentarse, emitirán radiación de onda larga (superior a $5 \mu\text{m}^1$) que no puede atravesar de nuevo el vidrio, ya que éste es opaco a este tipo de radiación. De esta manera se eleva significativamente la temperatura del ambiente interior.

¹ $\mu\text{m} = 1 \text{ micra} = 10^{-6} \text{ metros}$ (1 micrón)

Este efecto, indeseable para climas calurosos, se reduce si se emplean vidrios de bajo factor solar. Sin embargo, las exigencias actuales de ahorro energético, nos plantean la necesidad de poder captar la energía solar en invierno a través de los huecos y controlarla en verano; por ello será más conveniente el empleo de sistemas de protección móviles y regulables.

El aporte térmico varía en función del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre el elemento iluminador. Cuando el ángulo es de 90° la ganancia térmica es máxima, por ello debe evitarse esta perpendicularidad en épocas calurosas y localizaciones con gran aporte lumínico y debe buscarse en épocas frías. Así, en nuestra zona climática, las ventanas verticales orientadas al sur funcionan en invierno (ángulo del sol menor de 30°) como captadoras de calor, mientras que en verano (ángulo del sol al mediodía 70°) su aporte térmico es menor que el de un elemento de iluminación cenital que situado en cubierta captará de forma máxima cuando no nos interesa, mientras que en invierno la captación será mínima con inclinaciones bajas de los lucernarios.

Por lo tanto, en el diseño tendremos que tener en cuenta que cuanto mayor sea la verticalidad de los elementos de iluminación cenital, mejor funcionarán éstos respecto a los aportes térmicos cuando nos interesa (invierno), de ahí el gran desarrollo que están teniendo las cubiertas en dientes de sierra y los cuerpos elevados con ventanas verticales. Sin embargo, cuando se diseñan lucernarios de baja pendiente será necesario emplear vidrios o plásticos con bajo factor solar (pto. 5.3.1 y 5.3.2) o elementos de protección como lamas exteriores orientables que impidan en épocas calurosas los aportes solares. Asimismo, durante los días de verano conviene incorporar mecanismos de evacuación del calor (aperturas, rejillas), ya que éste se concentra en la parte superior de los espacios. En todo caso es conveniente realizar, previamente al diseño del edificio, un estudio del soleamiento para conocer las necesi-

dades de aprovechamiento y/o protección de la radiación solar.

También el CTE-DB-HE 1 limita el factor solar modificado promedio de los huecos y lucernarios de las cubiertas para régimen de verano. El factor solar modificado es el producto del factor solar (cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente) por el factor de sombra (fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada tales como retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales u otros).

El factor solar modificado medio de los lucernarios tiene que ser inferior al factor solar modificado límite de los lucernarios para cada zona climática. Estos valores se recogen en la tabla de la figura 5.5.



Figura 5.4. Claraboya de polimetacrilato de bajo factor solar

FACTOR SOLAR MODIFICADO LÍMITE DE LUCERNARIOS F											
ZONA CLIMÁTICA											
C1	D1	E1	C2	D2	A3	B3	C3	D3	A4	B4	C4
0,37	0,36	0,36	0,32	0,31	0,29	0,30	0,28	0,28	0,29	0,28	0,27

Figura 5.5. Factor solar modificado límite de lucernarios

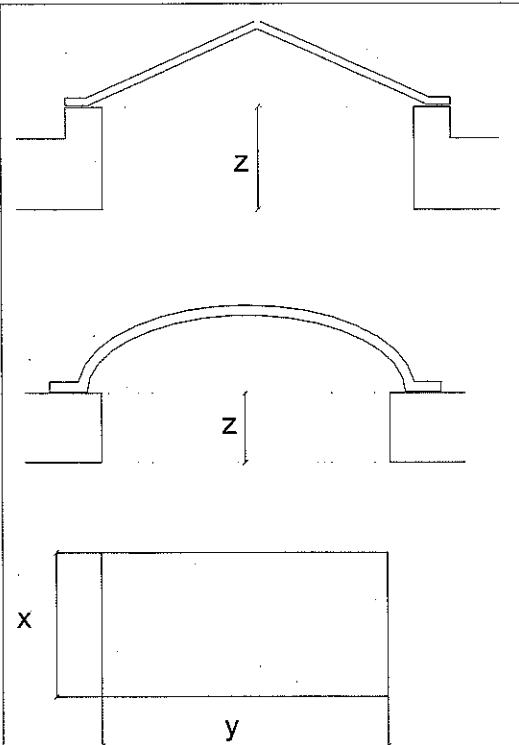
		Y/Z					
		0,1	0,5	1	2	5	10
 X/Z	0,1	0,42	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44
	0,5	0,43	0,46	0,48	0,50	0,51	0,52
	1	0,43	0,48	0,52	0,55	0,58	0,59
	2	0,43	0,50	0,55	0,60	0,66	0,68
	5	0,44	0,51	0,58	0,66	0,75	0,79
	10	0,44	0,52	0,59	0,68	0,79	0,85
Los valores de factor de sombra que se indican en esta tabla son válidos para lucernarios sensiblemente horizontales En caso de lucernarios de planta elíptica o circular podrán tomarse como dimensiones características equivalentes los ejes mayor y menor o el diámetro.							

Figura 5.6. Factor de sombra para lucernarios

El factor solar modificado del lucernario se determina según la siguiente expresión:

$$F_L = F_s [(1-FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot U_{HM} \cdot \alpha]$$

siendo:

F_s : el factor de sombra que producen determinados elementos sobre el lucernario (figura 5.6)².

FM : la fracción del hueco ocupada por el marco.

g : el factor solar de la parte semitransparente (puntos 5.3.1 y 5.3.2 de este capítulo).

U_{HM} : la transmitancia térmica del marco (figura 5.3).

α : la absorptividad del marco (figura 5.37 de este capítulo).

5.1.2. La estanquidad al agua

Los problemas de estanquidad al agua se presentan en las juntas de los componentes que forman el hueco (vidrios, plásticos...) o en los encuentros de éstos con las carpinterías, y a su vez, entre las carpinterías y los otros elementos constructivos opacos de la cubierta o de la fachada (figuras 5.7 y 5.8).

Las soluciones que pueden utilizarse son similares a las de las cubiertas inclinadas opacas donde la impermeabilidad se garantiza fundamentalmente con la pendiente, los solapos de las piezas y el tratamiento de las juntas. Es evidente que cuanto mayor sea la pendiente, más fácil será resolver la estanquidad, ya que se incrementa la velocidad con la que el agua discurre, reduciéndose la posibilidad de penetración. Del mismo modo, el empleo de piezas del mayor tamaño posible, reduce el número de juntas y el riesgo de filtración a través de ellas.

² Cuando no se justifique adecuadamente el valor de F_s , se debe considerar igual a la unidad. Para superficies verticales se pueden coger los valores de las tablas E11 a E14 del CTE-HE1.

Sin embargo, no siempre el diseño que pretendemos nos permite el uso de pendientes elevadas. En este caso, habrá que hacer hincapié en el diseño de las juntas que se forman por la limitación del tamaño de los vidrios y que se resolverá mediante tapajuntas y productos de sellado que, entre otras, deben

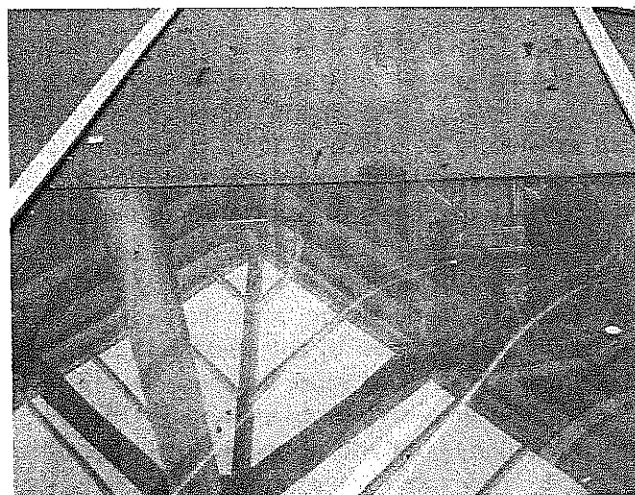


Figura 5.7. Junta entre carpintería y vidrio, y entre vidrios



Figura 5.8. Junta entre lucernario y parte opaca de la cubierta

tener las siguientes características: ser impermeables, elásticos, de alta adherencia y durabilidad (ver punto 5.3.4).

5.1.3. Seguridad mecánica

El elemento que utilicemos para iluminar cenitalmente el espacio debe ser capaz de soportar las cargas y sobrecargas habituales de la cubierta: las ocasionadas por el peso propio, nieve, mantenimiento, limpieza, impactos, golpes accidentales. Esta resistencia es aplicable tanto a la carpintería como al elemento semitransparente y la elección de un material u otro conlleva características mecánicas diferentes.

En el caso del vidrio, su fragilidad produce un foco permanente de riesgo al contacto humano o en lugares en los que al romperse pueden caer desde una cierta altura sobre las personas. Por ello es necesario emplear vidrios de seguridad, armados o laminados, debido al peligro que supone su rotura y caída sobre los espacios inferiores (punto 5.3.1).

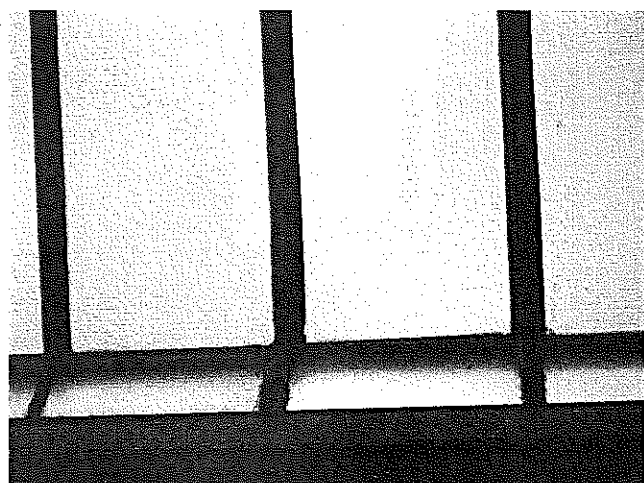


Figura 5.9. Vidrio de seguridad, armado, en lucernario

5.1.4. Aislamiento acústico

El hueco empleado para iluminar cenitalmente un espacio rompe la continuidad de la cubierta y por tanto las características de ésta, especialmente su masa, por lo que también se ve afectado, entre otros, el comportamiento acústico. En función de las exigencias que tengamos sobre este tema, habrá que buscar una solución que permita mantener la iluminación cenital o renunciar a ella, priorizando la acústica al efecto lumínico.

El sonido se transmite a través del aire (ruido aéreo) y a través de los elementos estructurales y constructivos (ruido estructural) que transmiten vibraciones e impactos.

Aunque el vidrio es el subcomponente más importante del lucernario, no es un elemento independiente, sino que está incorporado en una carpintería y ésta a su vez se inserta en la parte opaca del cerramiento por lo que también influirá la permeabilidad al aire de la carpintería y la forma de colocarla.

Otro factor a tener en cuenta es la frecuencia crítica. Cada hoja de material tiene una frecuencia crítica ante la cual vibra mucho más fácilmente. A esta frecuencia el ruido se transmite mucho mejor, y la hoja de vidrio sufre a nivel de aislamiento acústico una pérdida de prestaciones de 10 a 15 decibelios.

La norma vigente NBE-CA-88 de condiciones acústicas en los edificios, exige para las cubiertas 45 dBA. Tomando los valores de los vidrios habituales (punto 5.3.1) será difícil cumplir con esta exigencia para los lucernarios de cubierta. En el caso de los plásticos que se emplean como alternativa a los vidrios, su masa es menor y, por lo tanto, el aislamiento acústico también es peor.

Más crítico es en las cubiertas transitables el aislamiento a ruido de impacto, que la norma establece que debe ser inferior a 80 dB, y que habrá que valorar aunque no sea habitual, si procede en el caso de un lucernario, en función del uso del espacio inferior.

5.1.5. Iluminación y control lumínico

Siempre que se tenga en cuenta en el diseño, la iluminación cenital nos permite controlar tanto la cantidad como la calidad lumínica que caracteriza un espacio. En función de la actividad que se vaya a desarrollar en el espacio subyacente y de cómo queramos que se distribuya la luz, diseñaremos el tamaño, la disposición, la orientación del elemento empleado y otros mecanismos para filtrar y distribuir la luz de forma difusa, o para concentrarla en un punto concreto (figura 5.10).

Especialmente habrá que estudiar los lucernarios en los que se pueden producir deslumbramientos (pérdida momentánea de visión debida a una luz demasiado intensa), que impide el desarrollo natural de la actividad que se lleva a cabo en el interior; por ejemplo este efecto es crítico en edificios deportivos, museos, y también en espacios de trabajo. Será necesario orientar los lucernarios al norte o diseñarlos para que la luz se filtre reflejada en las paredes interiores o entre de forma difusa (figura 5.11).

Las ya comentadas exigencias actuales de ahorro energético nos llevan a potenciar la iluminación natural (energía gratuita) frente a la artificial, sin perjuicio de las exigencias de protección térmica. Por ello cuando se plantea la captación lumínica a través de los lucernarios hay que tener en cuenta el nivel lumínico interior que podemos conseguir y que depende del diseño de la cubierta, de la orientación, ubicación y transparencia del lucernario, del uso, la superficie y altura del espacio a iluminar y del acabado de las paredes interiores.

La superficie de iluminación necesaria se puede calcular (según la NTE-Cubiertas-Tejados sintéticos) en función de dos coeficientes a y b y de la superficie S en m^2 del local:

$$C = a \cdot b \cdot S / 100$$

El coeficiente a se obtiene de la tabla de la figura 5.12, en función del tipo de local a iluminar, la

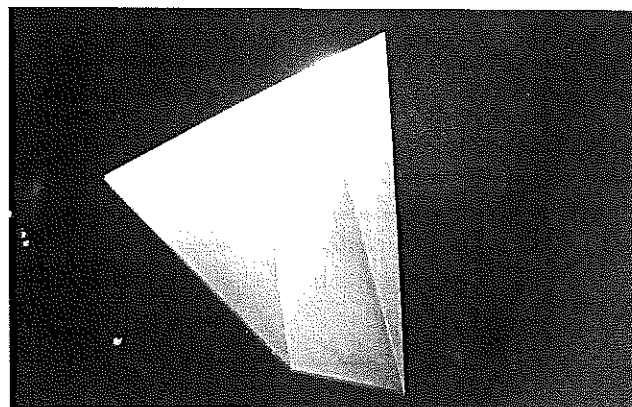


Figura 5.10. Mecanismos de diseño para dirigir y concentrar la luz

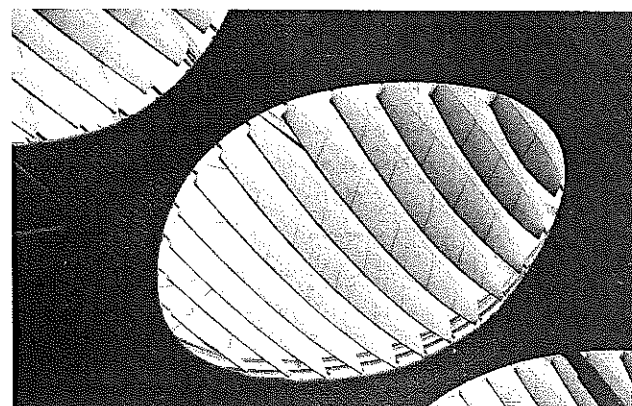
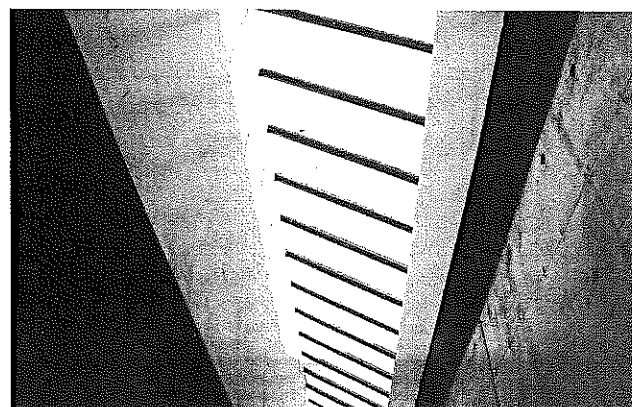


Figura 5.11. Mecanismos de diseño para evitar deslumbramientos

Coeficiente a									
Tipo de local	Transparencia nominal T en %	Ambiente del local	Altura del local en m						
			2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0 8,0
Locales que requieran un nivel de iluminación de 100 lux, como: vestíbulos de viviendas, pasillos, cuartos de baño, garajes y almacenes.	90	Limpio Sucio	3,6 5,2	3,1 4,2	2,7 3,4	2,5 3,1	2,5 3,2	2,8 4,0	3,1 5,0 6,2
	80	Limpio Sucio	4,1 6,0	3,4 4,7	2,9 3,7	2,7 3,4	2,7 3,5	3,0 4,4	3,4 5,6 6,8
	70	Limpio Sucio	4,6 6,5	3,8 5,1	3,2 4,0	2,9 3,6	2,9 3,9	3,4 5,0	3,9 6,4 7,9
	60	Limpio Sucio	5,2 7,1	4,2 5,7	3,4 4,4	3,1 3,8	3,2 4,3	4,0 5,7	5,0 7,4 9,4
Locales que requieran un nivel de iluminación de 200 lux, como: escaleras, cocinas, dormitorios, cuartos de estar, bibliotecas, vestíbulos de locales públicos, archivos museos y áreas de trabajo de poca precisión.	90	Limpio Sucio	7,2 10,2	6,2 8,4	5,4 6,8	5,0 6,2	5,0 6,4	5,6 8,0	6,2 10,0 12,4
	80	Limpio Sucio	8,2 12,0	6,8 9,4	5,8 7,4	5,4 6,8	5,4 7,0	6,0 8,8	6,8 11,2 13,6
	70	Limpio Sucio	9,2 13,0	7,6 10,2	6,4 8,0	5,8 7,2	5,8 7,8	6,8 10,0	7,8 12,8 15,8
	60	Limpio Sucio	10,4 14,2	8,4 11,4	6,8 8,8	6,2 7,6	6,4 8,6	8,0 11,4	10,0 14,8 18,8
Locales que requieran un nivel de iluminación de 300 lux, como: comedores y salones de hoteles, restaurantes, cafeterías y bares, gimnasios, áreas de trabajo de precisión media	90	Limpio Sucio	10,8 15,6	9,3 12,6	8,1 11,2	7,5 9,3	7,5 9,6	8,4 12,0	9,3 15,0 18,6
	80	Limpio Sucio	12,3 18,0	10,2 14,1	8,7 11,1	8,1 10,2	8,1 10,5	9,0 13,2	10,2 16,8 20,4
	70	Limpio Sucio	13,8 19,5	11,4 15,3	9,6 12,0	8,7 10,8	8,7 11,7	10,2 15,0	11,7 19,2 23,7
	60	Limpio Sucio	15,6 21,3	12,6 17,1	10,2 13,2	9,3 11,4	9,6 12,9	12,0 17,1	15,0 22,2 28,2
Locales que requieran un nivel de iluminación de 500 lux, como: establecimientos comerciales, salas de conferencias, aulas, laboratorios y áreas de iluminación localizada para lectura	90	Limpio Sucio	18,0 26,0	15,5 21,0	13,5 17,0	12,5 15,5	12,5 16,0	14,0 20,0	15,5 25,0 31,0
	80	Limpio Sucio	20,5 30,0	17,0 23,5	14,5 18,5	13,5 17,0	13,5 17,5	15,0 22,0	17,0 28,0 34,0
	70	Limpio Sucio	23,0 32,5	19,0 25,5	16,0 20,0	14,5 18,0	14,5 19,5	17,0 25,0	19,5 32,0 39,5
	60	Limpio Sucio	26,0 35,5	21,0 28,5	17,0 22,0	15,5 19,0	16,0 21,5	20,0 26,5	25,0 37,0 47,0
Áreas localizadas que requieran un nivel de iluminación de 750 lux, como: salas de dibujo, escaparates y zonas de trabajo de precisión	90	Limpio Sucio	27,0 39,0	23,3 31,5	20,3 25,5	18,8 23,3	18,8 24,0	21,0 30,0	23,3 37,5 46,5
	80	Limpio Sucio	30,8 45,0	25,5 35,3	21,8 27,8	20,3 25,5	20,3 26,3	22,5 33,0	25,5 42,0 51,0
	70	Limpio Sucio	34,5 48,8	28,5 38,3	24,0 30,0	21,8 27,0	21,8 29,3	25,5 37,5	29,3 48,0 59,3
	60	Limpio Sucio	39,0 53,3	31,5 42,8	25,5 33,0	23,3 28,5	24,0 32,3	30,0 42,8	37,5 55,5 70,5
Transparencia en función del color de las placas									

Figura 5.12. Coeficientes a para el cálculo de la superficie de iluminación cenital³³ Extraído de la NTE-Cubiertas-Tejados sintéticos.

transmisión de la luz del lucernario, la limpieza del ambiente en el interior del local (se considera limpio cuando en su interior no se produzcan habitualmente humos, vapores o polvo) y la altura de éste en metros (se mide en el punto medio del faldón o banda de iluminación).

El coeficiente b se obtiene en función de las coordenadas geográficas del emplazamiento, según el mapa de la figura 5.13.

5.1.6. Protección contra el fuego

Según el CTE-SI2 Seguridad en caso de incendio-Propagación exterior, los materiales empleados en lucernarios y claraboyas deben pertenecer a la clase de reacción al fuego $B_{ROOF}(t1)$. En el caso de los plásticos y perfiles será necesario exigir el ensayo correspondiente o el certificado del garantía.

En algunos casos puede ser necesario que el lucernario tenga una determinada resistencia al fuego (por ejemplo, EI-60 según el punto 2.3.2 del capítulo 2 de esta publicación), que condicionará el tipo de carpintería y vidrio. Los primeros tendrán que ser de acero e incorporarán en su interior aislamiento, por ejemplo de lana mineral, y los segundos podrán resolverse mediante vidrios adecuados resistentes al fuego (punto 5.3.1). Asimismo, la junta entre el perfil y el vidrio se sellará con silicona cortafuego. Debido al encarecimiento que suponen estas soluciones, si es posible, compensa desplazar los lucernarios a aquellas zonas en las que no existan estas exigencias.

5.2. TIPOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS DE ILUMINACIÓN CENITAL

Intentando establecer una clasificación de los diferentes tipos de elementos de iluminación cenital, podemos englobarlos según su forma y según la captación de la luz.

5.2.1. Clasificación según su forma

La iluminación natural a través de la cubierta puede obtenerse mediante huecos de paso protegidos por diversos sistemas de cerramiento como: lucernarios, claraboyas, tragaluz, tronera, mansarda, cubierta en diente de sierra, etc. A pesar de la poca claridad en cuanto al empleo de estos términos, los elementos más diferenciados son:

Lucernario

Este término se emplea para definir grandes superficies acristaladas en un tejado. Incluso en muchos casos se convierte en una gran cubierta de vidrio. Esta es la solución empleada para cubrir espacios originalmente abiertos, como por ejemplo, la entrada al Museo del Louvre (figura 5.14) o el patio del Museo Británico en Londres (figura 5.15).

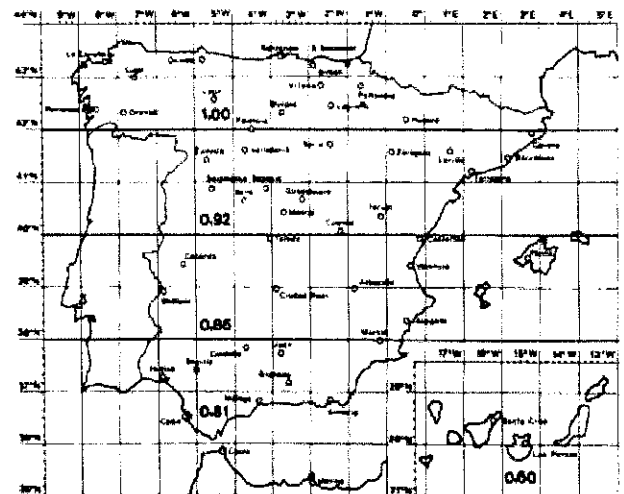


Figura 5.13. Coeficiente b para el cálculo de la superficie de iluminación cenital⁴

⁴ Extraído de la NTE-Cubiertas-Tejados sintéticos.

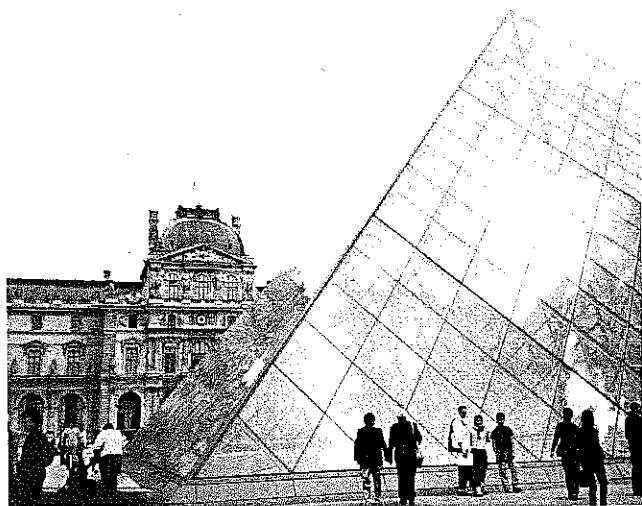


Figura 5.14. La pirámide del Museo del Louvre

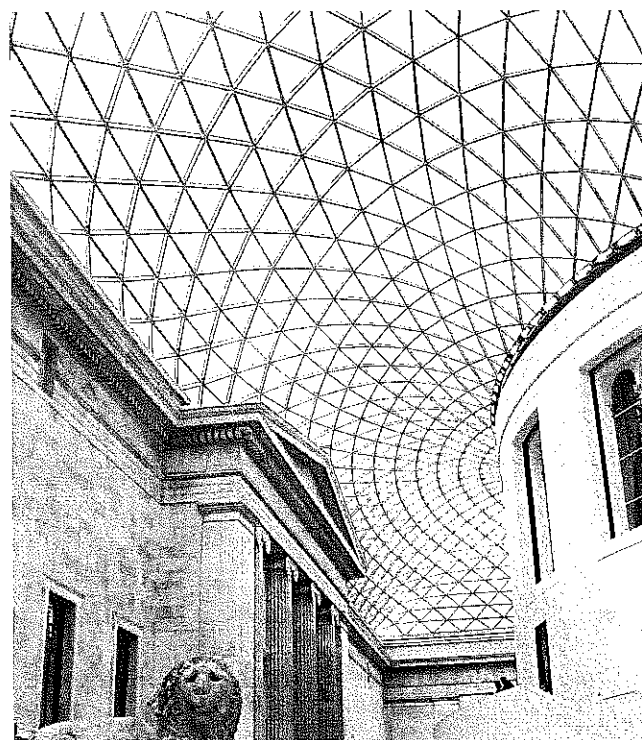


Figura 5.15. Lucernario en el patio del Museo Británico en Londres

La forma de resolver estas superficies depende de las condiciones que se quieran conseguir:

- Si no se requieren altas exigencias de bienestar térmico por ser zonas de tránsito o similares (figura 5.14), se realizará mediante una sola hoja de vidrio, como si de un muro cortina se tratara. La elección del tipo de vidrio será un condicionante importante para controlar la radiación solar y las pérdidas térmicas.
- Si las condiciones son más altas, se resolverá con dos hojas: la exterior garantiza la estanqueidad y la interior la protección térmica y puede servir para filtrar, dirigir o difundir la luz que se capta por la hoja exterior. Asimismo, el espacio intermedio entre las dos hojas permite realizar una cámara de aire ventilada.

Claraboya

Elemento prefabricado de cerramiento de huecos para iluminación en cubiertas planas, de pendiente no superior al 10%. Esta definición se emplea como



Figura 5.16. Claraboya

distintivo de este tipo de elemento. Tiene una amplia difusión debido a la complejidad que supone la ejecución de una superficie acristalada en cubierta y su unión con el resto de los elementos de cobertura, ya que se trata de piezas de formas geométricas sencillas con perímetros perfectamente resueltos (figura 5.16).

Para que la iluminación sea uniforme se deben distribuir sobre la cubierta de forma homogénea, evitando la coincidencia con elementos estructurales y con juntas de dilatación.

Existe una gran variedad de claraboyas en el mercado atendiendo a la forma (puntuales o lineales; de sección parabólica, circular o piramidal; de planta cuadrada, rectangular o circular), a los acabados (de material sintético o de vidrio) o a las prestaciones (con doble hoja para mejorar el comportamiento térmico, practicables, con mecanismos para la ventilación o para evacuar humos en caso de incendio, con integración de paneles solares o elementos de protección solar).

Se componen de dos elementos: la cúpula o parte traslúcida (por ejemplo, se puede realizar por termoconformado de planchas de polimetacrilato de metilo, PMMA) y el zócalo (elemento que permite el anclaje de la cúpula a la cubierta, que puede ser de obra de fábrica, panel sándwich o placa de poliéster reforzado con fibra de vidrio). Opcionalmente pueden incorporar mecanismos que permiten la apertura de la cúpula en diferentes circunstancias.

Lucernario en diente de sierra

Este tipo de elemento, muy característico de los edificios industriales, adopta la forma de los dientes de sierra o "sheds", siendo las caras verticales superficies vidriadas o de placas sintéticas. Actualmente está encontrando numerosas aplicaciones en edificios destinados a museos (por ejemplo, el museo de Altamira de Navarro Baldeweg o el de Castellón de Tuñón y Mansilla), o a eventos deportivos, ya que permite iluminar uniformemente con luz difusa.

El diseño de los elementos verticales es variado en forma y tamaño, en función del tipo de luz que se quiera conseguir. Existe siempre la posibilidad de filtrar la luz después de conducirla.

La separación entre los "sheds" influye en la homogeneidad de la iluminación, que mejora cuanto menor sea la separación. Para controlar el nivel luminoso interior se actúa sobre la inclinación de los dien-

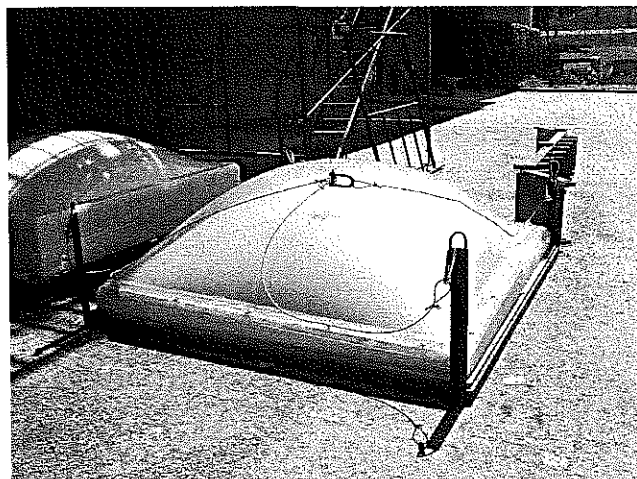


Figura 5.17. Claraboya. Cúpula

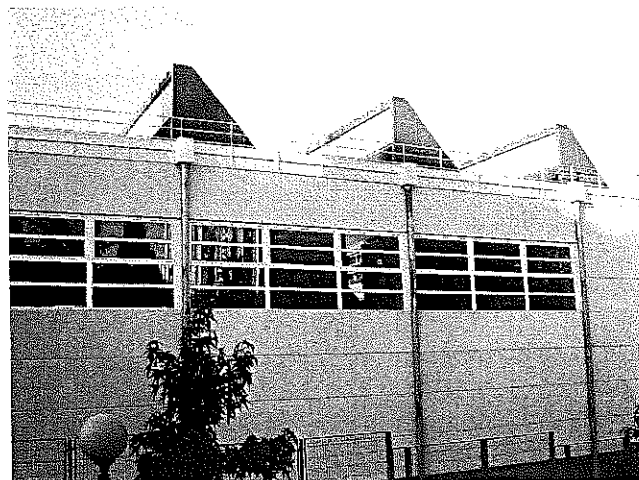


Figura 5.18. Cubierta en diente de sierra

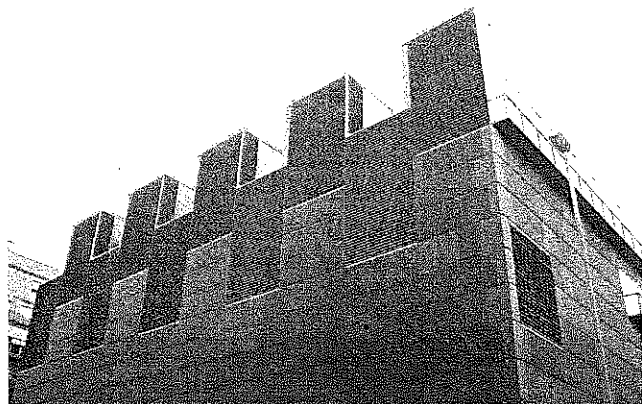


Figura 5.19. Lucernarios en el Museo de Bellas Artes de Castellón (Arq. Tuñón y Mansilla)

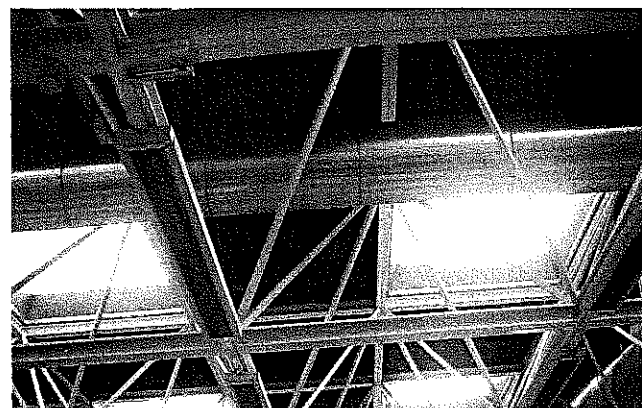


Figura 5.20. Captación horizontal

tes de sierra y su separación. Cuanto mayor es la inclinación de la vertiente opaca de la cubierta (45°)⁵, mejor será la iluminación debido a las reflexiones de la luz.

El punto más crítico que hay que resolver es la recogida de aguas en el encuentro entre la vertiente inclinada y la vertical por donde se capta la radiación solar. Es conveniente prever un canalón amplio y con pendiente hacia las bajantes.

5.2.2. Clasificación según la captación de luz

Captación horizontal

Al emplear este tipo de captación se pretende una iluminación uniforme del espacio, pero existe una gran desproporción entre el nivel luminoso central y el perimetral. Esta es la causa por la que se opta por una distribución ordenada de huecos cenitales más pequeños y a menor distancia frente a reducir el número de huecos y aumentar su tamaño y su distancia (figura 5.20).

Dentro de este grupo podemos contemplar aquellos elementos captadores que sobresalen de la cubierta en forma de troncos de cono o pirámide. En función de su orientación (norte, sur) y de la altura e inclinación del tronco, la captación será mínima o máxima, generalizada o localizada (figura 5.21).

Captación siguiendo la inclinación de la cubierta

Se puede realizar con piezas de cobertura traslúcidas como tejas de vidrio (figura 5.22), placas sintéticas, lucernarios compatibles con los sistemas

⁵ Ignacio Paricio, *Las claraboyas*. Ed. Bisagra, 1998.

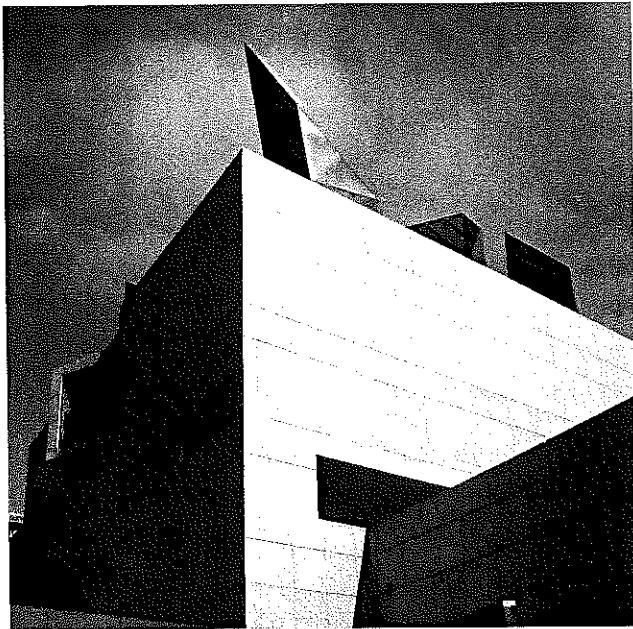
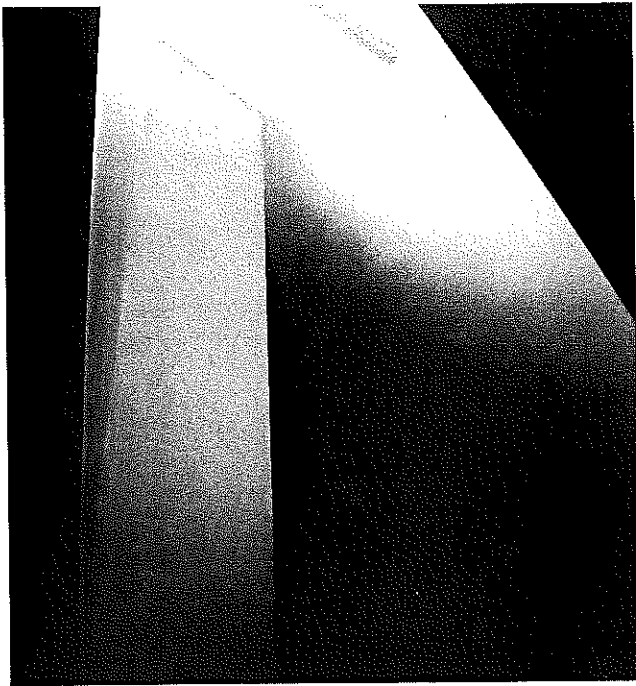


Figura 5.21. Captación en lucernarios en forma de tronco.
Museo Oteiza. Navarra (Arq. Sáenz de Oiza)



de cubiertas (aunque siguen la misma inclinación, suelen estar algo más elevados para resolver la estanqueidad del encuentro), o huecos a modo de ventanas, como si de una fachada se tratara. Existen ventanas comercializadas para tejados, tipo Velux o similar, que resuelven el problema de la estanqueidad incorporando unos faldones y tapajuntas, diseñados de manera que aseguren el correcto drenaje y canalización del agua que desciende desde la parte superior de la cubierta (figura 5.23).

Captación vertical

Permiten una iluminación uniforme y carecen de gran parte de los problemas antes mencionados, al

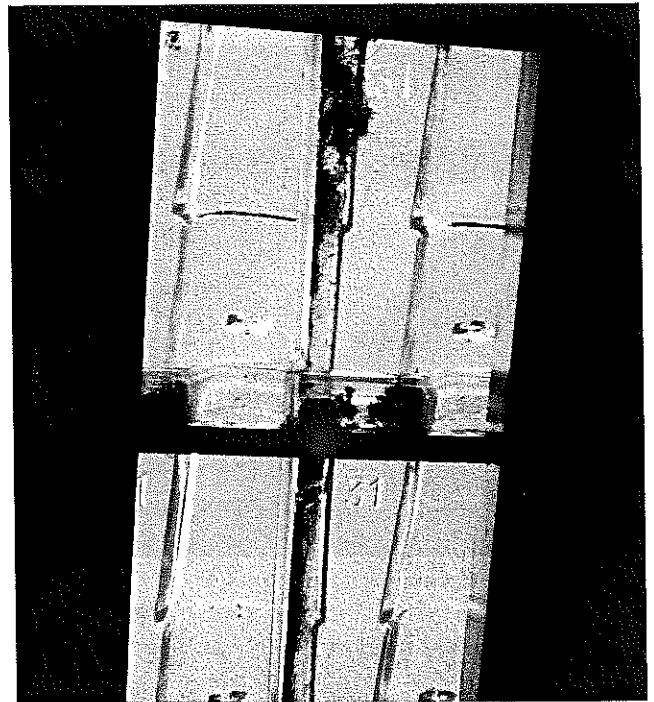


Figura 5.22. Coberturas traslúcidas. Tejas de vidrio

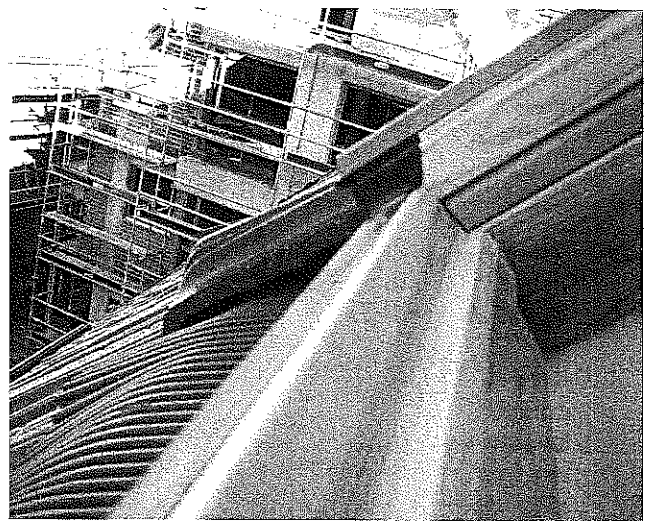
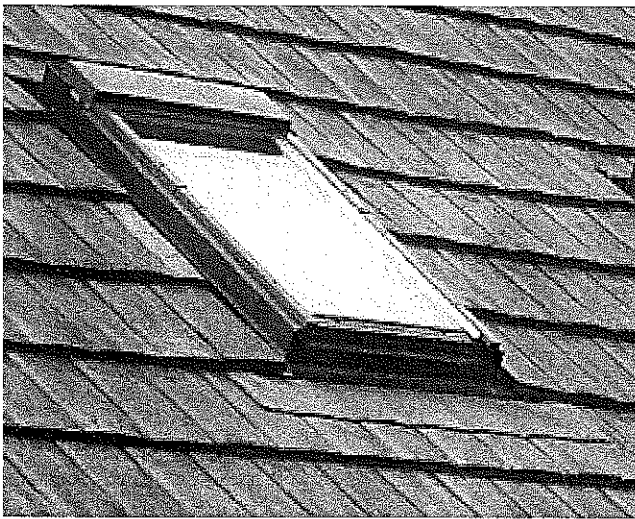
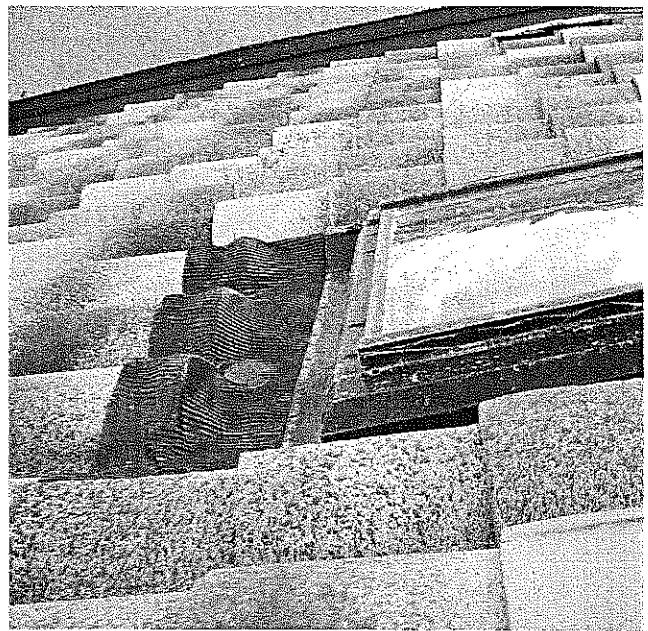


Figura 5.23. Ventanas en cubierta. Encuentros

colocar el vidrio de forma vertical. Dentro de esta tipología se engloban las cubiertas en dientes de sierra y los cuerpos elevados sobre el plano de cubierta. Para evitar deslumbramientos es conveniente orientarlos al Norte, ya que prácticamente la radiación solar no incide sobre ellos y proporciona una calidad de luz natural constante. Cuando se requiere una mayor captación luminosa se abren los huecos hacia cualquier orientación y, por lo tanto, será necesario disponer sistemas de protección solar como lamas, o diseñar una geometría interior que impida que el sol llegue directamente al ser reflejada la luz en otras superficies sobre las que incide.

El factor más importante en este caso es la altura del cuerpo elevado con respecto a la altura del espacio a iluminar (mejor un tercio de la altura del local que un sexto⁶), y su separación (cuanto más se aproximan, mayor es el nivel de iluminación). Este tipo de lucernario se utiliza en museos, por ejemplo, en el de Arte Moderno de Estocolmo, Rafael Moneo emplea esta iluminación en las salas de exposición permanente (figura 5.24), mientras que en las de uso temporal emplea lucernarios en dientes de sierra (figura 5.25).

5.3. COMPONENTES DE LOS ELEMENTOS DE ILUMINACIÓN CENITAL

Los principales componentes de los elementos de iluminación cenital son los vidrios o los plásticos para resolver la parte transparente, las carpinterías y/o subestructuras, y los productos para uniones y juntas.

5.3.1. Los vidrios

El vidrio es el material más utilizado en las superficies no opacas y el más tradicional. Se obtiene de

la fusión de sílice y óxidos que, al ser enfriados lentamente, no forman cristales sino que adquieren una estructura amorfa que le permite ser transparente a la radiación solar en un 90%. Las ventajas que presenta respecto a otros materiales son: su transparencia, su estabilidad frente a la agresión química, su dureza, su resistencia a la abrasión, su tersura y su capacidad mecánica.

Sin embargo, también presenta una serie de inconvenientes que han sido resueltos mediante la tecnología de fabricación de los vidrios actuales. Estos problemas son: su fragilidad, que puede disminuirse con la utilización de los vidrios templados; su alta conductividad térmica ($\lambda = 1,0 \text{ W/m} \cdot \text{K}$), que puede paliarse mediante vidrios con cámara y de baja emisividad; su bajo aislamiento acústico, que requiere el empleo de vidrios de gran espesor, y, por último, que produce distorsiones ópticas y reflejos.

Además hay que tener en cuenta en su comportamiento:

- La dilatación térmica. Pese a tener capacidad portante es necesario que no esté coaccionado y se permita su movimiento, ya que el coeficiente de dilatación lineal es de $9 \cdot 10^{-6}$, el doble que el de la madera ($4 \cdot 10^{-6}$), el ladrillo y la piedra ($5 \cdot 10^{-6}$), y menor que el de el acero ($12 \cdot 10^{-6}$), el aluminio ($23 \cdot 10^{-6}$) y el PVC ($70 \cdot 10^{-6}$). Para ello se debe colocar un material flexible y deformable, que absorba y reparta los esfuerzos en los puntos de contacto con las carpinterías, dada la diferencia de dilatación que pueden experimentar unos y otros. Hay que recordar que el alargamiento que puede sufrir cada componente es función de estos coeficientes, del incremento de temperatura y de la longitud de la pieza.
- La rotura por choque térmico, que manifiesta la fragilidad del vidrio para soportar cambios

⁶ Ignacio Paricio, *Las claraboyas*. Ed. Bisagra, 1998.

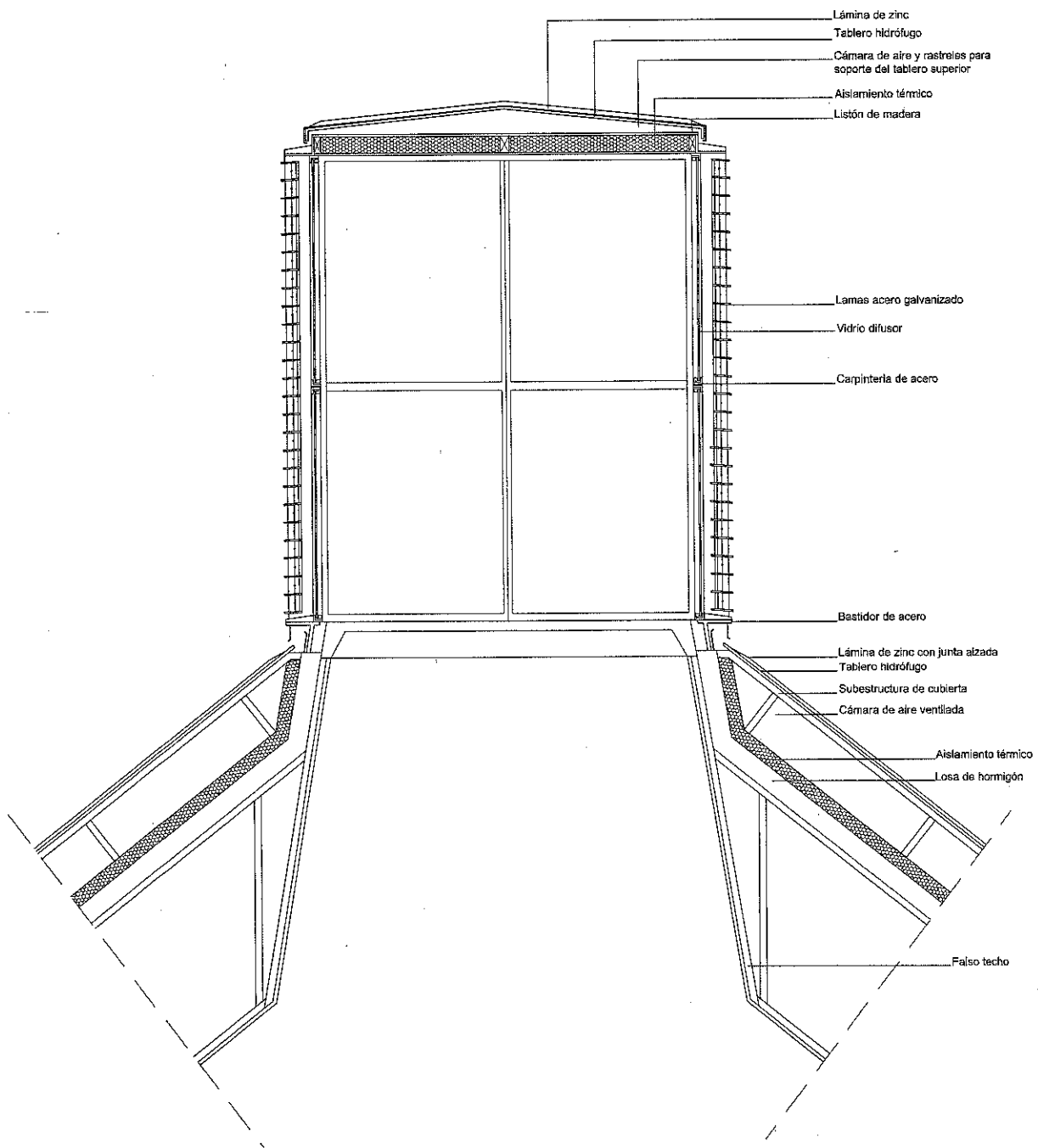


Figura 5.24. Esquema de lucernarios. Museo Arte Moderno de Estocolmo (Arq. Rafael Moneo)

bruscos de temperatura o tener zonas a distinta temperatura (pueden producirse variaciones de 25 °C) en su superficie sin romper. Este aspecto es determinante en los vidrios absorbentes, siendo remediable con procesos de templado.

La elección de un tipo de vidrio u otro se realiza en función de la protección térmica, la seguridad mecánica, la transmisión luminosa, el aislamiento acústico y la resistencia al fuego; siendo en general las dos primeras las determinantes para los lucernarios.

Protección térmica de los vidrios

El material transparente o semitransparente va a incidir de forma fundamental en la respuesta del

lucernario a las exigencias de control de los aportes y pérdidas térmicas.

Todo vidrio se caracteriza energéticamente por dos valores: el factor solar (g) y la transmitancia térmica (U). El primero mide el grado de protección del vidrio frente a la radiación solar total, ya que se define como la relación entre la energía total que entra en el local a través del vidrio y la energía solar incidente (figura 5.26).

Los factores solares de los vidrios más habituales son:

- Vidrio normal transparente. $g = 85\%$.
- Vidrio absorbente. $g = 60-57\%$. Se colorean mediante la aportación de óxidos metálicos, lo que aumenta el coeficiente de absorción y reduce la transmisión de energía solar. Esto produce un aumento considerable de la tempe-

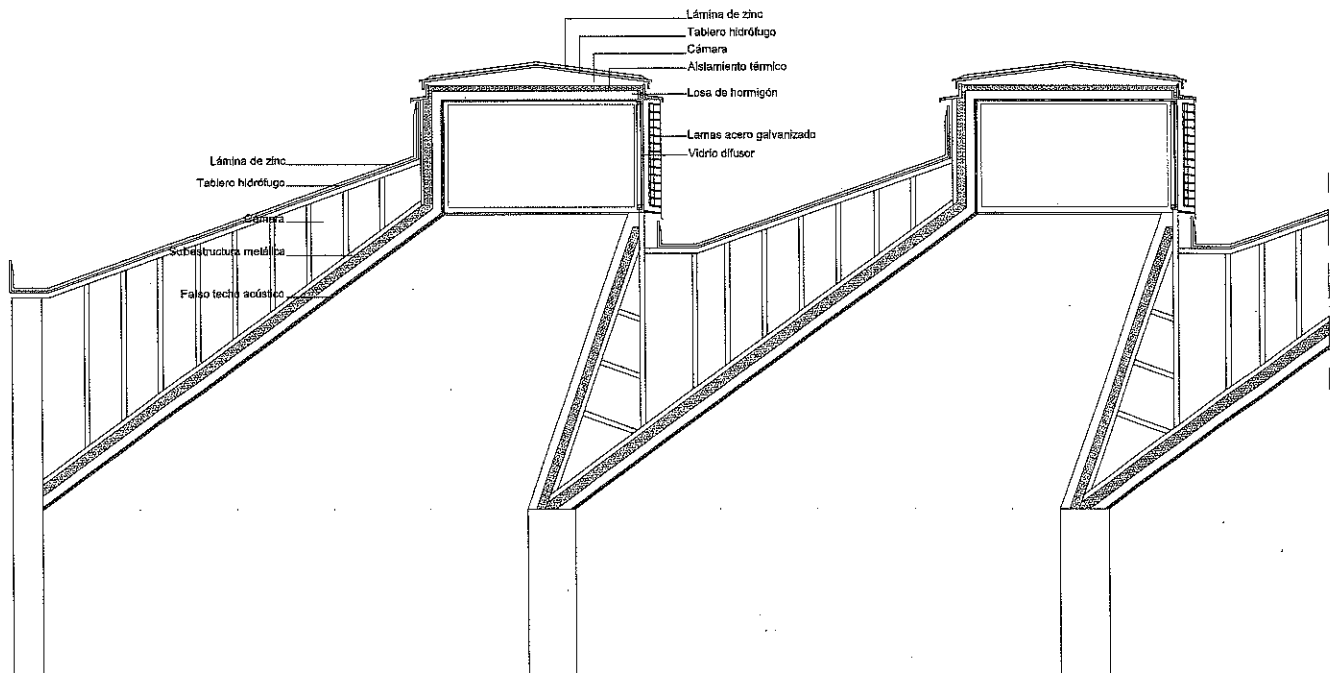
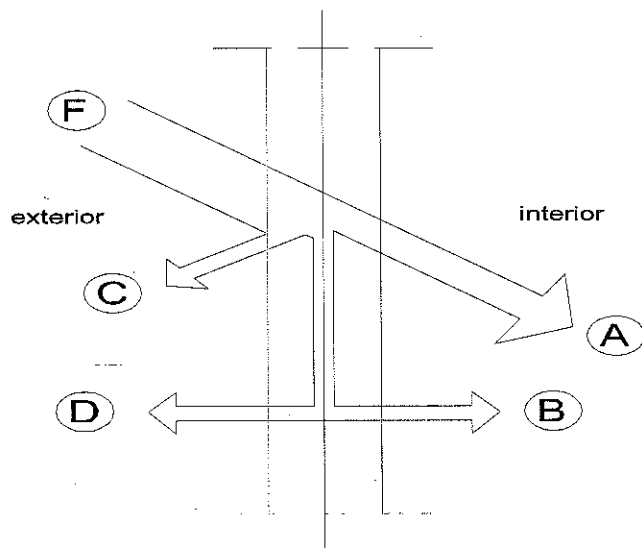


Figura 5.25. Esquema de lucernarios en dientes de sierra. Museo Arte Moderno de Estocolmo (Arq. Rafael Moneo)



Donde:

F: es el flujo total de energía incidente = $A + B + C + D = 100\%$.

A: porcentaje de energía transmitida directamente al interior.

B: porcentaje de energía absorbida y reenviada al interior.

C: porcentaje de energía reflejada.

D: porcentaje de energía reabsorbida y reenviada al exterior.

A + B: porcentaje final de energía transmitida al interior.

Figura 5.26. Condiciones de diseño para el control de la radiación solar a través del vidrio

ratura de los vidrios. Los colores disponibles son: rosa, bronce, verde y gris.

- Vidrio reflectante: $g = 49-42\%$. Se basan en aumentar la reflexión para mejorar el control solar. Disminuye la luminosidad interior. Se obtienen en caliente por pirólisis de silicio, que consiste en depositar sobre una de las caras del vidrio, cuya temperatura se ha elevado hasta los $600\text{ }^{\circ}\text{C}$, unas capas de óxidos metálicos (generalmente silicio) y luego inflamarlas, obteniendo unas capas incoloras o plateadas, que pueden ir colocadas al exterior; permiten que después el vidrio pueda ser cortado o manipulado.

- Vidrio de capas metálicas. $g = 42-17\%$. Se depositan en frío sobre la superficie una serie de capas metálicas (acero, titanio, zinc, plomo, plata...) que interfieren determinadas longitudes de onda del espectro total de radiación. Esto permite diseñar la capa óptima en cada caso y para cada uso.

La transmitancia térmica (U) es muy importante en climas fríos, en los que hay que considerar las pérdidas de calor a través del vidrio. En la tabla de la figura 5.2 de este capítulo se han recogido los valores de los diferentes tipos de vidrios:

- Los vidrios monolíticos o simples tienen un alto valor de transmitancia térmica ($7,1\text{ W/m}^2\text{K}$ para lucernarios y $5,9\text{ W/m}^2\text{K}$ en huecos verticales), por lo que el calor acumulado por absorción es fácilmente cedido a la zona fría (exterior), convirtiéndolo en un puente térmico de extrema importancia a la hora de evaluar la efectividad térmica de la edificación.
- Esta transmitancia térmica se puede reducir con la utilización de vidrios de doble acristalamiento compuestos por dos vidrios separados por una cámara de aire, inmóvil y seco, que limita los intercambios térmicos por convección, aprovechando la baja conductividad térmica del aire, obteniéndose valores de U de $3,7$ a $2,7\text{ W/m}^2\text{K}$. Sin embargo, con este tipo de vidrios, sólo se pueden mejorar estos valores con el aumento del número de cámaras de aire, ya que, por problemas de efectividad, el espesor de las mismas no debe superar los 15 mm .
- Para poder disminuir los valores de transmitancia térmica de los dobles acristalamientos, se emplean vidrios de baja emisividad, que tienen un elevado índice de reflexión a los infrarrojos de onda larga, siendo la emisividad en la cara tratada de hasta $0,1$ frente al $0,89$ de un vidrio normal. No alteran su

transparencia ni su transmisión luminosa. Un vidrio doble con baja emisividad puede alcanzar valores de transmitancia térmica de U de $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Asimismo, estos valores se pueden mejorar si además se sustituye el aire de la cámara del doble vidrio por un gas más pesado, por ejemplo argón o kriptón, que tienen una conductividad térmica más baja, pudiéndose alcanzar valores entre $1,5$ y $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Finalmente, por citar vidrios especiales, en países de climas muy fríos se están utilizando vidrios laminados calefactados, que incorporan unos hilos, prácticamente imperceptibles, permitiendo su calentamiento eléctricamente. Se puede regular la temperatura del vidrio interior, al nivel de la temperatura de la habitación (15 a $25 \text{ }^\circ\text{C}$) para mitigar la sensación de pared fría, o bien para constituir una fuente de calefacción eficaz limitando la temperatura de la superficie a $40 \text{ }^\circ\text{C}$. El empleo de estos vidrios para fachadas puede ser más adecuado que para lucernarios.

Seguridad mecánica de los vidrios

Dentro de las propiedades mecánicas del vidrio, la resistencia a compresión es muy elevada, mientras que la resistencia a flexión es menor. Un vidrio sometido a flexión tiene una de sus caras en compresión y la otra en tracción, por lo que la resistencia a flexión (tensión de trabajo admisible) es 10 MPa para un vidrio normal y 40 a 50 MPa para un vidrio templado (en función del espesor y manufactura).

El espesor del vidrio se calcula⁷ en función de sus dimensiones, de sus apoyos (a dos o cuatro lados), de las cargas que tiene que soportar (peso propio, nieve, agua, viento, etc.) y de la resistencia a flexión

del vidrio empleado. En el caso de los vidrios dobles con cámara para lucernarios, es conveniente aumentar el espesor del vidrio exterior a fin de reforzar su resistencia a flexión, ya que sometido a las cargas permanentes pueden presentar pequeñas deformaciones que ponen en contacto ambos vidrios.

Los tipos de vidrios según su seguridad mecánica pueden ser:

- Vidrio armado que lleva en su interior una retícula de malla metálica que mejora su comportamiento mecánico y lo arma (figura 5.9). En caso de rotura, los pedazos de vidrio quedan pegado a la malla interior.
- Vidrio laminado formado por dos o más hojas de vidrios simples unidas, mediante tratamiento térmico y presión, por una o varias láminas de butiral de polivinilo (PVB), que proporciona una resistencia adecuada, e impide en caso de



Figura 5.27. Colocación de vidrios de seguridad en lucernarios

⁷ Manual del vidrio. Saint Gobain Glass, en base a la fórmula de Timoshenko.

rotura la caída de fragmentos, ya que éstos quedan unidos a esta lámina plástica, permaneciendo el conjunto dentro del marco, garantizando la seguridad de las personas e impidiendo la entrada a su través. El producto acabado permite cualquier tipo de manufactura como cortes o taladros, y pueden formar parte de un vidrio con cámara. Se pueden realizar vidrios decorativos incluyendo dentro del laminado una película de poliéster serigrafiada. De forma similar se realizan los vidrios traslúcidos o coloreados. Según el número y espesor de los vidrios empleados pueden proporcionar seguridad física (caída de personas, impactos fortuitos, etc.), ser antiagresión y antirrobo (impactos intencionados de objetos contundentes), o ser antibala (impactos de munición de arma).

- Vidrio templado: es el vidrio de mayor resistencia mecánica. Se le somete a un tratamiento térmico recalentándolo a 600 °C y dejándolo enfriar rápidamente por las dos caras, que quedan fuertemente comprimidas. El vidrio adquiere una resistencia de 3 a 5 veces superior a los normales. Todas las manufacturas como taladros o muescas deben realizarse antes de temprar el vidrio, ya que en caso contrario, se produciría su rotura (en pequeños trozos redondeados no cortantes).

Es necesario que los elementos de iluminación cenital se resuelvan con vidrios de seguridad, para disminuir el riesgo de rotura, ya que supone un peligro para el uso del espacio subyacente.

Aislamiento acústico de los vidrios

El comportamiento acústico del vidrio depende de su masa y del sistema de fijación, rígido o flexible. Cuanto mayor sea el espesor mejor será el aislamiento acústico, por lo tanto, habrá que recurrir a vidrios laminados o vidrios con cámara y hojas lami-

nadas. Además, cuanto mayor sea la independencia entre vidrio y carpintería, menor vibración se producirá y transmitirá.

Los aislamientos acústicos de los vidrios más habituales son:

- Vidrio monolítico: 27-31,5 dBA.
- Vidrio doble (cámara de 12 mm): 31-33 dBA.
- Vidrio laminado: 32,5-35 dBA.
- Vidrio doble con laminado: 33-36 dBA.

Hasta hace poco, la mejora de las prestaciones acústicas de los vidrios se obtenía principalmente aumentando el espesor en todo tipo de vidrio y además, en los dobles acristalamientos, se jugaba con la asimetría de los vidrios para que no coincidieran sus frecuencias críticas y disminuyera doblemente el aislamiento. Hoy día se pueden mejorar los valores descritos recurriendo a vidrios laminados con un butiral especial acústico (por ejemplo, STADIP silence) que aumenta en 3 dBA el aislamiento, ya que consigue eliminar la frecuencia crítica y consigue una homogeneidad de prestaciones para todas las frecuencias.

Transmisión luminosa de los vidrios

Otra de las misiones que debe cumplir un vidrio es la transmisión luminosa. El conocimiento del factor de transmisión luminosa de un vidrio nos permite fijar un valor aproximado del nivel de luminosidad disponible en el interior de un local cuando se conoce el nivel de iluminación exterior. Cuanto mayor es la transmisión luminosa del vidrio, mayor cantidad de luz entra en los locales.

Hay que tener en cuenta que un vidrio simple permite una transmisión luminosa del 90% y que a medida que transformamos los vidrios para convertirlos en absorbentes, reflectantes, de capas metálicas, etc., estamos disminuyendo la transmisión luminosa. Por lo tanto, hay que buscar el equilibrio entre la transmisión luminosa y el control energético.

Los valores aproximados del factor de transmisión luminosa de los vidrios más habituales son:

- Vidrio simple, 0,90-0,88.
- Vidrio absorbente. 0,81-0,27.
- Vidrio reflectante 0,32-0,14.
- Vidrio doble simple: 0,82-0,79.
- Vidrio doble con baja emisividad: 0,78.
- Vidrio doble de capas metálicas: 0,40-0,04.
- Vidrio doble con control solar y baja emisividad: 0,62-0,20.
- Vidrio laminado: 0,89-0,85.

Como vidrios especiales para mejorar la iluminación interior podemos citar los vidrios de doble acristalamiento, que incorporan en el interior de la cámara láminas destinadas a captar y reorientar la luz, siendo más eficaces en fachadas que en cubiertas.

Comportamiento frente al fuego

Desde el punto de vista de la reacción al fuego, el vidrio es un material incombustible. En cuanto al grado de resistencia al fuego que proporcionan, se clasifican en tres niveles con diferentes tiempos de exposición (de 30 a 180 minutos), de acuerdo con los resultados obtenidos en ensayos normalizados que determinan el cumplimiento de las siguientes exigencias: Capacidad portante (R), Integridad (E), Aislamiento (I). Los vidrios se clasifican según su respuesta a estos criterios durante determinados periodos de tiempo mínimos, y se les denomina con una o varias de las letras en función de las exigencias que cumplen: RE, EI, REI.

Existen diferentes tratamientos y composiciones para conseguir estos tipos de vidrios:

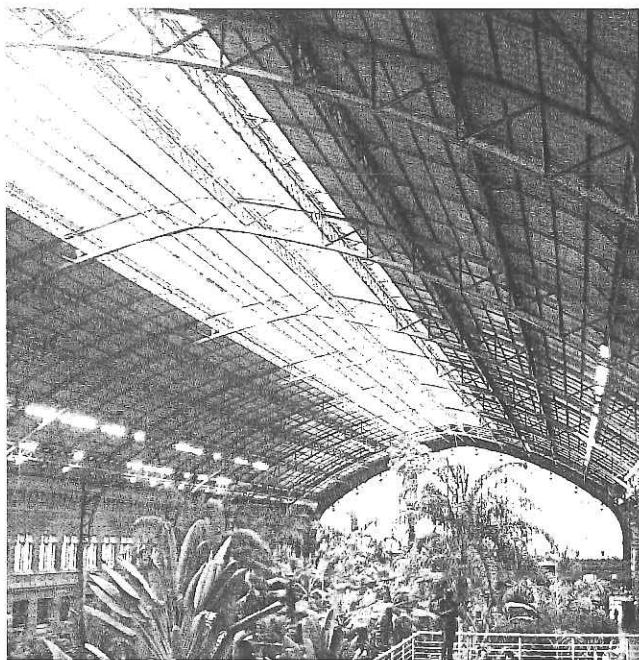
- Vidrios templados.
- Vidrios borosilicatados (contienen óxido de boro y alto contenido en aluminio, tienen un coeficiente muy bajo de expansión térmica).

- Vidrios laminados con intercalarios intumescen-tes. Este intercalario de espesor mínimo que en un principio es transparente, ante un incendio se expande y opacifica, convirtiéndose en una "espuma" aislante.
- Vidrios dobles con cámara rellena de un gel especial. En caso de incendio, el gel absorbe la radiación térmica, deteniendo la energía del incendio. Dependiendo del grosor de este gel, los tiempos de resistencia al fuego son diferentes.

Elección del tipo de vidrio

En consecuencia, la elección de un tipo u otro de vidrio vendrá condicionada por las exigencias que tenga que cumplir, en función de la zona climática, orientación del lucernario, sistema de protección solar, uso del edificio, existencia o no de sistemas de acondicionamiento interior, entorno del edificio. Especialmente se tendrá en cuenta:

- La orientación del hueco (sur, este, oeste) y la existencia de sistemas de acondicionamiento interior en verano, que exigirá optar por el aprovechamiento energético en invierno y la protección en verano. Si la elección se basa fundamentalmente en el verano, podrán utilizarse vidrios de bajo factor solar. Desde el punto de vista del ahorro energético es más interesante vidrios de factor solar normal para que se pueda captar energía solar en invierno y empleo de sistemas de protección solar móviles para protegerlos en verano.
- La temperatura exterior en invierno, que determinará la elección de vidrios con menor transmitancia térmica. El balance energético vendrá determinado por las pérdidas térmicas menos las aportaciones solares recuperables.
- La seguridad frente a la rotura de los vidrios, que decantará la elección hacia vidrios armados, templados y laminados.



- Las necesidades de aislamiento acústico, que conllevarán el empleo de vidrios de mayor masa o con láminas interiores especiales de butiral que aumenten el aislamiento acústico.
- El uso interior del edificio, sobre todo el de los espacios subyacentes, que condicionará la transmisión luminosa de los vidrios empleados en función de la utilización óptima de iluminación artificial.

5.3.2. Los plásticos

El plástico es un material relativamente nuevo (los primeros intentos se producen desde 1900 hasta 1920, culminando su desarrollo hacia 1950). La mejora de los productos sintéticos es continua debido a la investigación y a la aplicación de nuevas técnicas de fabricación y manipulación.

Un material plástico está compuesto principalmente por un polímero sintético, aditivos para mejorar sus propiedades (estabilizantes, colorantes, ignífugos, plastificantes, etc.) y cargas. Los polímeros sintéticos presentan una estructura macromolecular formada por una concatenación de monómeros (compuestos de átomos de carbono) que reaccionan entre sí dando lugar al polímero.

El tipo de cadena molecular da lugar a dos tipos de polímeros sintéticos: los termoplásticos (cadenas de monómeros lineales) y los termoestables (cadenas espaciales). Los segundos tienen mayor dureza superficial y son más estables ante aumentos de temperatura. A su vez, cuando se utilizan distintos monómeros en la composición (copolímero), las propiedades mecánicas son mejores que las de los homopolímeros (un único tipo de monómero) porque tienen mayor irregularidad molecular, lo que produce mayor enlazabilidad física entre las cadenas. A mayor peso molecular, mayor longitud de las cadenas moleculares, y mayor resistencia.

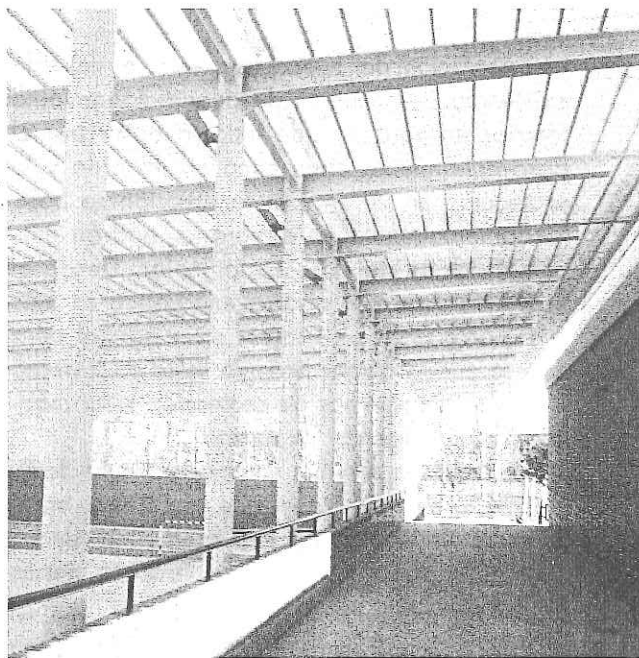


Figura 5.28. El plástico en los lucernarios

Otro factor que hay que considerar es la influencia de la temperatura debido al comportamiento viscoelástico. Para cada plástico hay que conocer la temperatura de transición vítrea, que es aquella en la cual pasa de ser un sólido rígido con rotura frágil a un sólido viscoelástico. Al aumentar la temperatura, aumenta la fluencia, el efecto de los impactos, el alargamiento y la deformación; y disminuye la dureza, la resistencia, la rigidez, la resistencia eléctrica y la química.

Como alternativa a los vidrios para lucernarios, los plásticos puede presentar las siguientes ventajas:

- Menor fragilidad que el vidrio.
- Mayor deformabilidad, pudiendo obtenerse una gran variedad de formas monoaxiales o biaxiales (figura 5.29).
- Buenas condiciones de estabilidad química.
- Buena resistencia mecánica para las luces más habituales.
- Mitad de peso que el vidrio, lo que se traduce en carpinterías soporte más sencillas.

Algunos inconvenientes son: su apariencia blanda y menos tersa que el vidrio; peor comportamiento frente al fuego, ya que son combustibles; posible amarilleo y/o rayado con el tiempo, que puede prevenirse con tratamientos superficiales; modificación de sus propiedades ante la exposición al sol o ante temperaturas altas.

Los tipos de plásticos que se utilizan en la construcción de elementos de iluminación cenital son el polimetacrilato de metilo PMMA (metacrilato), el policarbonato (plancha compacta, plancha celular, placa ondulada o nervada); además en cubiertas inclinadas, las placas onduladas o nervadas de otros materiales sintéticos como el poliéster reforzado con fibra de vidrio o el PVC.

Otro material para cubiertas tensadas o neumáticas es la lámina ETFE (etileno-tetrafluoretileno), que se puede emplear en varias capas con diferentes impresiones, colores, transparencia, etc., y que da lugar a cubiertas muy singulares.

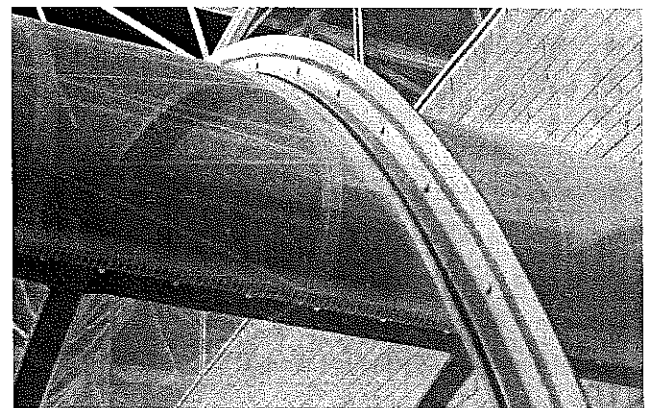
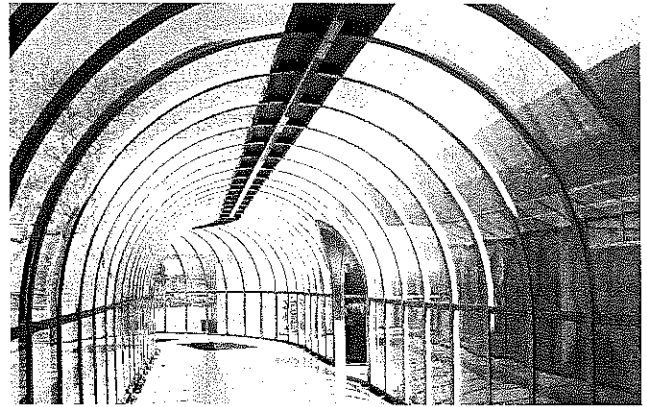


Figura 5.29. Cubierta de metacrilato



Figura 5.30. Claraboyas de metacrilato

Metacrilato

El polimetacrilato de metilo es un termoplástico acrílico, cuyas principales ventajas son la transmisión óptica, la resistencia al impacto, y la resistencia a la intemperie (mantiene con el tiempo su transparencia). Por otra parte, hay que sopesar su poca resistencia a la abrasión (se raya con facilidad) y su baja temperatura de transición vítrea. En la tabla de la figura 5.31 se presentan algunas de sus características:

Policarbonato

El policarbonato es un material termoplástico. Entre sus ventajas están: su alta resistencia, especialmente al impacto, buena estabilidad dimensional, transparencia, buen aislamiento térmico. Sin embargo, tiene poca resistencia química y a la radiación ultravioleta, por lo que se le incorpora un protector que aumenta la durabilidad a estos rayos.

Puede emplearse en: plancha compacta, para claraboyas, lucernarios, cuerpos elevados y dientes

POLIMETACRILATO DE METILO (PMMA) (*)			
PROPIEDADES			
Peso específico	1,18 gr/cm²		
Resistencia a la tracción	800 Kg/cm²	80 Mpa	
Resistencia a la flexión	1.150 Kg/cm²	115 Mpa	
Resistencia a la compresión	1.100 Kg/cm²	110 Mpa	
Resistencia al impacto	2 kg · cm/cm²		
Coeficiente de conductividad térmica	0,19 W/m °C		
Coeficiente de dilatación lineal	7 x 10 ⁻⁵ °C ⁻¹		
Estabilidad térmica	-40 °C + 70 °C		
Calor específico	0,35 Kcal/Kg °C		
Índice de refracción	1,49		
CLARABOYAS			
	Monovalvas	Bivalvas	Trivalvas
Transmisión luminosa	90% transparente 75% traslúcida	85% transparente 70% traslúcida	
Aislamiento acústico	12 dBA	20 dBA	22 dBA
Espesor mínimo	3 mm		
Resistencia mecánica	125 Kg/cm² (12,5 Mpa)		
(*) Datos extraídos de Glascolux. Uralita. Iluminación natural.			

Figura 5.31. Características del metacrilato

de sierra; plancha celular, para lucernarios, cuerpos elevados y dientes de sierra, que respecto a las anteriores mejora el aislamiento térmico y acústico; placa ondulada o nervada en cubiertas transparentes y translúcidas. En la tabla de la figura 5.34 se recogen las principales características del policarbonato.

Placas de poliéster reforzado con fibra de vidrio

Las placas de poliéster se producen en continuo con perfil ondulado o nervado, están compuestas por una armadura de fibra de vidrio impregnada de resina de poliéster y protegida con un recubrimiento (gelcoat) en ambas caras para evitar el afloramiento de las fibras y la pérdida de paso luz que ello comporta, así como el envejecimiento prematuro. La fibra de vidrio es el elemento resistente que proporciona resistencia a tracción, al calor y a los ataques químicos, mientras que la resina de poliéster actúa como elemento aglutinante dando rigidez, transparencia, estabilidad química y resistencia a la intemperie. En su composición se añaden también estabilizantes frente a los rayos ultravioletas para evitar daños y cambios de coloración de las placas. La elevada resistencia del poliéster a los agentes químicos le proporciona un excelente comportamiento en los ambientes químicamente agresivos y frente a la corrosión.

Los distintos colores que pueden tener permiten adaptar la transparencia y la difusión de la luz a las necesidades del local que hay que iluminar.

Las características de estas placas se recogen en la tabla de la figura 5.35. Es de destacar que son placas poco quebradizas, menos frágiles a baja temperatura y no se reblandecen con el calor.

5.3.3. Carpinterías

Tenemos que distinguir entre las subestructuras para vidrios y para plásticos, ya que éstos al tener menor peso requieren sistemas más sencillos.

Carpinterías para vidrios

Las carpinterías o subestructuras soporte de los vidrios se diseñan para resistir los esfuerzos que le pueden ser transmitidos, fundamentalmente el peso propio y la nieve. Dependiendo del proyecto, a veces también hay que tener en cuenta la lluvia, la presión y succión del viento, así como posibles cargas de uso y mantenimiento.

Se pueden utilizar cualquiera de las carpinterías habituales para fachadas: perfiles de aluminio, acero,

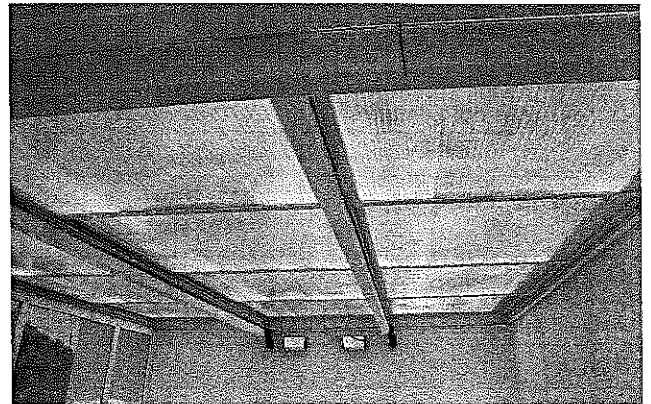


Figura 5.32. Cubierta de policarbonato celular



Figura 5.33. Diferentes tipos de planchas de policarbonato celular

POLICARBONATO (*)				
PLANCHA COMPACTA				
Densidad	1,2 gr/cm³			
Resistencia a la tracción	600 kg/cm²		60 Mpa	
Resistencia a la flexión	900 kg/cm²		90 Mpa	
Resistencia a la compresión	800 kg/cm²		80 Mpa	
Resistencia al impacto	30 kg · cm/cm²			
Coeficiente de conductividad térmica	0,21 W/m °C			
Coeficiente de dilatación	0,065 mm/m °C			
Estabilidad térmica	-30 °C + 120 °C			
PLANCHA CELULAR				
Espesor	8 mm	10 mm	16 mm	25 mm
Dimensiones aproximadas	2,10 m x 6 m	2,10 m x 7 m	2,10 m x 7 m	1,25 m x 6 m
Peso	1,5 kg/m²	1,7 kg/m²	2,7 kg/m²	3,5 kg/m²
Transmisión luminosa	81% transp. 50% traslúc.	80% transp. 50% traslúc.	76% transp. 35% traslúc.	70% transp. 30% traslúc.
Transmisión térmica	3,4 W/m²K	3,2 W/m²K	2,6 W/m²K	2,0 W/m²K
Aislamiento acústico	12 dBA	14 dBA	18 dBA	22 dBA
PLACA	ONDULADA		TRAPEZOIDAL	
Espesor	0,8-1 mm		0,8-1 mm	
Dimensiones aproximadas	1,10 m x 6 m		1,0 m x 12 m	
Peso	1,5-1,1 Kg/m²		1,5-1,1 Kg/m²	
Transmisión térmica	5,3 W/m²K		5,3-5,4 W/m²K	
Aislamiento acústico	15-14 dBA		14 dBA	
(*) Datos extraídos de Glascolux. Uralita. Iluminación natural.				

Figura 5.34. Características del policarbonato

PLACAS DE POLIÉSTER REFORZADAS CON FIBRA DE VIDRIO (*)		
Densidad	1,5-1,8 gr/cm ³	
Resistencia a la tracción	65-80 N/mm ²	65-80 Mpa
Resistencia a la flexión	15-30 N/mm ²	15-30 Mpa
Resistencia al impacto	35-55 Kj/m ²	
Conductividad térmica	0,23 W/m °C	
Coeficiente de dilatación	3,5 x 10 ⁻⁵ °C ⁻¹	
Temperatura de reblandecimiento	190-200 °C	
Espesor	0,8-1,70 mm	
Dimensiones aproximadas	1,10 m x 6 m	
Peso	1,26-2,88 Kg/m ²	
Transmisión luminosa	85% natural y cristal 60-40% colores 30% blanco opal	
(*) Datos extraídos de Glascolux. Uralita. Iluminación natural.		

Figura 5.35. Características de las placas de poliéster reforzadas con fibra de vidrio

madera o combinación de las anteriores; aunque las más empleadas son las de aluminio con rotura de puente térmico o las de acero inoxidable. Sin embargo, el diseño del perfil se adapta a las necesidades de este tipo de hueco, cuya principal diferencia respecto a la carpintería de una ventana vertical o un muro cortina estriba en la evacuación rápida del agua y en la eliminación de las condensaciones. Por este último motivo aparecen unos canales a los lados del perfil (figura 5.36) que recogen el agua y la evacúan hacia el exterior. El agua se conduce desde los canales del travesaño hasta los del montante y desde éstos hacia los de los montantes inferiores hasta llegar al canalón o al exterior. Además, el galce debe ser drenado, dejando una pequeña ranura, para evitar cualquier retención de agua.

En el apartado 5.1 de este capítulo se han visto algunas características de los perfiles para lucernarios. Los valores de transmitancia térmica se han reco-

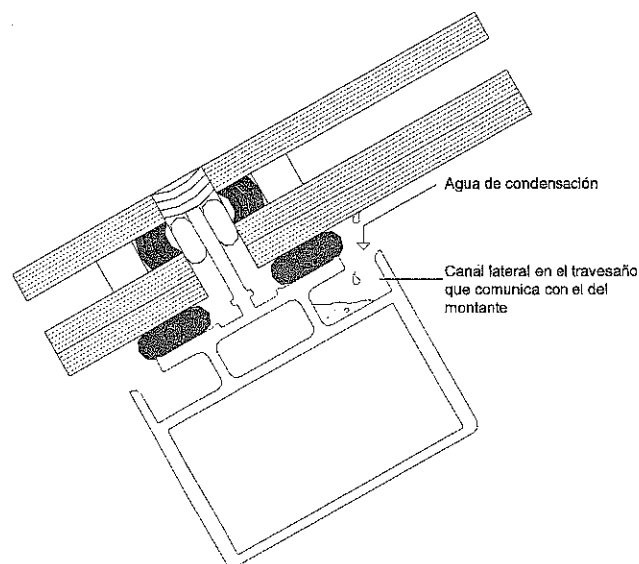


Figura 5.36. Sección perfil de lucernario

gido en la tabla de la figura 5.3. Asimismo, las carpinterías de los elementos de iluminación cenital serán según la permeabilidad al aire, de clase 1, 2, 3 y 4 para las zonas climáticas A y B, y para las zonas C, D y E de clase 2, 3 y 4.

Por otra parte, para el cálculo del factor solar modificado se tiene en cuenta la absorptividad de los perfiles de carpintería del lucernario, que es función del color de los mismos, tal y como se refleja en la tabla de la figura 5.37. Los colores oscuros tienen mayor absorptividad que los claros.

Subestructuras para plásticos

La sustentación de las claraboyas puede realizarse sobre zócalo de fábrica (figura 5.38) o sobre zócalo prefabricado (figura 5.39), apoyados sobre la estructura resistente o el soporte de cobertura (hormigón de pendiente). La cúpula se atornilla al zócalo y vuela sobre éste; para evitar la entrada de agua a través de la fijación se incorpora una arandela de neopreno para cerrar la junta o un capuchón de material sintético.

Tanto las *planchas de policarbonato compacto* como las *celulares* precisan de una estructura de apoyo longitudinal y/o transversal que puede ser de cualquier material (aluminio, acero, madera...) o geometría. Se calcula para las cargas que tienen que soportar: peso propio, nieve, viento, mantenimiento.

Para las *placas de poliéster reforzado* se utilizan soportes discontinuos: correas perpendiculares a la dirección de la nervadura de la placa. La separación máxima entre correas se determina para cada perfil de placa (ondulado, nervado...), en función de la carga a soportar, de la máxima deformación admisible y de las dimensiones de las placas. La distancia máxima entre correas suele ser de 1,50 m y son normales apoyos alrededor de 1 m. Las placas no deben tener vuelos superiores a 20 cm, en caso contrario hay que reforzar la fijación sobre las correas. La colocación de las placas se realiza de abajo a arriba y en el sentido opuesto a los vientos dominantes. Los solapos en el sentido longitudinal de la placa varían de 10 cm (para pendientes mayores o iguales que 30%) a 25 cm (pendientes menores del 30%).

ABSORPTIVIDAD DEL PERFIL DE CARPINTERÍA			
COLOR	CLARO	MEDIO	OSCURO
Blanco	0,20	0,30	–
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	–
Negro	–	0,96	–

Figura 5.37. Absorptividad de los perfiles de carpintería

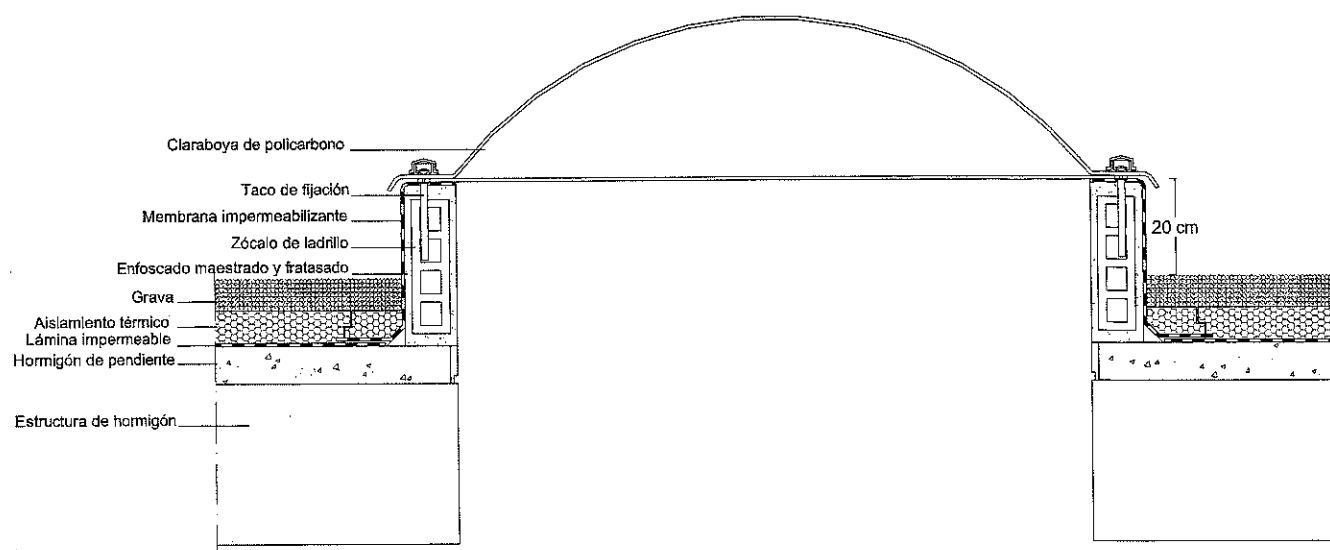


Figura 5.38. Claraboya sobre zócalo de fábrica

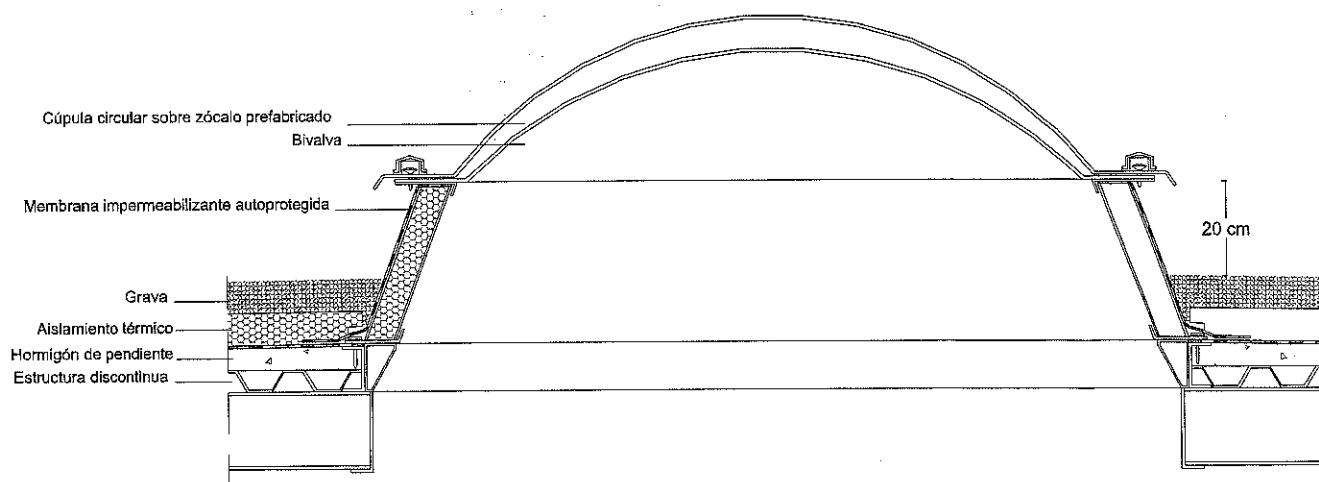


Figura 5.39. Claraboya sobre zócalo prefabricado

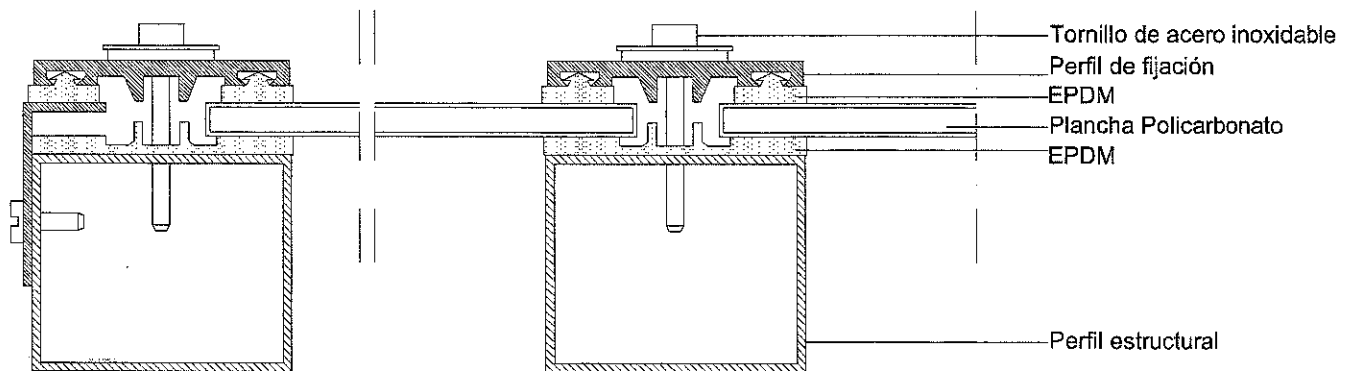


Figura 5.40. Subestructuras para sustentación de plásticos en lucernarios

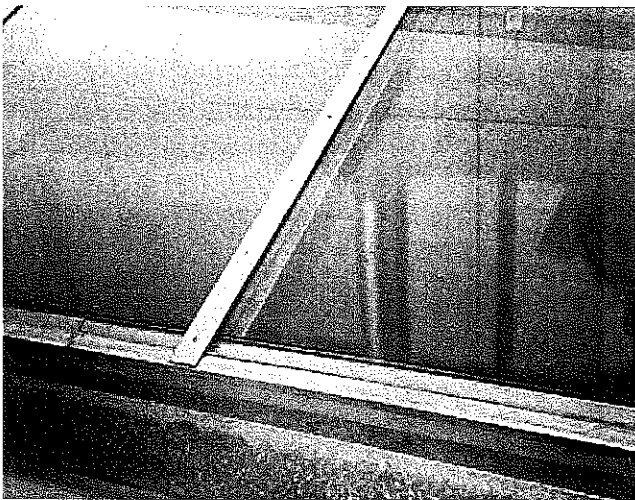


Figura 5.41. Junta longitudinal

Uniones y juntas para vidrios

En el caso de las juntas, hay que resolver la junta entre vidrios y la junta entre vidrio y carpintería. Podemos distinguir entre dos tipos de juntas que se forman entre las piezas del vidrio:

- Junta longitudinal, paralela a la pendiente, que ofrece menos problemas, ya que el agua discurre rápidamente en este sentido, pero que también requiere un diseño especial de tapajuntas y sellados (figuras 5.41 y 5.42). La estanquidad al agua y al aire del encuentro entre vidrio y carpintería, así como la dilatación del vidrio, se consigue a través de juntas flexibles de EPDM que cierran la junta entre el vidrio y el perfil de fijación y la del vidrio con los perfiles de subestructura.
- Junta transversal, perpendicular a la pendiente, en la que hay que estudiar el perfil de fijación y los tapajuntas para evitar la acumulación de agua en los mismos, así como la eficacia de los sellados. El empleo de la silicona estructural y la de sellado permite que no haya perfil resaltado por encima del plano del vidrio y que el agua pueda discurrir sin impedimentos (figura 5.43).

5.3.4. Uniones y juntas

Denominamos unión a la forma de acoplarse dos componentes, y junta al espacio comprendido entre los mismos. En los elementos de iluminación cenital, los sistemas de unión y la resolución de las juntas pueden ser críticos para garantizar las exigencias comentadas, especialmente la estanqueidad del conjunto.

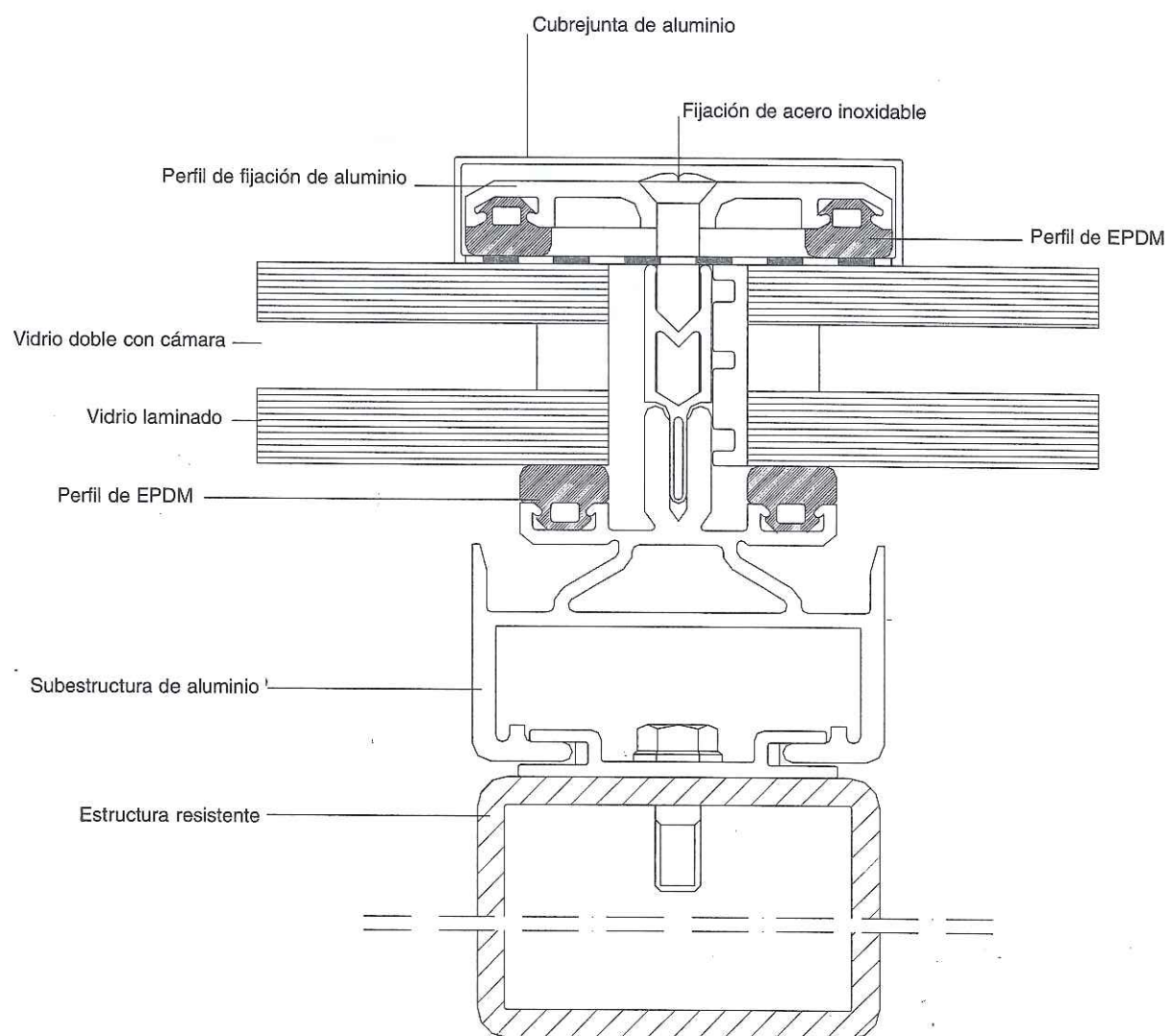


Figura 5.42. Detalle de junta longitudinal. Unión mecánica

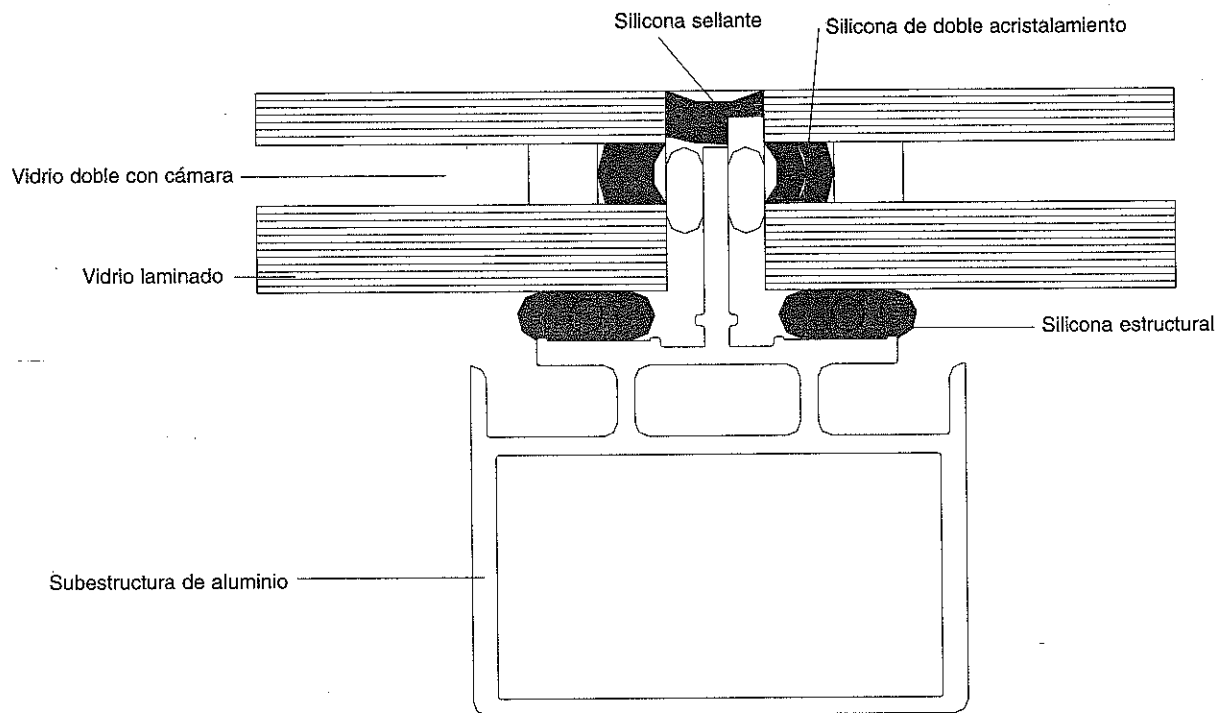


Figura 5.43. Detalle de junta transversal. Unión adhesiva

Cuando la junta se realiza sin perfil resaltado, los productos más utilizados para garantizar la estanqueidad de la junta, son las siliconas sellantes, que tienen que cumplir determinadas características como adherencia entre superficies, alta durabilidad (especialmente a la radiación ultravioleta), elasticidad para adaptarse a movimientos diferenciales. Asimismo podemos sustentar el vidrio en dos bordes (perfiles longitudinales) y que la junta transversal no lleve perfil, quedando los vidrios sellados con silicona.

En el caso de los vidrios dobles con cámara, la separación entre ambos está definida por un perfil separador en cuyo interior se aloja un producto desecante. La estanqueidad de la cámara se garantiza por un doble sellado perimetral a base de

sellantes orgánicos; el primer sellado se realiza con butilo sobre el perfil separador, con anterioridad al montaje de los vidrios; el segundo se lleva a cabo con polisulfuro o poliuretano una vez ensamblados los vidrios sobre el perfil separador. En los lucernarios hay veces que el perímetro puede quedar expuesto a la radiación solar si la carpintería no es resaltada sobre el vidrio, por lo que el segundo sellado debe realizarse con silicona estructural.

Para sustentar los vidrios se pueden utilizar los siguientes sistemas de unión:

- Uniones mecánicas: con fijación resaltada, o con fijación enrasada.
- Uniones adhesivas: con siliconas estructurales.

En el primer caso, los vidrios quedan unidos a la subestructura con *uniones mecánicas*, mediante *perfiles de fijación resaltados* y tornillos. A su vez, estos perfiles suelen ir cubiertos con tapajuntas que ocultan la fijación para protegerla contra la corrosión y evitar la entrada de agua a través del orificio.

Debido a que los perfiles de fijación y los tapajuntas interrumpen la continuidad del vidrio e impiden el desagüe rápido del agua en la junta transversal, el siguiente paso es la sustentación de los vidrios por sí mismos para conseguir una cubierta lo más diáfana posible, que elimine la servidumbre de la carpintería frente al material transparente. Los problemas que hay que solucionar son la falta de resistencia del vidrio y la fragilidad ante coacciones de sus movimientos y su dilatación. La solución a estos problemas se realiza con la utilización de vidrios templados (que aumenta la resistencia del mismo y disminuye el peso respecto a los vidrios laminados y dobles), y la evolución de los sistemas de anclaje hacia sistemas como el Planar (VEA, Vidrio exterior anclado), en el que el *vidrio queda enrasado con el sistema de fijación*, y las juntas entre vidrios se resuelven con silicona sellante con propiedades estructurales (figura 5.44).

Los componentes del sistema "Planar" son los siguientes:

- Vidrios templados, por razones de seguridad formando parte de acristalamientos laminados y/o dobles.
- Grampones y manetas que unen los vidrios a la subestructura. El grampón es la pieza que recoge los vidrios, que suele ser de acero inoxidable y que puede tener uno, dos, tres o cuatro brazos, según el número de vidrios a unir. La maneta es la pieza que une el grampón a la subestructura. El vidrio queda fijado mediante los anclajes introducidos en su sección.
- La estructura puede ser metálica, de cables tensados o espacial. Normalmente suelen ir separadas del vidrio (unos 15 cm) para dar la máxima sensación de transparencia.

- También en este caso, las juntas entre los vidrios se resuelven con siliconas de sellado que garantizan la estanqueidad al agua y al aire. Estas siliconas tienen además algunas características estructurales para aumentar la rigidez estructural y colaborar en la absorción de cargas. La junta entre el vidrio y la fijación de acero se resuelve con un material deformable que hace más blando el contacto e introduce ciertas tolerancias de montaje. Se suelen emplear aros de nylon cuya superficie cilín-

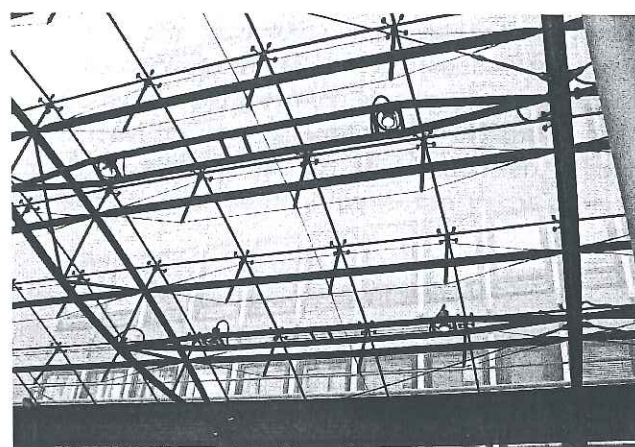
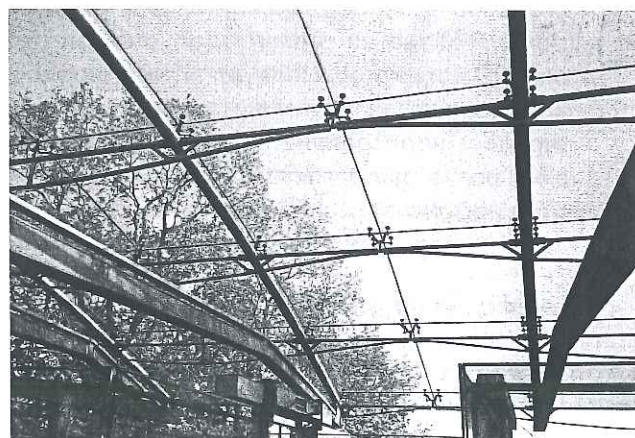


Figura 5.44. Sistema planar para cubierta de vidrio

drica exterior se aloja exactamente en la perforación del vidrio.

Los sistemas de fijación y sustentación deben aguantar el peso propio, los esfuerzos debidos a la nieve, al viento, a las necesidades de mantenimiento; y los movimientos diferenciales, permitiendo la libre dilatación del vidrio y evitando tensiones en éste.

Por ello, las fijaciones de los vidrios pueden ser:

- Fijas o rígidas, para vidrios de pequeña dimensión y pequeñas cargas y sobrecargas.
- Con rótula. Elementos de acero inoxidable, que presentan grandes ventajas frente a los anteriores, ya que en primer lugar, atenúan las deformaciones producidas por el peso propio y las cargas de viento, nieve y mantenimiento; en segundo lugar, permite ajustes en la colocación, por lo que aumenta la rapidez de ejecución; por último, posibilitan graduar los vidrios hasta conseguir efectos de curvatura.

El sistema Planar está limitado por la concentración de los esfuerzos alrededor de la cabeza del tornillo debido a la flexión del plano del vidrio o a la flexión de la estructura utilizada.

En el sistema de *uniones adhesivas* (figura 5.43), los vidrios quedan unidos a la subestructura mediante adhesivos, gracias a las siliconas de altas prestaciones desarrolladas específicamente para esta técnica, ya que la silicona además de realizar su habitual función de sellado y de estanqueidad, cumple la función estructural.

La silicona estructural inorgánica es capaz de asegurar la:

- Inalterabilidad frente a los agentes de envejecimiento atmosféricos, lluvia, diferencias extremas de temperatura, nieve, viento, etc.
- Inalterabilidad a los rayos ultravioletas.

Los tipos de siliconas que aparecen en una cubierta de Vidrio estructural encolado (VEE) son:

- Siliconas estructurales, cuya misión es la unión entre la subestructura o carpintería y el vidrio.
- Silicona de doble acristalamiento, que permite la unión de dos vidrios para conseguir vidrios aislantes con cámara.
- Siliconas sellantes para rellenar la junta entre vidrios. Son las encargadas de la estanqueidad de la cubierta frente a los agentes atmosféricos.

Todas las siliconas empleadas tienen que ser compatibles entre sí.

Las propiedades de las *siliconas estructurales* son:

- Excelentes propiedades mecánicas, ya que tienen que soportar las cargas de viento, nieve y el peso de los vidrios. Elevada tensión de rotura, ya que tienen que garantizar el comportamiento frente a sollicitaciones mecánicas extremas.
- Alto módulo de elasticidad que hace que para producir una deformación en la silicona, haya que ejercer una fuerza muy alta.
- Estabilidad dimensional.
- Excelente adhesión con los materiales en que está en contacto: vidrio, metal.
- Compatibilidad. La durabilidad de una junta estructural depende de la falta de ataque por parte de la silicona a la superficie de adhesión.
- Larga conservación de sus propiedades.
- Facilidad de aplicación.

En las *siliconas de doble acristalamiento* hay dos tipos de sellados:

- Primera barrera de butilo, encargada de detener la posible penetración de vapor de agua al interior del doble acristalamiento.
- Segunda barrera de silicona, cuya misión es mantener las dos láminas de vidrio unidas entre sí. Presenta:
 - Alta adhesión.
 - Máxima resistencia a los rayos ultravioletas.

- Extraordinarias propiedades mecánicas. Los esfuerzos mecánicos a los que se ve sometido el doble acristalamiento durante su manufactura, transporte e instalación, deben ser soportados sin problemas.
- Gran resistencia a la humedad y al hinchamiento porque si no, despegarían los dos vidrios perdiendo su capacidad aislante.

Las siliconas de sellado presentan:

- Excelente adhesión sobre todo tipo de superficies de construcción, sin ataque sobre estas superficies.
- Larga conservación de sus propiedades
- Gran capacidad de deformaciones permanentes.
- Gran resistencia a la radiación ultravioleta del sol. Se están empleando cada vez más siliconas pigmentadas, en especial siliconas negras.

Las cualidades que determinan si una silicona sirve para Vidrio estructural encolado (VEE) son su adhesión, es decir, su fuerza de pegado, y su poder de cohesión. Para una silicona estructural su adhesión debe ser más fuerte que su cohesión, la silicona se debería romper antes que soltarse del sustrato.

Uniones y juntas para plásticos

La unión de las *planchas de policarbonato celular* a la subestructura se realiza mediante un perfil resaltado cuya fijación no perfora la plancha para evitar la formación de condensaciones y la entrada de polvo; esta fijación puede quedar vista (figura 5.46) u oculta con un tapajuntas o con el propio perfil (figuras 5.47 y 5.48). La junta entre el perfil y la plancha queda cerrada con EPDM o con un producto elástico que permite la dilatación. Las planchas deben colocarse con los nervios en el sentido de la máxima pendiente, para evitar la acumulación de polvo en los alveolos, por este motivo conviene tapar las celdillas

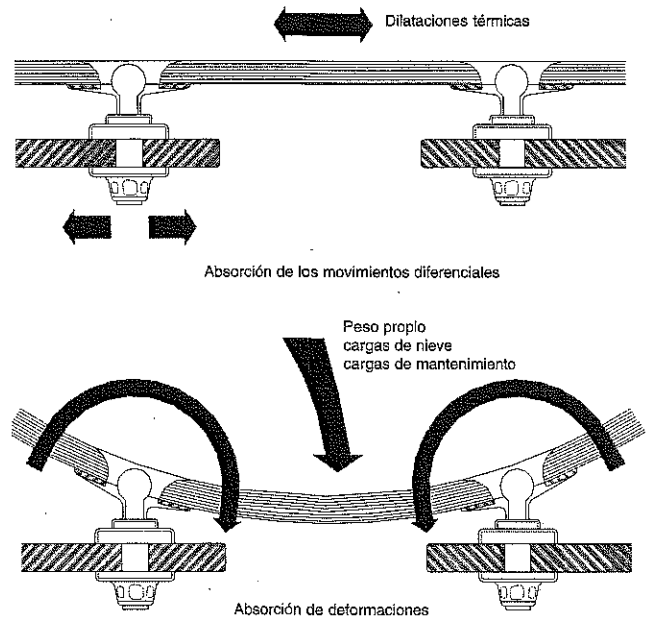


Figura 5.45. Sistema planar para lucernarios. Fijaciones con rótula

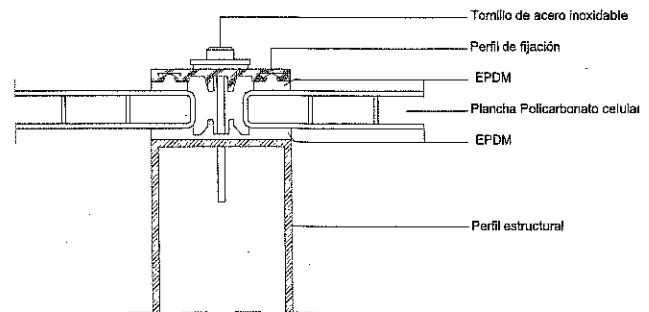


Figura 5.46. Fijación vista en planchas de policarbonato celular

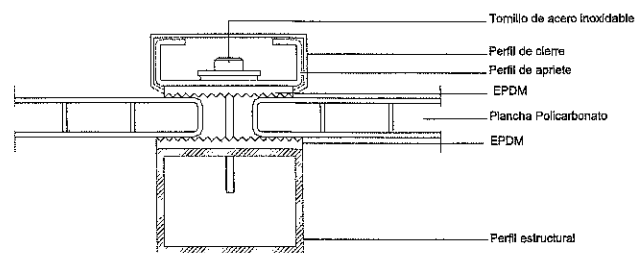


Figura 5.47. Fijación oculta en planchas de policarbonato celular

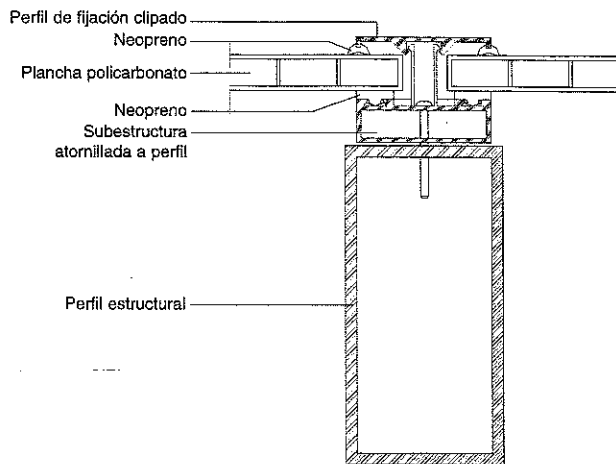


Figura 5.48. Fijación oculta con perfil clipado en placas de policarbonato celular

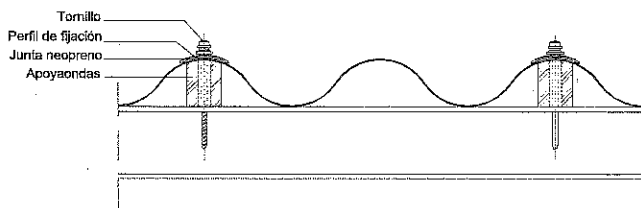


Figura 5.49. Fijación en cresta de las placas onduladas de poliéster reforzado con fibra de vidrio

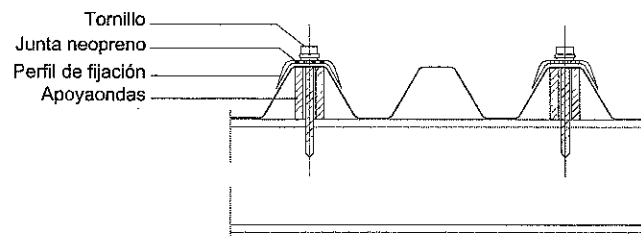


Figura 5.50. Fijación en cresta de las placas grecadas de poliéster reforzadas con fibra de vidrio

en los extremos, con lo que también se evita la entrada de agua. Si es necesario sellar las juntas, debe asegurarse la compatibilidad del policarbonato con el sellante.

Las fijaciones de las placas de poliéster reforzadas con fibra de vidrio pueden ser: ganchos, tornillos de rosca salomónica o tornillos autorroscantes. Deben situarse en las crestas de las placas y debe preverse un apoyabandas (de poliestireno expandido o metálico) entre las correas y la placa de poliéster para evitar deformaciones en las ondas (figuras 5.49 y 5.50). Las placas deben fijarse en todas las crestas extremas, en los solapos longitudinales en la penúltima correa antes de la cumbre, en el alero, y al tresbolillo en situación intermedia, así como en todas las correas en situaciones expuestas. Los puntos de fijación han de guardar simetría. Se colocará siempre una arandela de neopreno entre la fijación y la placa.

Los taladros de las placas para las uniones se deben efectuar a una distancia mínima de 50 mm de los bordes de la placa. En placas superiores a 6 m se debe permitir la libre dilatación de la pieza mediante orificios elípticos.

5.4. PUNTOS SINGULARES

Para resolver el encuentro entre el lucernario y la parte ciega del cerramiento se emplean bandas metálicas o sintéticas similares a las que se utilizan habitualmente en la resolución de los puntos singulares en cubiertas.

En cubiertas inclinadas deben impermeabilizarse las zonas del faldón que están en contacto con el premarco o marco del lucernario, mediante elementos de protección prefabricados o realizados "in situ". En la parte inferior del lucernario, los elementos de protección deben colocarse por encima de las piezas de cobertura y prolongarse 10 cm como mínimo desde el encuentro y en la parte superior por debajo y prolongarse también 10 cm como mínimo.

En el caso de las cubiertas planas, el lucernario se construye sobre un zócalo de apoyo para poder impermeabilizar el encuentro y subir la membrana o lámina 20 cm por encima de la capa de protección.

En las figuras 5.51 a 5.56 se recogen detalles de encuentro de diferentes elementos de iluminación cenital con cubiertas inclinadas, y para las cubiertas planas en las figuras 5.57 y 5.58.

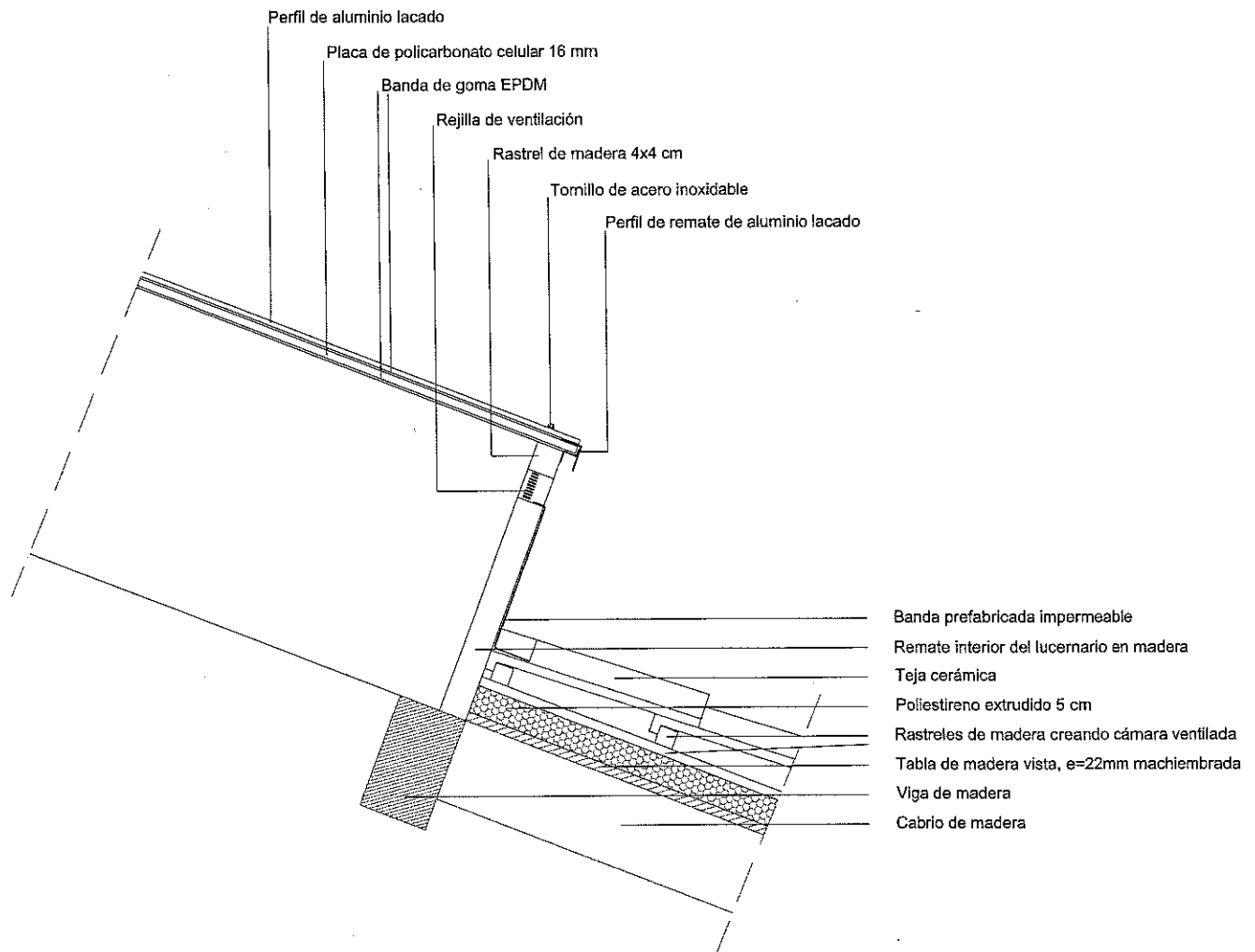


Figura 5.51. Encuentro de un lucernario con una cubierta de teja

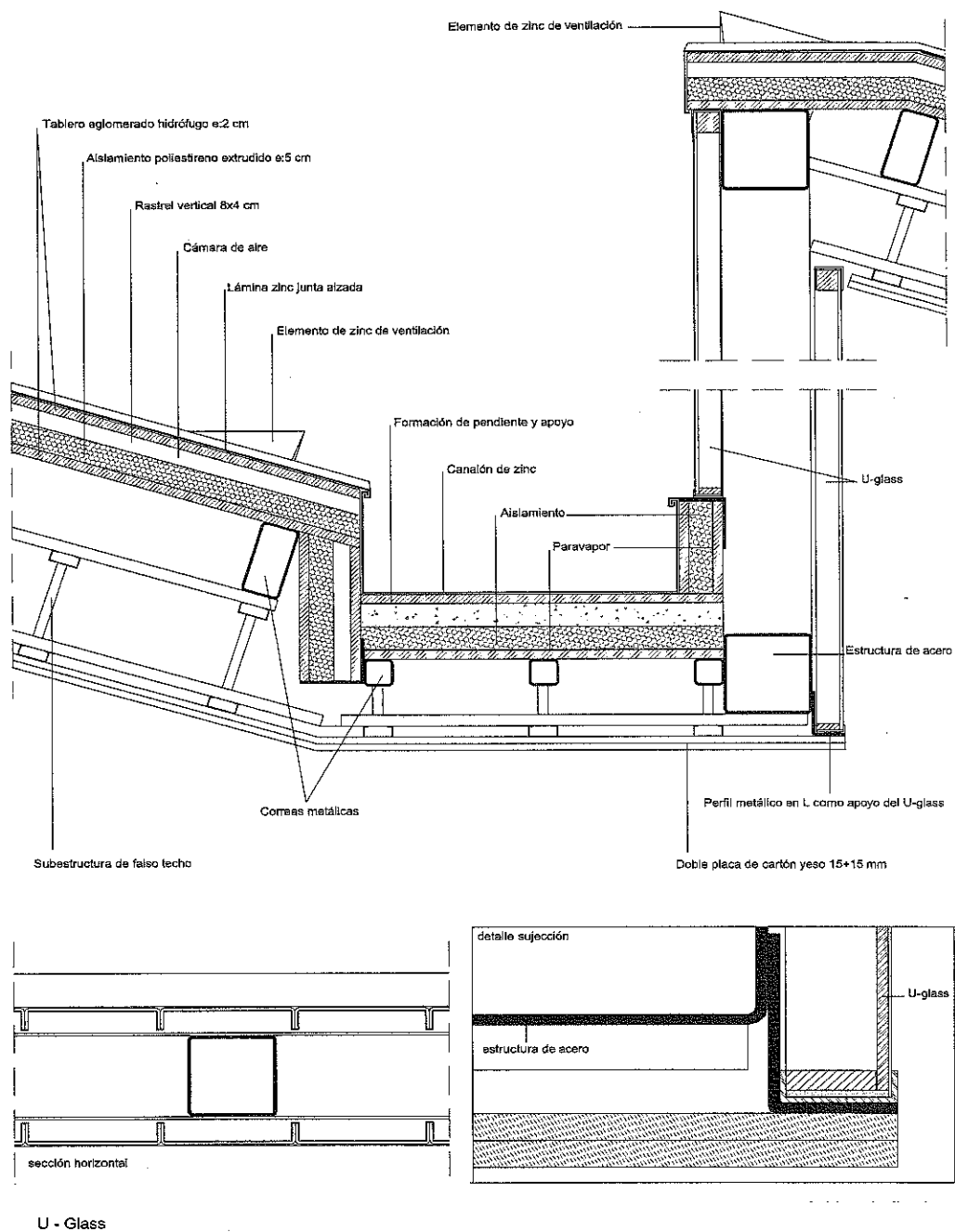


Figura 5.52. Detalle de lucernario en diente de sierra

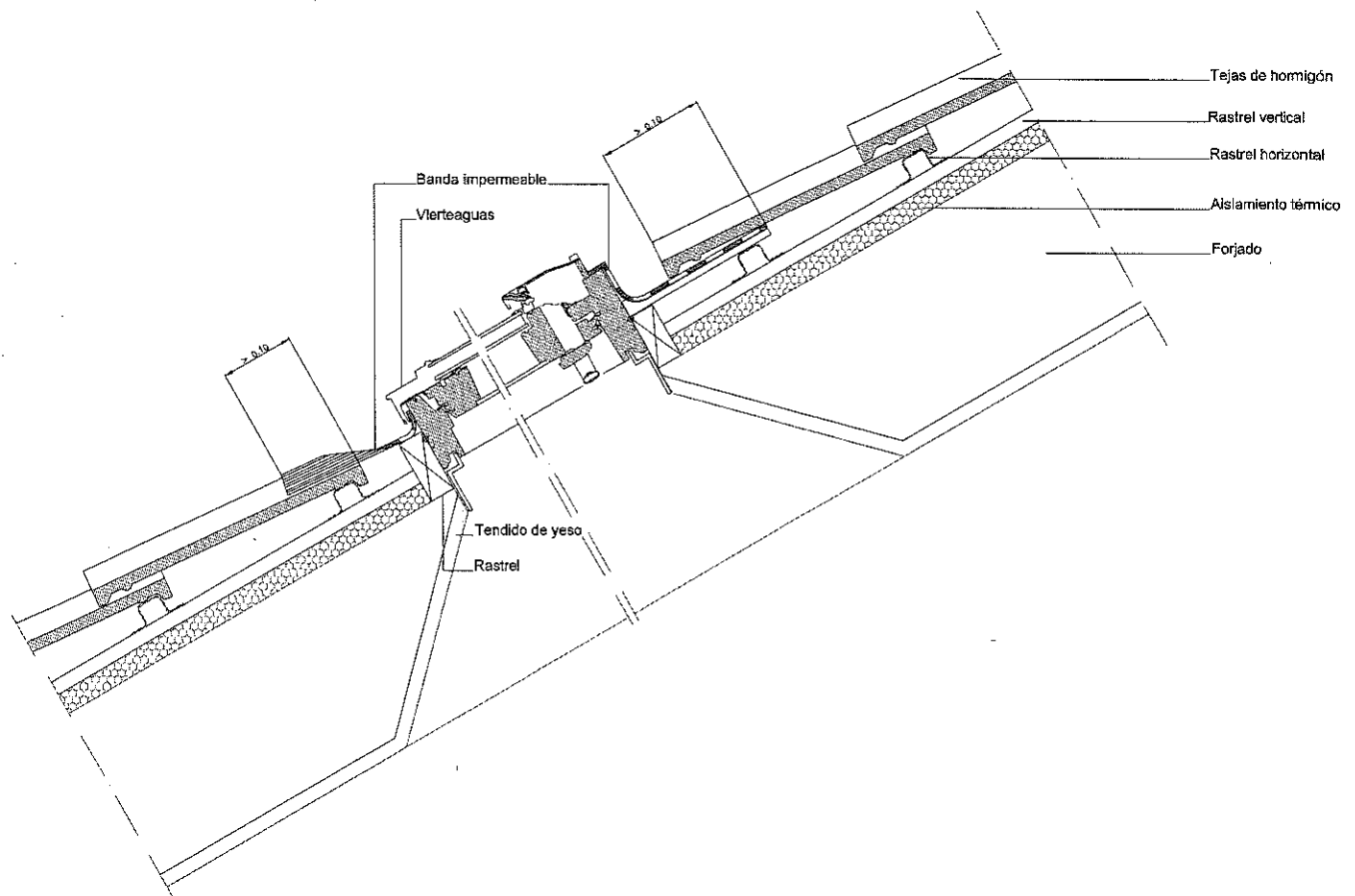


Figura 5.53. Encuentro de cubierta de teja con ventana

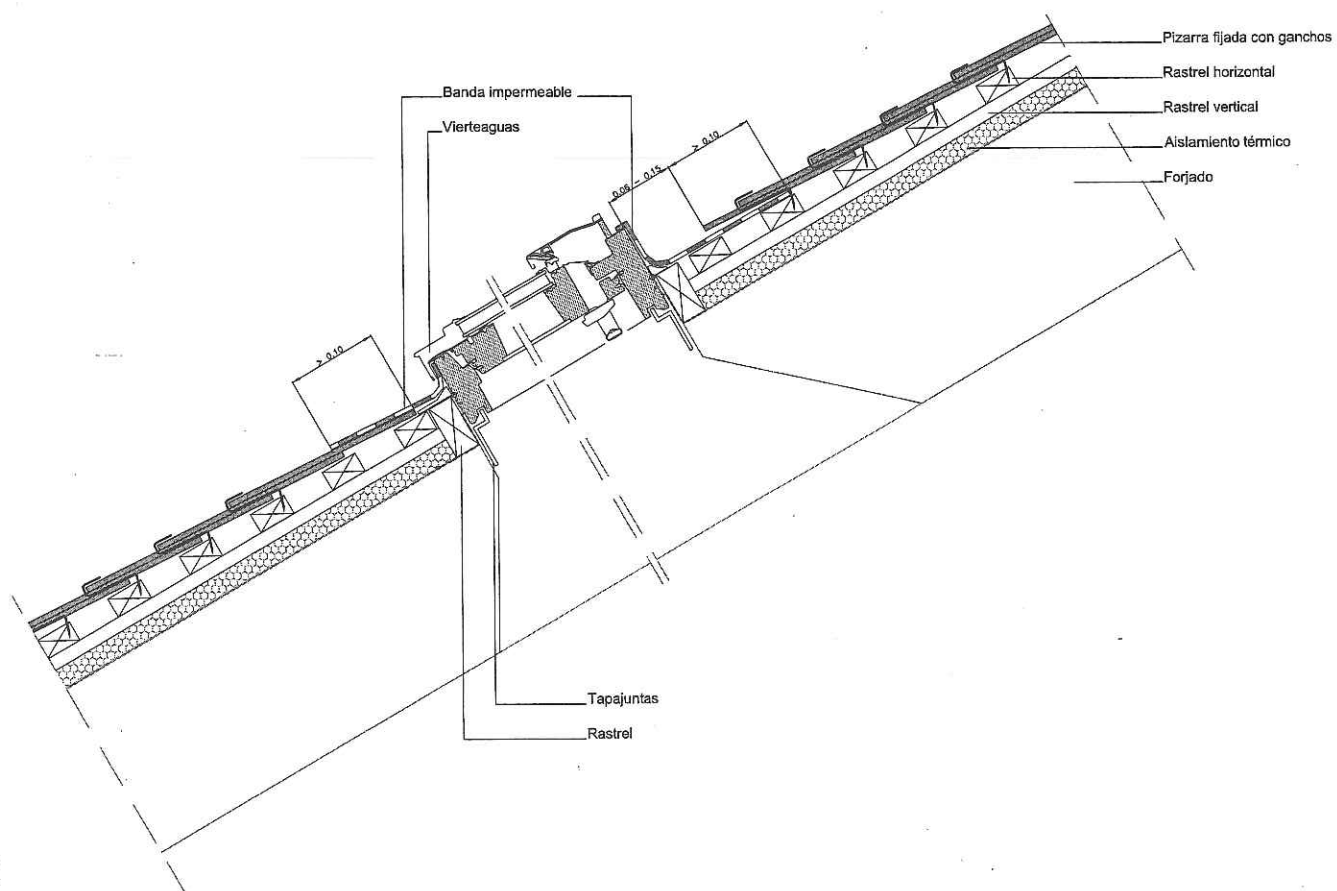


Figura 5.54. Encuentro de cubierta de pizarra con ventana

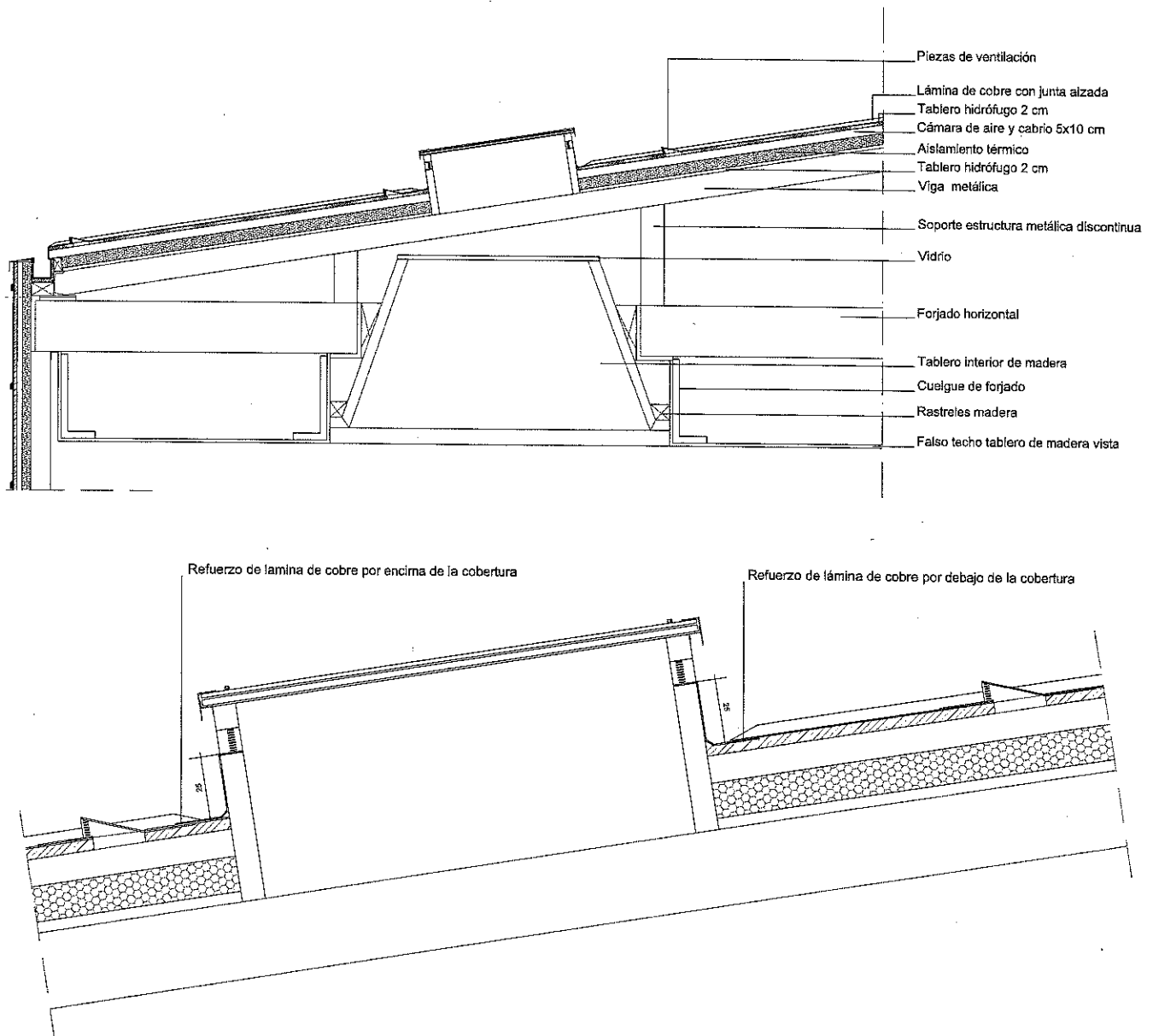


Figura 5.55. Lucernario de doble hoja. Sección longitudinal y detalle

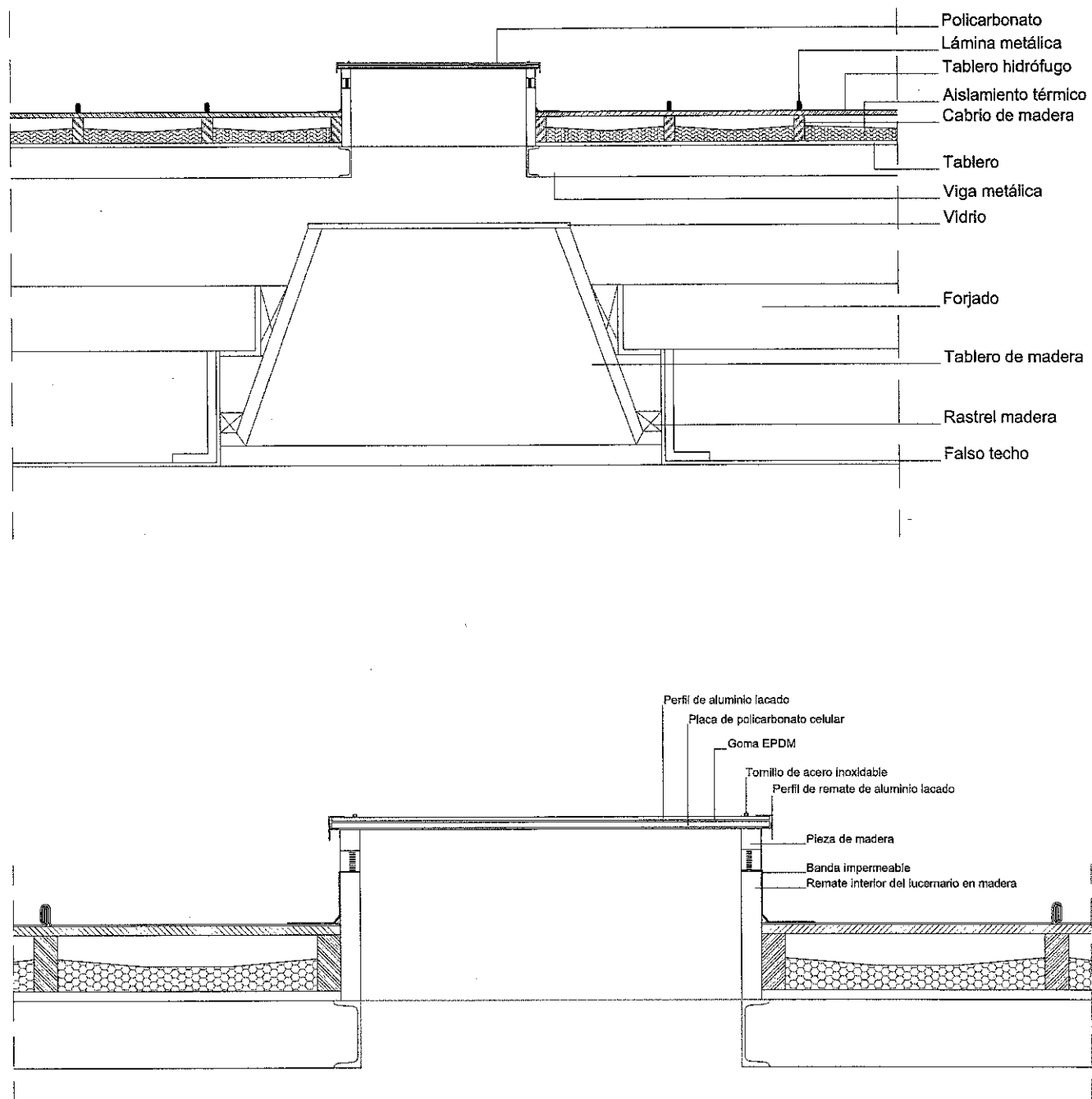


Figura 5.56. Lucernario de doble hoja. Sección transversal y detalle

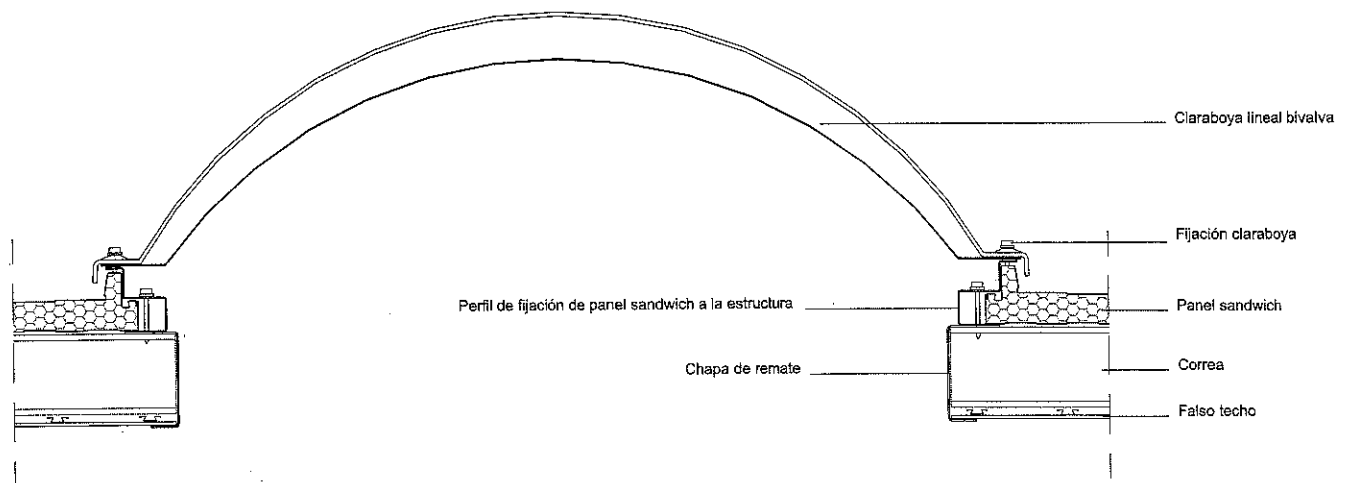


Figura 5.57. Detalle claraboya lineal en cubierta de panel sándwich

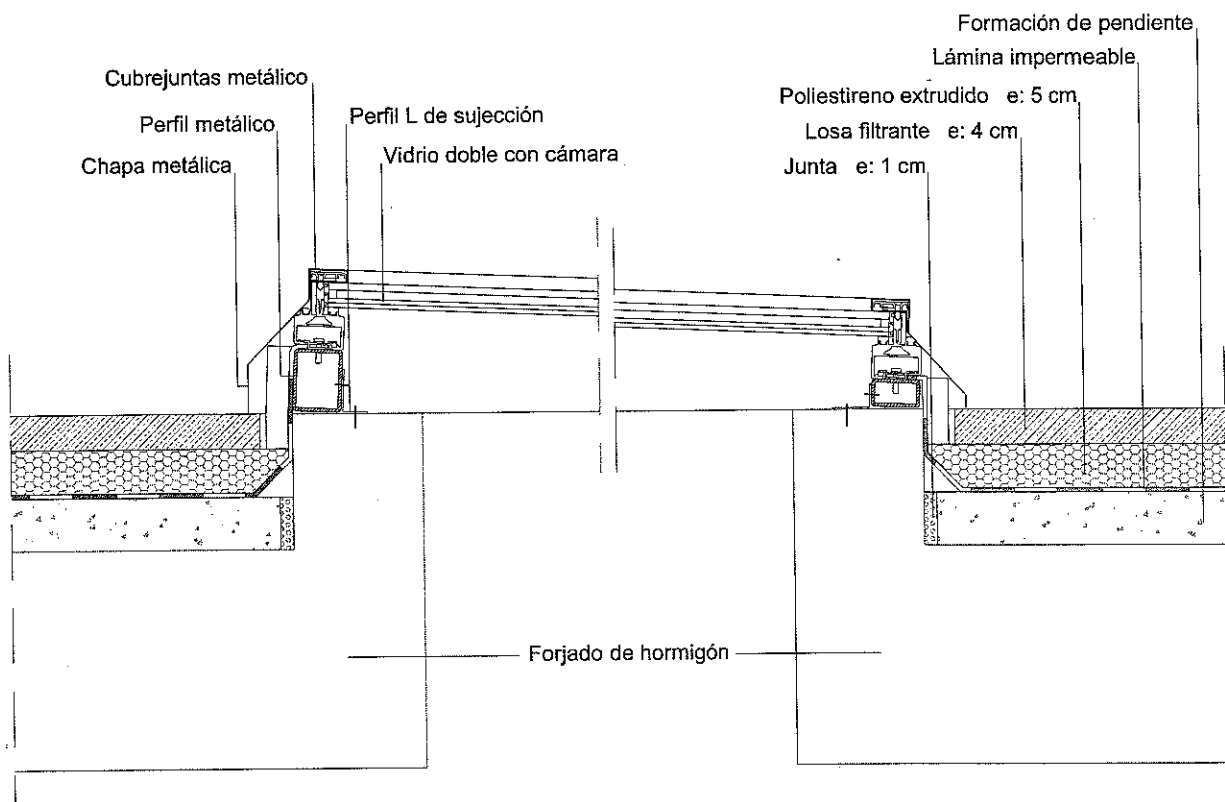


Figura 5.58. Encuentro de lucernario con cubierta plana

6

PROYECTO Y EJECUCIÓN DE CUBIERTAS

6.1. El proyecto de cubiertas

6.1.1. Control del proyecto de cubiertas

- Ficha 1. Control del proyecto. Memoria
- Ficha 2. Control del proyecto cubiertas inclinadas. Planos
- Ficha 3. Control del proyecto cubiertas planas. Planos
- Ficha 4. Control del proyecto. Pliego de prescripciones técnicas particulares
- Ficha 5. Control del proyecto. Presupuesto

6.2. La ejecución de cubiertas

6.2.1. Actuaciones del director de obra

6.2.2. Actuaciones del director de la ejecución de obra

6.2.3. Actuaciones del constructor

6.2.4. Control de la ejecución de cubiertas

- Ficha 6. Control de ejecución de cubiertas inclinadas y planas. Actividades previas
- Ficha 7. Control cubiertas inclinadas. Soportes de cobertura
- Ficha 8. Control cubiertas inclinadas. Aislamiento térmico
- Ficha 9. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de tejas
- Ficha 10. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de pizarras
- Ficha 11. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de placas asfálticas
- Ficha 12. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de láminas metálicas
- Ficha 13. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de placas de fibrocemento
- Ficha 14. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de placas onduladas bituminosas

- Ficha 15. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de placas sintéticas.
- Ficha 16. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de placas metálicas.
- Ficha 17. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de placas de fibrocemento o metálicas con aislamiento incorporado.
- Ficha 18. Control cubiertas inclinadas. Cobertura de panel sandwich metálico.
- Ficha 19. Control cubiertas inclinadas. Evacuación de aguas y resolución de puntos singulares. Pruebas de servicio.
- Ficha 20. Control cubiertas planas. Soporte de cobertura.
- Ficha 21. Control cubiertas planas. Impermeabilización con materiales bituminosos.
- Ficha 22. Control cubiertas planas. Impermeabilización con materiales sintéticos.
- Ficha 23. Control cubiertas planas. Pruebas de servicio.
- Ficha 24. Control cubiertas planas. Aislamiento térmico.
- Ficha 25. Control cubiertas planas. Capas de protección y acabado.
- Ficha 26. Control cubiertas planas. Evacuación de aguas y resolución de puntos singulares. Pruebas de servicio.

6.3. Criterios de uso y mantenimiento de cubiertas

6.3.1. Condiciones de uso

6.3.2. Condiciones de mantenimiento

6.4. Condiciones de seguridad y salud en la ejecución de cubiertas

6.4.1. Riesgos más comunes

6.4.2. Normas básicas de seguridad

6.4.3. Medidas preventivas

6.4.4. Medidas de protección personal

6.4.5. Medidas de protección colectiva

6.1. EL PROYECTO DE CUBIERTAS

El Código Técnico de la Edificación (CTE) denomina al Proyecto como *"el conjunto de documentos mediante los cuales se definen y determinan las exigencias técnicas de las obras (...) y en el que se justifican técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable"*. Y añade en el artículo 6 que *"el proyecto describirá el edificio y definirá las obras de ejecución del mismo con el detalle suficiente para que puedan valorarse e interpretarse inequívocamente durante su ejecución"*. Añade que con relación al CTE, debe poderse comprobar que las soluciones propuestas cumplen las exigencias básicas del CTE y demás normativa aplicable. Incluirá, al menos, la siguiente información: las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, equipos y sistemas; las características técnicas de cada unidad de obra; las verificaciones y las pruebas de servicio; las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio terminado.

Aunque parece que adoptar soluciones técnicas basadas en los Documentos Básicos del CTE (DB) puede limitar el diseño constructivo del proyectista, también deja una cierta libertad al establecer que *"el proyectista o el director de obra pueden, bajo su responsabilidad y previa conformidad del promotor, adoptar soluciones alternativas, siempre que justifiquen documentalmente que el edificio proyectado cumple las exigencias básicas del CTE porque sus prestaciones son, al menos, equivalentes a los que se obtendrían por la aplicación de los DB"*.

La gran importancia que tiene el proyecto para la definición y exigencia de los adecuados niveles

de calidad de la obra que se va a ejecutar, se ve potenciada por el Código Técnico de la Edificación que hace mención especial a los documentos que debe contener el proyecto en el anejo 1 de la parte I.

Sin duda, la calidad del proyecto aumenta en grado exponencial la calidad de la obra ejecutada. El proyectista tiene la responsabilidad de hacer un buen proyecto, lo que supone en primer lugar, que sea completo y describa el edificio que se va a construir, que toda la información que contenga esté técnicamente bien concebida, que cumpla la normativa obligatoria, que las soluciones constructivas empleadas sean las idóneas, que exista coherencia entre los distintos documentos y por último, que los diferentes documentos sean entendibles por personas distintas a las que lo han desarrollado.

Para garantizar la calidad del proyecto existen dos caminos: un control final del proyecto realizado por controladores externos que no han participado en el desarrollo del proyecto, o que el proyectista lleve a cabo un autocontrol a lo largo del proceso de redacción.

El primer camino es similar a lo que está ocurriendo desde la entrada en vigor de la Ley de Ordenación de la Edificación, que obliga al promotor a suscribir una póliza de seguro de daños materiales por los defectos que puedan aparecer en las obras de edificios de viviendas (por ahora, afecta sólo a la parte estructural). Esto ha motivado que las compañías de seguros obliguen a un control del proyecto estructural por una entidad independiente que conlleva, en algunos casos, corregir el proyecto cuando ya está acabado, incurriendo el proyectista en una serie de "costos de mala calidad" no previstos.

Mucho más eficaz es el segundo camino basado en el autocontrol. Es el que propone el CTE en su artículo 6.2: *"El control del proyecto tiene por objeto verificar el cumplimiento del CTE y demás normativa aplicable y comprobar su grado de definición, la calidad del mismo y todos los aspectos que puedan tener incidencia en la calidad final del edificio proyectado. Este control puede referirse a todas o algunas de las exigencias básicas relativas a uno o varios de los requisitos básicos mencionados en el artículo 1"*.

Esta revisión puede llevarse a cabo mediante la implantación de un sistema de gestión de la calidad, ya que mientras se va redactando el proyecto se establecen las etapas de verificación y supervisión que proporcionan su calidad. El estudio de arquitectura establece una metodología que todos los miembros conocen y donde todos, desde el principio, están implicados con la calidad y comprometidos para que el resultado sea óptimo. No es razonable pensar en controles a posteriori como único mecanismo para conseguir calidad sino que estos controles deben ser mínimos cuando a través de un sistema de "gestión" el estudio garantiza la calidad de sus proyectos.

Pues bien, la cubierta forma parte de todo proyecto de edificación. Su definición se concreta en cada uno de los documentos que lo componen: memoria, planos, pliego de condiciones, mediciones y presupuesto.

En la *memoria*, definición literal de la cubierta proyectada, se describen datos previos a tener en cuenta en su diseño, la tipología elegida y sus componentes, la justificación de la solución adoptada y el cumplimiento de las exigencias del Código Técnico de la Edificación y de otros reglamentos y disposiciones aplicables.

Los *planos* deben recoger completamente la configuración física y geométrica de la cubierta y es el documento del proyecto que más se emplea en la ejecución de las obras, por eso, es necesario que todos los planos sean preparados, revisados y con-

trolados de una forma sistemática y efectiva, antes de su entrega. Merecen especial atención los detalles constructivos, en concreto los de los puntos singulares.

El *pliego de condiciones* está compuesto por el de cláusulas administrativas, facultativas, económicas y técnicas. En el caso que nos ocupa es el pliego de condiciones técnicas particulares el que describe los productos y unidades que componen las obras, y especifica las condiciones técnicas para su ejecución y aprobación. La calidad de la obra que se va a construir se define en este documento y por lo tanto, su redacción, realizada con el máximo rigor posible, es obligada para cada proyecto, dada la repercusión que ante una reclamación se puede derivar. Deben venir reflejadas para el caso de la cubierta, al igual que para cualquier otro subsistema del edificio: las características de los productos, equipos y sistemas que se van a emplear y el control de recepción que hay que realizar, las condiciones de ejecución de las distintas unidades de obra, los criterios de aceptación y rechazo de las mismas y las verificaciones y pruebas de servicio que deban realizarse para comprobar las prestaciones finales del edificio, así como las condiciones de uso y mantenimiento.

El *presupuesto* contempla el valor económico de cada una de las unidades de obra y sus mediciones, por unidades, metros cuadrados o lineales. En este caso, las que forman parte de la cubierta. Deben figurar partidas dedicadas al plan de calidad de la obra, donde se reflejen el coste de los ensayos, controles de calidad, etc.

La tendencia suele ser definir en este documento las características de las unidades de obra. Sin embargo, es más adecuado recogerlas en el pliego de condiciones técnicas particulares, como se indica en el Código Técnico, anejo I de la parte I. En el presupuesto se puede hacer referencia en cada una de las partidas a los correspondientes planos y puntos del pliego de condiciones para que la definición sea completa.

Cada documento tiene legalmente establecido su objeto, aunque tampoco está de más, fijar el orden de prioridad de estos documentos en el proyecto, cuál prevalece sobre cuál en el caso de que haya incoherencias o contradicciones. No obstante, éstas deben ser eliminadas a través de las diferentes revisiones y verificaciones que se realizan cuando el Estudio de arquitectura tiene establecido un sistema de gestión de calidad.

6.1.1. Control del proyecto de cubiertas

A modo orientativo se adjuntan unas fichas (fichas 1, 2, 3, 4 y 5) en las que aparecen esquemáticamente los datos que tienen que contener cada uno de estos documentos. Pueden servir para que el proyectista durante la redacción del proyecto lleve a cabo un autocontrol. La definición de las características de los materiales y productos se puede realizar basándose en lo descrito en los capítulos precedentes.

1. CONTROL DEL PROYECTO DE CUBIERTAS. MEMORIA				
DATO	SÍ	NO	NP	OBSERVAC.
1.1. Datos previos - zona climática: lluvia, nieve, temperatura, viento, radiación, insolación - ubicación: nivel de ruido exterior.				DB-SE-AE/HE 1
1.2. Justificación de la solución adoptada				
1.3. Limitaciones de uso de la cubierta				
1.4. Justificación del cumplimiento del CTE: - Seguridad estructural -SE-AE-Acciones - Seguridad en caso de incendio - SI 2, Propagación exterior - SI 6, Resistencia estructural al incendio - Seguridad de utilización - SU 1, Seguridad frente al riesgo de caídas - Salubridad - HS 1, Protección frente a la humedad - HS 3, Calidad del aire interior - HS 5, Evacuación de aguas - Protección contra el ruido (*) - HR 1, Protección ruido aéreo - HR 2, Protección ruido impactos - Ahorro de energía - HE 1- Limitación de demanda energética				
1.5. Justificación de las prestaciones de la cubierta que mejoran los niveles exigidos en el CTE				
1.6. Justificación de la eficiencia energética de la solución empleada				
1.7. Cubiertas inclinadas (**)				
1.7.1. Descripción del tipo de cubierta: - Sin cámara ventilada - Con cámara ventilada				
1.7.2. Definición de los diferentes componentes: - Estructura resistente (continua, discontinua) - Soporte de cobertura (continua, discontinua) - Aislamiento térmico (tipo, espesor) - Cobertura - Sistema de evacuación de aguas				
1.8. Cubiertas planas (**)				
1.8.1. Descripción del tipo de cubierta: - Invertida - Convencional - Transitable - No transitable - Ajardinada - Otro: de agua, de rodadura...				
1.8.2. Definición de los diferentes componentes: - Estructura resistente - Soporte de cobertura (tipo, pendiente) - Impermeabilización (tipo, designación, sistema) - Aislamiento térmico (tipo, espesor, resistencia a compresión) - Capas separadoras - Capas de protección y acabado - Sistema de evacuación de aguas				
Observaciones				
NOTA: NP: indica que no procede esta actividad en ese proyecto. (*) Todavía no ha entrado en vigor este documento básico, sigue vigente la NBE-CA-88. (**) La definición de las características de cada componente se ha recogido en los capítulos 3 y 4.				

2. CONTROL DEL PROYECTO DE CUBIERTAS INCLINADAS. PLANOS				
DATO	SÍ	NO	NP	OBSERVAC.
Planta de cubierta (e: 1/50-1/100)				
2.1. Tipología de todas las cubiertas proyectadas: - material - cotas (de faldones, aleros, lucernarios)				
2.2. Pendientes				
2.3. Situación de cumbreras, limatesas y limahoyas				
2.4. Chimeneas y otros elementos salientes: - alturas - cotas				CTE-DB-HS3
2.5. Elementos singulares - lucernarios - casetones, - antenas y pararrayos - piezas especiales de ventilación - salidas a cubierta, etc				
2.6. Elementos de seguridad: - paranieves (Ganchos, resistencias eléctricas, etc.) - para el mantenimiento (ganchos, etc.)				
2.7. Apoyos de los soportes de cobertura: - por ejemplo, tabiques palomeros				
2.8. Sistema de evacuación de aguas: - Canales: situación, tipo, sección, material y pendiente - Bajantes: diámetro, material y situación - Superficie evacuada por cada bajante				CTE-DB-HS5
2.9. Respeto a las juntas de dilatación del edificio				
Detalles (e: 1/5-1/10)				
2.10. Sección constructiva tipo de cubierta: - Indicando componentes y sus características (*): - materiales - espesores - fijaciones - solapos - Disposición idónea de los componentes - Cámara de aire ventilada: - entrada de aire - salida de aire				
2.11. Encuentro con el paramento vertical				
2.12. Encuentro con elementos pasantes				
2.13. Borde extremo o lateral				
2.14. Anclaje de elementos				
2.15. Limahoyas				
2.16. Encuentro con el canalón: visto u oculto				
2.17. Resolución del alero				
2.18. Cumbreras y limatesas				
2.19. Encuentro con lucernarios u otros elementos singulares				
2.20. Piezas para ventilación				
Observaciones				
NOTAS: NP: indica que no procede esta actividad en ese proyecto. (*) La definición de cada componente se ha recogido en los capítulos 3 y 4.				

3. CONTROL DEL PROYECTO DE CUBIERTAS PLANAS. PLANOS				
DATO	SÍ	NO	NP	OBSERVAC.
Planta de cubierta (e: 1/50-1/100)				
3.1. Tipología de todas las cubiertas proyectadas				
3.2. Pendientes				
3.3. Cotas - totales - antepechos y barandillas - despiece de pavimentos - distancia a sumideros				
3.4. Chimeneas y otros elementos salientes: - alturas - cotas				CTE-DB-HS3
3.5. Elementos singulares: - juntas - lucernarios - casetones - instalaciones - antenas y pararrayos - salidas a cubierta, etc.				
3.6. Antepechos y barandillas				CTE-DB-SU 1
3.7. Sistema de evacuación de aguas: - Sumideros: situación, tipo, diámetro y material - Bajantes: diámetro, material y situación - Superficie evacuada por cada bajante - Rebosaderos				CTE-DB-HS5 CTE-DB-HS1
3.8. Juntas: - de dilatación estructural - de dilatación del soporte de cobertura - de la capa de protección y acabado				
Detalles (e: 1/5-1/10)				
3.9. Sección constructiva tipo de cubierta: - Indicando componentes y sus características (*): - materiales - espesores - Disposición idónea de los componentes - Ventilaciones, si procede				
3.10. Juntas				
3.11. Encuentro con el paramento vertical: - Cerramientos, - antepecho, - conductos verticales				
3.12. Elementos pasantes				
3.13. Bordes extremos de faldón				
3.14. Rebosaderos				
3.15. Puertas o huecos de acceso a cubierta				
3.16. Anclaje de elementos				
3.17. Rincones y esquinas				
3.18. Encuentro con el sumidero				
3.19. Instalaciones dispuestas sobre cubierta				
3.20. Detalle de encuentro con lucernarios u otros elementos singulares				
Observaciones				
NOTA: (*) La definición de cada componente se ha recogido en los capítulos 3 y 4.				

4. CONTROL DEL PROYECTO DE CUBIERTAS. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES				
DATO	SÍ	NO	NP	OBSERVAC.
4.1. Características de los productos, equipos y sistemas empleados: - Tipo - Designación - Dimensiones - Cumplimiento de Normas y reglamentaciones vigentes				(*)
4.2. Condiciones de suministro de los productos: - Marcado CE - Ensayos previos - Certificados de garantía del fabricante				
4.3. Exigencia de otras garantías añadidas a los productos: - Distintivos de calidad - Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso				Marcas o sellos
4.4. Condiciones de recepción de los productos: - Forma de suministro: empaquetado, etiquetado, protecciones, tratamientos, condiciones especiales, ... - Comprobación de que el producto es conforme al proyecto - Prescripciones de conservación, almacenamiento y manipulación - Toma de muestras y ensayos - Criterios de aceptación y rechazo				(**)
4.5. Condiciones de ejecución de las unidades de obra: - Actividades previas - Replanteos - Proceso de ejecución: criterios y condiciones, control. - Montaje, solapes y fijaciones - Anclaje de elementos sobre la cubierta - Elementos para ventilación de cámaras - Elementos para impedir la entrada de insectos y animales perjudiciales				(**)
4.6. Condiciones de aceptación y rechazo: - Tolerancias admisibles - Pruebas de servicio - Evaluaciones de la conformidad del montaje o de la puesta en obra - Evaluaciones de las prestaciones finales				(**)
4.7. Criterios de medición y valoración: - Por unidad de cada componente empleado - Por superficie real o proyectada...				
4.8. Condiciones de uso y mantenimiento: - Uso establecido: restricciones - Conservación: inspección, limpieza - Entretienimiento - Reparaciones				
4.9. Condiciones de seguridad y salud				
Observaciones				
NOTA: (*) La definición de cada componente se ha recogido en los capítulos 3, 4 y 5. (**) Para la redacción de estos apartados se pueden utilizar el esquema y los datos que figuran en las distintas tablas de control de ejecución de este capítulo (fichas 6 a 26).				

5. CONTROL DEL PROYECTO DE CUBIERTAS. PRESUPUESTO				
DATO	SÍ	NO	NP	OBSERVAC.
5.1. Cubiertas inclinadas (*)				
- m ² de soporte de cobertura				
- m ² de enrastrelado en doble capa				
- m ² aislamiento térmico				
- m ² de cobertura				
- ml de canalón				
- ml de limatesas				
- ml de cumbrera				
- ml de limahoyas				
- ml de resolución de junta estructural				
- ml de encuentro con paramentos verticales				
- ml de encuentro con chimeneas				
- ml de rastrel especial de alero				
- ml de resolución de borde lateral				
- Ud de lucernario y de todos sus encuentros				
- Ud de trampilla de acceso a cubierta para mantenimiento				
- Ud de gancho de servicio				
- Ud de elementos de ventilación				
- Ud de pararrayos				
- Ud placas soporte para elementos fijados sobre cubierta y resolución de encuentros				
- ml de encuentro con otros puntos singulares				
- Ud prueba de servicio				
- Ud control de calidad				
- Ud medidas de seguridad				
5.2. Cubiertas planas (*)				
- m ³ de formación de pendiente				
- m ² membrana impermeabilizante tipo....				
- ml encuentro con paramentos verticales				
- Ud encuentro con elementos pasantes				
- ml banda de adherencia				
- ml banda de refuerzo				
- ml banda de terminación				
- ml de perfil para resolución de encuentros				
- ml de resolución de junta estructural				
- ml de realización de juntas en la capa de pendiente				
- ml de juntas en la capa de protección				
- Ud de pieza de refuerzo en esquina o rincón				
- Ud de sumidero				
- Ud. de desagüe de seguridad o rebosadero				
- m ² de capas separadoras				
- m ² aislamiento térmico				
- m ² capa de protección y de sus elementos de sustentación y fijación				
- Ud placas soporte para elementos fijados sobre cubierta y resolución de encuentros				
- Ud de lucernario y de todos sus encuentros				
- Ud prueba de servicio				
- Ud control de calidad				
- Ud medidas de seguridad				
Observaciones				
(*) En esta tabla se ha recogido una relación de partidas que debe contener el presupuesto de cubierta. No se ha realizado una descripción de cada una de ellas, que sí debe hacerse en el presupuesto del proyecto.				

6.2. LA EJECUCIÓN DE CUBIERTAS

Una vez que el proyecto está acabado, la siguiente fase es la ejecución de obras, que se realiza después del proceso de licitación y adjudicación de obras al constructor. En el artículo 7 del CTE se establece que *"las obras de construcción del edificio se llevarán a cabo con sujeción al proyecto y sus modificaciones autorizadas por el director de obra previa conformidad del promotor, a la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva, y las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra"*.

Dada la importancia que tiene conocer las responsabilidades de los distintos intervinientes en la ejecución de la obra, a continuación se extraen (de la Ley de Ordenación de la Edificación) las que mayor relación tienen con el tema que nos ocupa, teniendo en cuenta que el objetivo debe ser coordinar todas estas actuaciones para conseguir alcanzar la calidad prevista durante la ejecución de las obras.

6.2.1. Actuaciones del director de obra

El director de obra es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Para el director de obra se establece, entre otras:

- Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno.
- Resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del pro-

yecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.

- Suscribir el acta de replanteo o comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Elaborar y suscribir la documentación de la obra ejecutada para entregarla al promotor, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

6.2.2. Actuaciones del director de la ejecución de la obra

El director de la ejecución de la obra es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado.

Igualmente, algunas de las determinaciones establecidas para el director de la ejecución de la obra son:

- Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
- Consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.

- *Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.*

6.2.3. Actuaciones del constructor

El constructor es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al proyecto y al contrato.

Por último, fija para el constructor, entre otras, las siguientes actuaciones:

- *Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.*
- *Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y complejidad de la obra.*
- *Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.*
Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- *Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.*
- *Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.*

6.2.4. Control de la ejecución de cubiertas

El objetivo de la fase de ejecución es construir las obras que se han definido en el proyecto, cumpliendo con los niveles de calidad, plazos y costes establecidos, y con los medios de seguridad adecuados, de

forma que el edificio alcance las prestaciones establecidas.

El control de calidad durante la ejecución de las obras conlleva la realización de actividades de:

- *Control de recepción* de todos los productos, equipos y sistemas que vayan a ser utilizados, de acuerdo a lo establecido en el pliego de condiciones técnicas particulares del proyecto (figuras 6.1 y 6.2).
- *Control de ejecución* de cada uno de los componentes de la cubierta y puntos singulares. Se aceptarán o rechazarán las unidades de obra en función del control realizado y de las condiciones establecidas en el proyecto (figuras 6.3, 6.4, 6.5 y 6.6).
- Una vez realizada la cobertura o la impermeabilización se llevará a cabo *una prueba de servicio* (figura 6.7) para comprobar si aparecen o no humedades debajo de la cubierta, en los muros o en los tabiques. Esta prueba de servicio debe realizarse en el caso de las cubiertas planas inundando la cubierta hasta un nivel de 5 cm, aproximadamente, por debajo del punto más alto de la entrega más baja de la impermeabilización en paramentos y teniendo en cuenta que la carga de agua no sobrepase los límites de resistencia de la cubierta. La inundación debe mantenerse hasta el nivel indicado durante 24 horas, como mínimo. Los desagües deben obturarse mediante un sistema que permita evacuar el agua, en el caso de que se rebase el nivel requerido, para mantener éste. Una vez finalizado el ensayo, deben destaparse los desagües, operación que debe realizarse de forma progresiva para evitar que la evacuación del agua produzca daños en las bajantes. En las cubiertas en las que no sea posible la inundación debe procederse a un riego continuo de la cubierta durante 48 horas. De esta última manera se procede en el caso de las cubiertas inclinadas.



Figura 6.1. Control de recepción de los productos. Aislamiento térmico

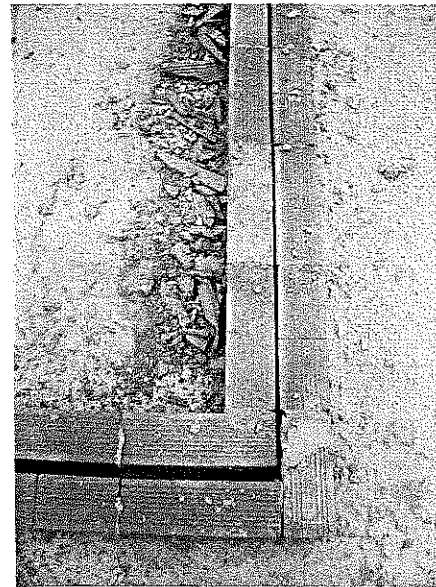


Figura 6.3. Control de ejecución. Rechazo de unidad de obra por no mantener el espesor necesario para junta estructural de cubierta



Figura 6.2. Control de recepción de los productos. Impermeabilización



Figura 6.4. Control de ejecución. Junta estructural de cubierta

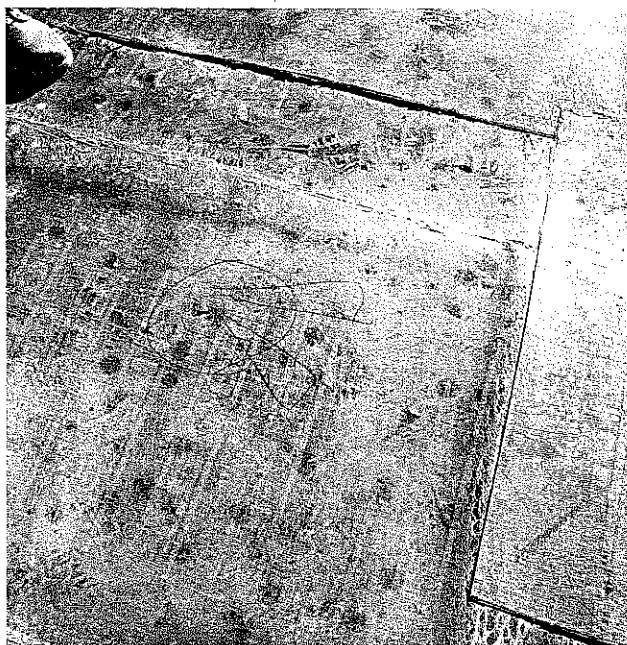


Figura 6.5. Control de ejecución. Detección de perforaciones en impermeabilización

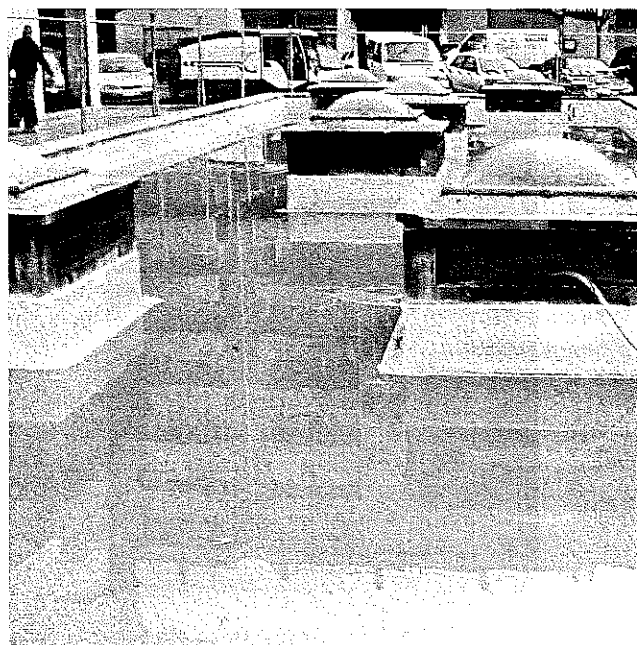


Figura 6.7. Pruebas de servicio en cubiertas planas



Figura 6.6. Control de ejecución. Puntos singulares

Durante la construcción de las cubiertas del edificio se pueden utilizar unas *fichas de autocontrol* para garantizar la calidad de las unidades de obra que se van ejecutando. A modo de orientación se presentan en las siguientes fichas, pautas para el control de calidad de la ejecución de cubiertas inclinadas (fichas 6 a 19) y planas (fichas 6, 20 a 26).

6. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS Y PLANAS. ACTIVIDADES PREVIAS				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
6.1. Comprobación de las medidas de seguridad				
6.2. Revisión de los planos y del resto de documentos contractuales				
6.3. Comprobación de que se ha dado el Visto Bueno a la estructura resistente (soporte de la cubierta)				
6.4. Comprobación de que todos los elementos singulares que atraviesan la cubierta están ejecutados:				
- chimeneas - shunt - anclajes - cajas de ascensores - antepechos - otros				
Observaciones				
Fichas de control de ejecución para cubiertas inclinadas: - Ficha 7. Soportes de cobertura - Ficha 8. Aislamiento térmico - Ficha 9. Cobertura de tejas - Ficha 10. Cobertura de pizarras - Ficha 11. Cobertura de placas asfálticas - Ficha 12. Cobertura de láminas metálicas - Ficha 13. Cobertura de placas de fibrocemento - Ficha 14. Cobertura de placas onduladas bituminosas - Ficha 15. Cobertura de placas sintéticas - Ficha 16. Cobertura de placas metálicas - Ficha 17. Cobertura de placas de fibrocemento o metálicas con aislamiento incorporado - Ficha 18. Cobertura de panel sándwich metálico - Ficha 19. Evacuación de aguas y resolución de puntos singulares. Pruebas de servicio				
Fichas de control de ejecución para cubiertas planas: - Ficha 20. Soporte de cobertura - Ficha 21. Impermeabilización con materiales bituminosos - Ficha 22. Impermeabilización con materiales sintéticos - Ficha 23. Pruebas de servicio - Ficha 24. Aislamiento térmico - Ficha 25. Capas de protección y acabado - Ficha 26. Evacuación de aguas y resolución de puntos singulares. Pruebas de servicio				
En cada obra se indica qué fichas se utilizan				

7. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. SOPORTES DE COBERTURA				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
7.1. TABIQUES PALOMEROS				
7.1.1. Control de recepción del material conforme a las especificaciones del proyecto y el CTE				
7.1.2. Replanteo de la: - Cumbre - Limatesas y limahoyas - Líneas maestras - Juntas de dilatación - Puntos singulares				
7.1.3. Formación de tabiques: - Perimetrales - Bajo limatesas y bajo limahoyas - Resto de tabiques dispuestos entre limatesas y limahoyas				
7.1.4. Maestreado del remate superior de los tabiques para recibir los tableros				
7.2. TABLEROS DE HORMIGÓN Y CERAMICOS				
7.2.1. Control de recepción del producto conforme a las especificaciones del proyecto y el CTE				
7.2.2. Colocación de las placas sobre los tabiques sobre lámina separadora o maestreado de cemento				
7.2.3. Rejuntar las placas con mortero de agarre				
7.2.4. Colocación del mallazo de retracción				
7.2.5. Vertido de la capa de mortero				
7.2.6. Comprobación de las pendientes de los faldones				
7.2.7. Comprobación de la planeidad				Variac.<5 mm
7.2.8. Protección del tablero de cargas no previstas				
7.3. TABLEROS DE MADERA				
7.3.1. Control de recepción del producto conforme a las especificaciones del proyecto y el CTE				
7.3.2. Recibido y clavado de las piezas				
7.3.3. Ensamblado o realización de la unión prevista				
7.3.4. Impermeabilización de las juntas, si procede				
7.3.5. Comprobación de las pendientes de los faldones				
7.3.6. Comprobación de la planeidad				Variac.<5 mm
7.3.7. Protección del tablero de cargas y acciones (humedad) no previstas				
7.4. PLACAS DE FIBROCEMENTO U OTRO MATERIAL				
7.4.1. Se ejecutarán conforme a las fichas 13, 14, 16 y 17				
7.5. SOPORTES DISCONTINUOS, ENTRAMADOS				
7.5.1. Control de recepción de las piezas (perfiles, rastreles...) conforme a las especificaciones del proyecto y el CTE				
7.5.2. Replanteo y colocación de piezas principales				Por ej., Rastreles longitudinales (*)
7.5.3. Replanteo y colocación de piezas secundarias				Por ej., Rastreles transversales (*)
7.5.4. Tratamientos protectores de las piezas y uniones				
Observaciones (*) Comprobar el orden de ejecución respecto a la colocación del aislamiento térmico.				

8. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. AISLAMIENTO TÉRMICO				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
8.1. PLACAS RIGIDAS				
8.1.1. Control de recepción - Empaquetado de las placas en fundas de plástico - Comprobación de los datos de origen: nombre comercial, fabricante, siglas y tipo de producto, dimensiones, reacción al fuego, resistencia térmica. - Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - densidad - conductividad térmica - resistencia a la transmisión de vapor de agua - absorción de agua - resistencia a compresión - tipo de reacción al fuego - Distintivos de calidad - Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto - Acopio horizontalmente sobre superficie plana y limpia - Protección de la insolación directa y del viento - Comprobaciones formales: caras planas y paralelas, ángulos rectos, aristas vivas, cantos machihembrados (si requieren)				
8.1.2. Control de ejecución - Colocación del aislamiento conforme al proyecto. Fijaciones - Continuidad del aislamiento en todos los puntos - Resolución de puentes térmicos				
8.2. PLACAS NO RIGIDAS. LANAS MINERALES				
8.2.1. Control de recepción - Suministro de las placas en rollos - Comprobación de los datos de origen: nombre del producto, marca, año de fabricación, reacción al fuego, resistencia y conductividad térmica, designación, dimensiones, tipo de revestimiento, N° de piezas y área de embalaje. - Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - densidad - conductividad térmica - resistencia a la transmisión de vapor de agua - resistencia a compresión - absorción de agua - tipo de reacción al fuego - Distintivos de calidad - Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto - Acopio horizontalmente sobre superficie plana y limpia - Protección de la insolación directa, la lluvia y el viento				
8.2.2. Control de ejecución - Colocación del aislamiento conforme al proyecto. Fijaciones - Continuidad del aislamiento en todos los puntos - Resolución de puentes térmicos				
8.3. POLIURETANO PROYECTADO				
8.3.1. Control de recepción - Comprobación de la homologación del producto y de la cualificación del operario - Comprobación de los componentes: proporciones a mezclar, temperatura de los mismos. - Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - densidad - conductividad térmica - resistencia a la transmisión de vapor de agua - absorción de agua - tipo de reacción al fuego - Distintivos de calidad - Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
8.3.2. Control de ejecución - Preparación del soporte - Precauciones si llueve, si velocidad del viento es > 10-20 Km/h - Proyección en capas (1 a 3 cm) - Colocación de la protección de los rayos ultravioletas - Continuidad del aislamiento en todos los puntos - Resolución de puentes térmicos - Comprobación de la planeidad y espesor - Comprobación de la densidad				
Observaciones				

9. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. COBERTURA DE TEJAS				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
9.1. CONTROL DE RECEPCIÓN				
9.1.1. Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: material, forma y dimensiones.				
9.1.2. Comprobación de datos de origen: Nombre del fabricante o marca comercial, país de origen, Nº UNE, nombre y color del producto, símbolo del organismo de inspección (si lo hubiese).				
9.1.3. Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - Para las tejas de hormigón: - Longitud de cuelgue y perpendicularidad - Anchura efectiva - Planeidad - Masa - Resistencia a flexión transversal - Heladicidad (no heladiza) - Impermeabilidad - Autosuporte por el tacón - Para las tejas cerámicas: - Regularidad de forma - Rectitud - Longitud y anchura - Impermeabilidad - Resistencia a flexión - Resistencia a la helada				
9.1.4. Distintivos de calidad				
9.1.5. Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
9.1.6. Características superficiales. Ausencia de defectos como: - Fisuras, grietas, roturas - Desconchados - Exfoliaciones - Deformaciones y alabeos - Ampollas o cráteres - Caliches				Control mínimo: 20 Ud/10.000 Ud o fracción
9.2. CONTROL DE EJECUCIÓN				
9.2.1. Vto. Bº al soporte de cobertura y aislamiento.				
9.2.2. Replanteo de ejes ortogonales de máxima y mínima pendiente.				
9.2.3. Colocación del : - gancho de servicio - rastreles de alero - peines contra la entrada de aves, etc.				
9.2.4. Colocación de las tejas por hileras en el sentido de encaje, empezandopor las más inferiores del faldón: - control de solapas - control de fijaciones - control de la alineación horizontal y vertical				Control mínimo: 1/100m² y mínimo 1/faldón
9.2.5. Ejecución de los siguientes elementos: - Alero. Vuelo (5cm) y fijación - Cumbrera. Solapes (10 cm entre piezas y 5 cm sobre las del faldón), orientación (sentido opuesto a los vientos dominantes), y fijación. - Limatesas. Solapes (10 cm y 5 cm sobre las del faldón), colocación (desde el alero), y fijación. - Bordes laterales. Fijación - Ventilaciones. Entradas y salidas de aire - Otros puntos singulares (ver cuadro 19)				Control mínimo: 1/elemento
Observaciones				

10. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. COBERTURA DE PIZARRAS				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
10.1. CONTROL DE RECEPCIÓN				
10.1.1. Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo, forma y dimensiones.				Espesor > 3mm
10.1.2. Comprobación datos de origen: Nombre del fabricante, nombre y N° norma UNE, nombre y tipo de pizarra, espesor nominal y tamaño, país, provincia, paraje donde está el yacimiento y el nombre de la cantera, año de fabricación.				
10.1.3. Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - Aspecto (color, textura y marcas) - Espesor y dimensiones - Planeidad - Absorción de agua (< 0,6% peso) - Heladicidad. Ensayo hielo/deshielo - Resistencia a flexión - Resistencia a la intemperie. Ciclo térmico - Resistencia al dióxido de azufre, SO₂ - Contenido en carbonatos				
10.1.4. Distintivos de calidad				
10.1.5. Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
10.1.6. Características superficiales. Ausencia de defectos como: - Colorido y textura no homogéneos - Exfoliaciones - Fisuras, grietas, roturas (ni siquiera al perforarse o cortarse), - Vetas - Piritas - Falta de planeidad y deformaciones - Variaciones de ± 5 mm en las dimensiones				Control mínimo: 25 Ud/10.000 Ud o fracción
10.2. CONTROL DE EJECUCIÓN				
10.2.1. Vto. Bº. al soporte de cobertura y aislamiento.				
10.2.2. Replanteo de alineaciones verticales y horizontales				
10.2.3. Colocación del gancho de servicio y piezas especiales				
10.2.4. Colocación de las pizarras de alero a cumbrera: - Colocación tipo clásica - Colocación a granel - Colocación modelos cuadrados				Control mínimo: 1/100 m² y mínimo 1/faldón
10.2.5. Ejecución de los siguientes elementos: - Alero - Cumbrera - Limatesas. Vuelo (10 cm sobre las pizarras), solapos entre piezas (5 cm mínimo) - Bordes laterales - Ventilaciones. Entradas y salidas de aire - Otros puntos singulares (ver cuadro 19)				Control mínimo: 1/elemento
Observaciones				

11. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. COBERTURA DE PLACAS ASFÁLTICAS				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
11.1. CONTROL DE RECEPCIÓN				
11.1.1. Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo, color, forma y dimensiones.				
11.1.2. Comprobación datos de origen: marca comercial del producto, tipo de material, clase de armadura, fecha de fabricación, símbolo del tipo de armadura, mástico y acabado superficial, formato, existencia o no de bandas autoadhesivas, color, organismo de inspección externo.				
11.1.3. Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - Resistencia mínima a la tracción (600 N para clase 1 y 400 N para clase 2) - Resistencia al desgarro por clavo (100 N) - Masa de los constituyentes: armadura y betún - Absorción de agua - Resistencia a la radiación UV - Resistencia a la formación de ampollas - Deslizamiento del acabado superior < 2 mm - Adhesión de los gránulos minerales - Resistencia al pelado para autoprotecciones metálicas				
11.1.4. Distintivos de calidad				
11.1.5. Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
11.1.6. Características superficiales. Ausencia de defectos: - coloración no uniforme, no estable a los agentes atmosféricos, - agujeros o abultamientos - protuberancias, hendiduras - grietas y roturas - bordes desgarrados				Control mínimo: 25 Ud/10.000 Ud o fracción
11.2. CONTROL DE EJECUCIÓN				
11.2.1. Vto. Bº. al soporte de cobertura y aislamiento.				
11.2.2. Replanteo de ejes ortogonales de máxima y mínima pendiente.				
11.2.3. Colocación del gancho de servicio				
11.2.4. Impermeabilización, si es necesaria				Para pendientes < 20%
11.2.5. Colocación de las placas desde el alero a cumbrera, desplazando la fila superior la mitad de la longitud de la faldilla con respecto de la inferior.				Control mínimo: 1/100 m² y mínimo 1/faldón
11.2.6. Comprobación de: - solapes ≥ 5 cm - parte vista ≤ 14 cm				
11.2.7. Comprobación de fijaciones: clavos o grapas				
11.2.8. Sellado de las faldilla mediante soplete o adhesivos.				
11.2.9. Ejecución de los siguientes elementos: - Alero - Cumbrera - Limatesas - Bordes laterales - Ventilaciones. Entradas y salidas de aire - otros puntos singulares (ver cuadro 19)				Control mínimo: 1/elemento
Observaciones				

12. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. COBERTURA DE LÁMINAS METÁLICAS				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
12.1. CONTROL DE RECEPCIÓN				
12.1.1. Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: material, forma y dimensiones.				
12.1.2. Comprobación datos de origen: - Zinc: tipo de producto, designación, dimensión, nombre fabricante, Nº norma UNE. - Cobre: cantidad (masa, Nº de piezas), medidas, designación del material, nombre del fabricante, nombre y Nº norma UNE. - Acero inoxidable: nombre fabricante, designación del producto, Nº norma UNE, Nº bobina, Nº pedido, dimensiones y masas.				
12.1.3. Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - Resistencia a tracción - Límite elástico - Alargamiento de rotura - Ensayo de plegado - Dureza - Masa del recubrimiento, si procede.				
12.1.4. Distintivos de calidad				
12.1.5. Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
12.1.6. Características superficiales. Ausencia de defectos como: - Fisuras, grietas, roturas - Picaduras, corrosión - Abolladuras u otras deformaciones - Superficie no lisa - Espesor no constante				Control mínimo: 1/100 m ² y mínimo 1/faldón
12.2. CONTROL DE EJECUCIÓN				
12.2.1. Vto. Bº. al soporte de cobertura y aislamiento.				
12.2.2. Replanteo de ejes ortogonales de máxima y mínima pendiente.				
12.2.3. Colocación del gancho de servicio.				
12.2.4. Colocación de capa separadora, si es necesario, por incompatibilidad con el soporte.				
12.2.5. Colocación de las láminas en sentido ascendente, de alero a cumbrera. Colocación de las patillas de anclaje, rastrel, tapajuntas, engatillados, según el tipo de colocación: - Junta sobre listón - Junta hueca - Junta engatillada - Junta alzada				Control mínimo: 1/100 m ² y mínimo 1/faldón
12.2.6. Ejecución de los siguientes elementos mediante láminas tapajuntas: - Alero - Cumbrera - Limatesas - Bordes laterales - Ventilaciones. Entradas y salidas de aire - otros puntos singulares (ver cuadro 19)				Control mínimo: 1/elemento
12.2.7. Protección de la cubierta hasta finalización de las obras.				
Observaciones				

13. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. COBERTURA DE PLACAS DE FIBROCEMENTO				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC
	SI	NO	NP	
13.1. CONTROL DE RECEPCIÓN				
13.1.1. Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo, forma y dimensiones.				
13.1.2. Comprobación datos de origen: Identificación del fabricante, categoría y clase de placa, fecha de fabricación, Nº norma UNE, tipo de producto (NT)				
13.1.3. Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - Características geométricas - Carga mínima de rotura - Resistencia al impacto - Impermeabilidad - Resistencia a las heladas				
13.1.4. Distintivos de calidad				
13.1.5. Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
13.1.6. Características superficiales. Ausencia de defectos como: - Fisuras, grietas, roturas - Bordes no rectos ni ángulos a escuadra - Anomalías superficiales				Control mínimo: 2 Ud/40 Ud o fracción
13.2. CONTROL DE EJECUCIÓN				
13.2.1. Vto. Bº. al soporte de cobertura: - alineación de correas - distancia entre ellas				
13.2.2. Colocación del gancho de servicio				
13.2.3. Colocación de las placas de abajo hacia arriba (con la cara lisa hacia el exterior) y en sentido opuesto a los vientos dominantes.				Control mínimo: 1/100 m² y mínimo 1/faldón
13.2.4. Comprobación de solapes (de 10 a 25 cm en función de la pendiente y del tipo de placa)				
13.2.5. Comprobación de: - las fijaciones y arandelas de estanquidad - complementos de estanquidad, si procede				
13.2.6. Ejecución de los siguientes elementos: - Alero - Cumbrera - Limatesas - Bordes laterales - Juntas - Ventilaciones. Entradas y salidas de aire - otros puntos singulares (ver cuadro 19)				Control mínimo: 1/elemento
Observaciones				

14. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. COBERTURA DE PLACAS ONDULADAS BITUMINOSAS				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
14.1. CONTROL DE RECEPCIÓN				
14.1.1. Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo, forma y dimensiones.				
14.1.2. Comprobación datos de origen: Identificación del fabricante o proveedor, mes y año de fabricación, tipo de placa, Nº norma UNE.				
14.1.3. Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - Características geométricas - Carga mínima de rotura - Resistencia al impacto - Desgarro de la placa por la cabeza de fijación - Impermeabilidad al agua - Proporción de constituyentes - Masa - Homogeneidad del producto - Absorción de agua ($\leq 16\%$ peso de la placa) - Resistencia a las heladas - Variación dimensional en función de la temperatura - Resistencia a los rayos UV.				
14.1.4. Distintivos de calidad				
14.1.5. Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
14.1.6. Características superficiales. Ausencia de defectos como: - Fisuras, grietas, roturas - Bordes no rectos ni ángulos a escuadra - Anomalías superficiales				Control mínimo: 2 Ud/40 Ud o fracción
14.2. CONTROL DE EJECUCIÓN				
14.2.1. Vto. Bº. al soporte de cobertura.				
14.2.2. Colocación del gancho de servicio.				
14.2.3. Colocación de las placas de abajo hacia arriba y en sentido opuesto a los vientos dominantes.				Control mínimo: 1/100 m² mínimo 1/faldón
14.2.4. Comprobación de solapes (de 10 a 25 cm en función de la pendiente y del tipo de placa)				
14.2.5. Comprobación de: - las fijaciones y arandelas de estanquidad - complementos de estanquidad, si procede				
14.2.6. Ejecución de los siguientes elementos: - Alero - Cumbrera - Limatesas - Bordes laterales - Juntas - Ventilaciones. Entradas y salidas de aire - otros puntos singulares (ver cuadro 19)				Control mínimo: 1/elemento
Observaciones				

15. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. COBERTURA DE PLACAS SINTÉTICAS				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
15.1. CONTROL DE RECEPCIÓN				
15.1.1. Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo, forma, color, transparencia y dimensiones.				
15.1.2. Comprobación datos de origen: Identificación del fabricante, tipo de perfil, color, clasificación de las placas, Nº norma UNE.				
15.1.3. Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - Aspecto visual - Resistencia al impacto - Transmisión de la luz - Envejecimiento - Tolerancias dimensionales - Estabilidad dimensional - Impermeabilidad - Resistencia al desgarramiento de las fijaciones - Resistencia a flexión				
15.1.4. Distintivos de calidad				
15.1.5. Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
15.1.6. Características superficiales. Ausencia de defectos como: - Fisuras, grietas, roturas - Bordes no rectos ni ángulos a escuadra - Anomalías superficiales: burbujas, exfoliaciones - Falta de uniformidad de color				Control mínimo: 2 Ud/40 Ud o fracción
15.2. CONTROL DE EJECUCIÓN				
15.2.1. Vto. Bº. al soporte de cobertura: - alineación de correas - distancia entre ellas				
15.2.2. Colocación del gancho de servicio				
15.2.3. Colocación de las placas de abajo hacia arriba y en sentido opuesto a los vientos dominantes.				Control mínimo: 1/100 m² y mínimo 1/faldón
15.2.4. Comprobación de solapes (de 10 a 25 cm en función de la pendiente y del tipo de placa)				
15.2.5. Comprobación de: - las fijaciones y arandelas de estanquidad - complementos de estanquidad, si procede				
15.2.6. Ejecución de los siguientes elementos: - Alero - Cumbrera - Limatesas - Bordes laterales - Juntas - Ventilaciones. Entradas y salidas de aire, si procede - otros puntos singulares (ver cuadro 19)				Control mínimo: 1/elemento
Observaciones				

16. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. COBERTURA DE PLACAS METÁLICAS				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
16.1. CONTROL DE RECEPCIÓN				
16.1.1. Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo, material, forma y dimensiones.				
16.1.2. Comprobación datos de origen: Identificación del fabricante, identificación del perfil, color, clasificación de las placas, Nº norma UNE.				
16.1.3. Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - Características geométricas y dimensionales - Características del material - Resistencia mecánica - Tipo y masa del recubrimiento - Variación dimensional				
16.1.4. Distintivos de calidad				
16.1.5. Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
16.1.6. Características superficiales. Ausencia de defectos como: - Fisuras, grietas, roturas - Bordes no rectos ni ángulos a escuadra - Anomalías superficiales - Picaduras o corrosiones				Control mínimo: 2 Ud/40 Ud o fracción
16.2. CONTROL DE EJECUCIÓN				
16.2.1. Vto. Bº. al soporte de cobertura: - alineación de correas - distancia entre ellas				
16.2.2. Colocación del gancho de servicio				
16.2.3. Colocación de las placas de abajo hacia arriba y en sentido opuesto a los vientos dominantes.				Control mínimo: 1/100 m² y mínimo 1/faldón
16.2.4. Comprobación de solapes				
16.2.5. Comprobación de: - las fijaciones (acero inoxidable y arandelas de neopreno) - complementos de estanquidad, si procede				
16.2.6. Comprobación de que se permite la libre dilatación de las placas.				
16.2.7. Ejecución de los siguientes elementos: - Alero - Cumbrera - Limatesas - bordes laterales - Juntas - Ventilaciones. Entradas y salidas de aire - otros puntos singulares (ver cuadro 19)				Control mínimo: 1/elemento
Observaciones				

17. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. COBERTURA DE PLACAS DE FIBROCEMENTO O METÁLICAS CON AISLAMIENTO INCORPORADO				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
17.1. CONTROL DE RECEPCIÓN				
17.1.1. Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo, material, forma y dimensiones.				
17.1.2. Comprobación datos de origen: Identificación del fabricante, identificación del perfil, clasificación de la placa				
17.1.3. Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - Características geométricas y dimensionales - Resistencia mecánica - Impermeabilidad - Resistencia a las heladas - Conductividad térmica - Reacción al fuego - Resistencia a la corrosión, si procede				
17.1.4. Distintivos de calidad				
17.1.5. Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
17.1.6. Características superficiales. Ausencia de defectos como: - Fisuras, grietas, roturas - Bordes no rectos ni ángulos a escuadra - Anomalías superficiales - Deficiencias en el aislamiento - Picaduras o corrosiones, si procede				Control mínimo: 2 Ud/40 Ud o fracción
17.2. CONTROL DE EJECUCIÓN				
17.2.1. Vto. Bº. al soporte de cobertura: - alineación de correas - distancia entre ellas				
17.2.2. Colocación del gancho de servicio				
17.2.3. Colocación de las placas de abajo hacia arriba y en sentido opuesto a los vientos dominantes.				Control mínimo: 1/100 m² y mínimo 1/faldón
17.2.4. Comprobación de solapes				
17.2.5. Comprobación de: - las fijaciones (acero inoxidable y arandelas de neopreno) - complementos de estanquidad, si procede				
17.2.6. Ejecución de los siguientes elementos: - Alero - Cumbrera - Limatesas - Bordes laterales - Juntas - Otros puntos singulares (ver cuadro 19)				Control mínimo: 1/elemento
Observaciones				

18. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. COBERTURA DE PANEL SÁNDWICH METÁLICO				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
18.1. CONTROL DE RECEPCIÓN				
18.1.1. Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo, forma y dimensiones.				
18.1.2. Comprobación datos de origen: nombre del fabricante, designación del tipo de panel, color, dimensiones, Nº unidades por paquete, Nº norma UNE.				
18.1.3. Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - Características del material - Resistencia a flexión - Resistencia a esfuerzo cortante - Estabilidad dimensional - Resistencia a la corrosión - Conductividad térmica - Reacción al fuego - Tratamientos protectores superficiales				
18.1.4. Distintivos de calidad				
18.1.5. Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
18.1.6. Características superficiales. Ausencia de defectos como: - Fisuras, grietas, roturas - Bordes no rectos ni ángulos a escuadra - Anomalías superficiales - Deficiencias en el aislamiento - Picaduras o corrosiones				Control mínimo: 2 Ud/40 Ud o fracción
18.2. CONTROL DE EJECUCIÓN				
18.2.1. Vto. Bº. al soporte de cobertura y aislamiento.				
18.2.2. Colocación del gancho de servicio				
18.2.3. Colocación de las placas de alero a cumbrera.				Control mínimo: 1/100 m² y mínimo 1/faldón
18.2.4. Comprobación de las fijaciones (acero inoxidable y arandelas de neopreno)				
18.2.5. Comprobación de que se permite la libre dilatación de las placas.				
18.2.6. Colocación de tapajuntas o pieza especial de junta				
18.2.7. Ejecución de los siguientes elementos: - Alero - Cumbrera - Limatesas - Bordes laterales - Juntas - Otros puntos singulares (ver cuadro 19)				Control mínimo: 1/elemento
Observaciones				

19. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. EVACUACIÓN DE AGUAS Y RESOLUCIÓN DE PUNTOS SINGULARES PRUEBAS DE SERVICIO				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
19.1. CANALONES VISTOS				
19.1.1. Control de recepción:				
- Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo de material, sección y dimensiones - Comprobación datos de origen (documentación exigible) - Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - Distintivos de calidad - Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto - Ausencia de defectos: roturas, deformaciones, corrosiones, etc.				
19.1.2. Control de ejecución				
- Replanteo y trazado del canalón - Colocación y sujeción de abrazaderas u otros sistemas de fijación - Montaje de las piezas partiendo del punto de desagüe (solapos > 5 cm) - Empalme de las piezas - Comprobación de la pendiente y solapos - Protección del elemento frente a golpes y mal uso.				
19.2. BAJANTES				
19.2.1. Control de recepción:				
- Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo de material, sección y dimensiones - Comprobación datos de origen (documentación exigible) - Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto: - Distintivos de calidad - Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto - Ausencia de defectos: roturas, deformaciones, corrosiones, etc.				
19.2.2. Control de ejecución				
- Replanteo y trazado - Marcado de la situación de las abrazaderas - Fijación de las abrazaderas - Montaje en sentido descendente - Protección frente a golpes y mal uso				
19.3. LIMAHOYAS Y CANALONES OCULTOS				
19.3.1. Control de recepción:				
- Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo de material, sección y dimensiones - Comprobación datos de origen (documentación exigible) - Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto - Distintivos de calidad - Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto - Ausencia de defectos: roturas, deformaciones, corrosiones, etc.				
19.3.2. Control de ejecución:				
- Limpieza y preparación del soporte - Replanteo del elemento - Colocación de las piezas de pendiente - Colocación de láminas o canalón - Realización de juntas entre láminas o canalón - Protección hasta acabar la obra - Vuelo de las piezas de cobertura sobre el elemento: canalón o limahoya - Pieza de impermeabilidad en el encuentro inferior del canalón y el borde superior de las piezas de cobertura (10 cm) - Comprobación de la abertura superior del elemento (en canalón, min 20 cm y en limahoya, 20 cm)				Solapos en el sentido del recorrido del agua: - limahoya > 10 cm - canalón > 5 cm

19. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS INCLINADAS. EVACUACIÓN DE AGUAS Y RESOLUCIÓN DE PUNTOS SINGULARES PRUEBAS DE SERVICIO				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
19.4. LIMATESAS, CAMBIOS DE PENDIENTE, BORDES LIBRES, ENCUESTRO CON PARAMENTO VERTICAL				
19.4.1. Control de recepción: - Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo de material, sección y dimensiones - Comprobación datos de origen (documentación exigible) - Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto - Distintivos de calidad - Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto - Ausencia de defectos: roturas, deformaciones, corrosiones, etc.				
19.4.2. Control de ejecución: - Limpieza y preparación del soporte - Replanteo del elemento - Colocación de láminas o baberos flexibles por encima del material de cobertura. - Realización de juntas entre láminas o baberos - Fijación de las láminas o baberos al paramento vertical - Protección hasta acabar la obra				Solapos en el sentido del recorrido del agua: - limahoya >10 cm - canalón > 5cm
19.5. CONTROL DE ACEPTACIÓN. PRUEBA DE SERVICIO				
19.5.1. Comprobación de la ventilación de las cámaras de aire				
19.5.2. Prueba de servicio del gancho (peso de 200 kg a 50 cm del suelo, durante 24 horas)				
19.5.3. Prueba de impermeabilidad: simulacro de lluvia durante 6 horas sin interrupción (Se acepta cuando no aparecen goteras después de 48 horas)				
19.5.4. Prueba de estanquidad de: - Canalones (taponar las bajantes, llenar de agua y comprobar si hay fugas) - Bajantes				
Observaciones				

20. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS PLANAS. SOPORTE DE COBERTURA				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
20.1. CONTROL DE RECEPCIÓN				
20.1.1. Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto.				
20.1.2. Comprobación datos de origen				
20.1.3. Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto				
20.1.4. Distintivos de calidad				
20.1.5. Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
20.2. CONTROL DE EJECUCIÓN				
20.2.1. Vto. Bº. a la estructura resistente.				
20.2.2. Limpieza y preparación de la superficie del soporte estructural.				
20.2.3. Replanteo de: - pendientes - limahoyas - limatesas - juntas longitudinales, transversales y perimetrales - desagües				
20.2.4. Colocación de maestras cerámicas sobre las líneas de replanteo.				
20.2.5. Preparación de juntas: - juntas en el perímetro - juntas cada 15 m - respeto a las juntas estructurales del edificio				
20.2.6. Vertido del material entre las maestras cerámicas				
20.2.7. Achaflanado de las aristas de encuentro con paramentos verticales y faldones				$\alpha = 135^\circ \pm 10^\circ$
20.2.8. Realización de la capa superior de mortero de cemento, si procede				$e = 1,5-2 \text{ cm}$ dosif: 250 Kg/m³
20.2.9. Maestreado de la superficie, comprobando que queda lisa, limpia de polvo, uniforme y exenta de cuerpos extraños				Variaciones y/o resaltes < 2mm
20.2.10. Protección del material frente a acciones mecánicas y precipitaciones				
20.2.11. Para cubiertas convencionales, donde el soporte son placas aislantes, colocarlas a traba y sin huecos entre ellas.				
20.2.12. Comprobación de la preparación de puntos singulares: - umbral de puerta de acceso - petos en aberturas en los faldones - Elementos pasantes - desagües: situación y distancias a paramentos, rebajes en el soporte. - Rebosaderos: situación, colocación y dimensiones - Anclajes				H = 20 cm
Observaciones				

21. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS PLANAS IMPERMEABILIZACIÓN CON MATERIALES BITUMINOSOS				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
21.1. CONTROL DE RECEPCIÓN				
21.1.1. Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto.				
21.1.2. Comprobación datos de origen				
21.1.3. Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas en función de su uso: - Estandaridad - Resistencia a la penetración de raíces - Envejecimiento artificial - Resistencia a la fluencia (°C) - Estabilidad dimensional (%) - Resistencia al calor (°C) - Plegabilidad a bajas temperaturas (°C) - Resistencia a la carga estática (Kg) - Resistencia a la carga dinámica (mm) - Alargamiento a la rotura (%) - Resistencia a la tracción (N/5 cm o Mpa)				
21.1.4. Distintivos de calidad				
21.1.5. Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
21.1.6. Condiciones de suministro				Ficha 21A
21.2. CONTROL DE EJECUCIÓN				
21.2.1. Comprobar antes de impermeabilizar que el soporte está seco				Humedad < 8%
21.2.2. Vto. Bº. al soporte de cobertura.				
21.2.3. Control de las condiciones climatológicas: - No realizar trabajos cuando llueva, nieve, hiele o cuando sople el viento fuerte, ni cuando la temperatura sea inferior a: - 5 °C para láminas de oxiasfalto. - 0 °C para láminas de oxiasfalto modificado. - 5 °C para láminas de betún modificado. - La temperatura prescrita en las especificaciones de aplicación - Comprobar que durante la interrupción de los trabajos, se protegen adecuadamente los materiales				
21.2.4. Realización de rozas o encuentros en los antepechos para recibir la impermeabilización				
21.2.5. Realización de los ángulos de encuentros.				
21.2.6. Colocación de placas de anclaje de antenas				
21.2.7. Realización de las bocas de desagüe				
21.2.8. Colocación de bajantes				
21.2.9. Aplicación de la imprimación o capa de adherencia: - material conforme al tipo especificado - imprimación de todas las zonas de puntos singulares: - encuentro con paramento vertical - encuentro con el sumidero - limatesas ($\alpha > 185^\circ$) - limahoyas ($\alpha < 175^\circ$) - juntas de dilatación				H=20 cm bandas mínimas: 30 cm
21.2.10. En los sistemas adherido y semiadherido, imprimación de toda la superficie de la cubierta				
21.2.11. Colocación de refuerzos en los puntos singulares: - en las zonas con imprimación o capa de adherencia - comprobar si son del tipo y dimensión especificados en proyecto				

Continúa

21. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS PLANAS. IMPERMEABILIZACIÓN CON MATERIALES BITUMINOSOS				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
21.2.12. Ejecución de la membrana impermeabilizante: - comprobar si hay que colocar capas separadoras - colocación empezando por la parte más baja del faldón, en dirección perpendicular a la línea de máxima pendiente. - Las distintas capas se colocan en la misma dirección y a cubrejuntas - Contemplar las condiciones de ejecución particulares para cada sistema de impermeabilización - Comprobación de los solapos: - que queden a favor de la corriente - sist. bicapa: min. 8cm en ambas direcciones - sist. monocapa: solapo long. 8 y 12 (*) cm, solapo transversal 10 ó 12 (*) cm - Comprobación de las uniones entre láminas: - por fusión y vertido - por soldadura - por clavado - Comprobación de que la impermeabilización se ha introducido por el interior de la bajante				Ficha 21B
21.2.13. Bandas de terminación: - en los elementos singulares - como protección de las láminas expuestas a la intemperie				
21.3. CONTROL DE ACEPTACIÓN				
21.3.1. Se procederá según lo descrito en el cuadro 23				
21.3.2. Protección de la impermeabilización una vez ejecutada hasta la reanudación de los trabajos siguientes				
Observaciones (*) para cubiertas con pendiente 0° o con láminas autoprotegidas				

Ficha 21A. Condiciones de suministros de materiales bituminosos	
EMULSIONES ASFÁLTICAS	- En el envase debe figurar: incompatibilidades, intervalo de temperaturas de aplicación. - Controlar que toda la partida sea del mismo tipo. - Si sedimentan durante el almacenamiento, deben poder recuperar condiciones por agitación moderada.
ARMADURAS BITUMINOSAS	- El producto acabado debe tener aspecto uniforme, carecer de defectos, roturas, grietas, etc. - El número máximo de rollos por partida con dos piezas debe ser inferior al 3% del nº total de rollos de la partida. - Deben rechazarse los rollos con más de dos piezas. - Los rollos deben estar protegidos y disponer de etiqueta en el que figure: a. Nombre y dirección del fabricante y distribuidor. b. Designación del producto. c. Nombre comercial del producto. d. Longitud y anchuras nominales del producto en m. e. Masa nominal del producto por cada 10 m². f. Fecha de fabricación del producto. g. Condiciones de almacenamiento del producto.
LÁMINAS	- Las láminas deben tener aspecto uniforme y carácter de defectos. Al menos una de sus caras debe llevar un material antiadherente mineral o plástico para evitar su adherencia cuando estén enrolladas. - El número máximo de rollos por partida con dos piezas debe ser inferior al 3% del número total de rollos de la partida. - Deben rechazarse los rollos con más de dos piezas. - Los rollos deben estar protegidos y disponer de etiqueta en la que figure: a. Nombre y dirección del fabricante y distribuidor. b. Designación del producto. c. Nombre comercial del producto. d. Longitud y anchuras nominales del producto en m. e. Masa nominal del producto por m². f. Espesor nominal en mm (salvo las de oxiasfalto u oxiasfalto modificado). g. Fecha de fabricación del producto. h. Condiciones de almacenamiento del producto. i. En láminas con armadura, siglas de las armaduras. - Deben suministrarse en rollos de anchura nominal 1 m. como mínimo, admitiéndose un error de $\pm 1\%$ respecto a la anchura nominal, salvo en las armadas con película de polietileno o poliéster, en las que se admite $\pm 1,5\%$. - La longitud nominal debe ser de 5 m como mínimo, no pudiendo ser la longitud efectiva inferior a la longitud normal.

Ficha 21B. Condiciones de ejecución particulares para cada sistema de impermeabilización		
IMPERMEABILIZACIÓN		CONDICIONES
TIPO	SISTEMA	
MONOCAPA	ADHERIDO	La lámina puede colocarse: - Soldando sobre la imprimación de la base. - Aplicándola con asfalto fundido sobre la base. - Si es autoprotegida puede colocarse sobre el oxiasfalto frío, soldando a éste tanto la lámina como los solapos entre sí.
	NO ADHERIDO	La lámina debe soldarse sólo en los solapos
BICAPA APLICADA CON ASFALTO FUNDIDO	ADHERIDO	- Extender las láminas sobre el oxiasfalto o mástico fundido desplazándolo sin formar bolsas de aire. - La última capa, si es autoprotegida puede colocarse sobre el oxiasfalto nada más extenderlo o cuando ya está frío. En el caso de que ya esté frío, se soldará la lámina totalmente a la capa de oxiasfalto y se soldarán los solapos entre sí.
	SEMIADHERIDO	- Tras la imprimación debe colocarse una capa de láminas perforadas sin soldar. - A continuación se coloca una segunda capa de láminas, con asfalto fundido, que penetre en las perforaciones.
	NO ADHERIDO	- Colocar una capa de láminas uniendo los solapes con asfalto fundido. - A continuación se coloca otra capa también con asfalto. - En los bordes y encuentros se coloca una capa de imprimación.
BICAPA APLICADA MEDIANTE CALENTAMIENTO	ADHERIDO	- Aplicar imprimación sobre la base. - Soldar sobre aquella las primeras láminas de la capa. - Soldar las sucesivas capas. - Soldar las láminas en los solapos.
	NO ADHERIDO	- Soldar las láminas de la primera capa en los solapos. - Soldar totalmente las láminas de la segunda capa a la primera y en los solapos. - En los bordes y en los encuentros se coloca una capa de imprimación.

22. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS PLANAS. IMPERMEABILIZACIÓN CON MATERIALES SINTÉTICOS (PVC)				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
22.1. CONTROL DE RECEPCIÓN				
22.1.1. Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto.				
22.1.2. Comprobación datos de origen				
22.1.3. Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas en función de su uso: - Estanquidad - Resistencia a la penetración de raíces - Envejecimiento artificial - Resistencia a la fluencia (°C) - Estabilidad dimensional (%) - Resistencia al calor (°C) - Plegabilidad a bajas temperaturas (°C) - Resistencia a la carga estática (Kg) - Resistencia a la carga dinámica (mm) - Alargamiento a la rotura (%) - Resistencia a la tracción (N/5 cm o Mpa)				
22.1.4. Distintivos de calidad				
22.1.5. Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto				
22.1.6. Condiciones de suministro				
22.2. CONTROL DE EJECUCIÓN				
22.2.1. Comprobar antes de impermeabilizar que el soporte está seco				Humedad<8%
22.2.2. Vto. Bº. al soporte de cobertura.				
22.2.3. Control de las condiciones climatológicas: - La temperatura ambiente tiene que ser mayor de: - 5°C para los adhesivos en colocación semiadherida y para la soldadura con disolventes - -5°C para la soldadura con aire caliente - Comprobar que durante la interrupción de los trabajos, se protegen adecuadamente los materiales.				
22.2.4. Realización de rozas o encuentros en los antepechos para recibir la impermeabilización.				
22.2.5. Realización de los ángulos de encuentros.				
22.2.6. Colocación de placas de anclaje de antenas				
22.2.7. Realización de las bocas de desagüe				
22.2.8. Colocación de bajantes				
22.2.9. Ejecución de la impermeabilización: - comprobación de si hay que colocar capas separadoras - comprobación de las anchuras de los solapas. - comprobación de que no se suelden más de tres láminas en un solo punto. - comprobación de que el encuentro entre 3 planos se ha reforzado - Comprobación de las soldaduras - Membranas semiadheridas: - adhesivo regularmente repartido en al menos el 50% de la superficie - comprobación de las uniones entre 2 láminas - Membranas fijadas mecánicamente: controlar el Nº de anclajes/m².				
22.2.10. Puntos singulares: - encuentro con paramentos verticales - encuentro con el sumidero y bajante - limatesas y limahoyas - juntas de dilatación - otros				
22.3. CONTROL DE ACEPTACIÓN				
22.3.1. Se procederá según lo descrito en el cuadro 23				
22.3.2. Protección de la impermeabilización una vez ejecutada hasta la reanudación de los trabajos siguientes				
Observaciones				

23. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS PLANAS. PRUEBAS DE SERVICIO				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
23.1. PRUEBA DE SERVICIO POR INUNDACIÓN				Para cubiertas planas inundables
23.1.1. Obturación de desagües				
23.1.2. Inundación hasta un nivel 5 cm por debajo del punto más alto de la entrega más baja de la impermeabilización en paramentos y teniendo en cuenta que la carga de agua no sobrepase los límites de resistencia de la cubierta				
23.1.3. Mantener durante 24 horas				
23.1.4. Destapar los desagües de forma progresiva				
23.2. PRUEBA DE SERVICIO POR RIEGO				Para cubiertas planas no inundables
23.2.1. Riego continuo durante 48 horas.				
23.3. CONTROL DE ACEPTACIÓN				
23.3.1. Aceptación de la cubierta después de observar que no han aparecido humedades o goteos en el plano inferior del forjado bajocubierta, en las superficies interior y exterior de los cerramientos que la delimitan.				
Observaciones				

24. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS PLANAS. AISLAMIENTO TÉRMICO				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
24.1. PLACAS RÍGIDAS. POLIESTIRENO EXTRUDIDO				
24.1.1. Control de recepción – Empaquetado de las placas en fundas de plástico – Comprobación de los datos de origen: nombre comercial, fabricante, siglas XPS y tipo de producto, clase, resistencia térmica, reacción al fuego M1, fecha de fabricación, Nº norma UNE. – Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas en función de su uso: – densidad – conductividad térmica – resistencia a la transmisión de vapor de agua – absorción de agua – resistencia a compresión – tipo de reacción al fuego – Distintivos de calidad – Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto – Acopio horizontalmente sobre superficie plana y limpia – Protección de la insolación directa y del viento – Comprobaciones formales: caras planas y paralelas, ángulos rectos, aristas vivas, cantos machihembrados (las que lo requieran)				
24.1.2. Control de ejecución – Colocación de las placas a tope y a rompejunta – Colocación en dos capas si el espesor es mayor de 5 cm – Continuidad del aislamiento en todos los puntos – Resolución de puentes térmicos				
24.2. PLACAS NO RÍGIDAS. LANAS MINERALES				
24.2.1. Control de recepción – Suministro de las placas en rollos – Comprobación de los datos de origen: nombre del producto, marca, año de fabricación, reacción al fuego, resistencia y conductividad térmica, designación, dimensiones, tipo de revestimiento, Nº de piezas y área de embalaje. – Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas en función de su uso: – densidad – conductividad térmica – resistencia a la transmisión de vapor de agua – resistencia a compresión – absorción de agua – tipo de reacción al fuego – Distintivos de calidad – Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto – Acopio horizontalmente sobre superficie plana y limpia – Protección de la insolación directa, la lluvia y el viento				
24.2.2. Control de ejecución – Colocación del aislamiento conforme al proyecto – Continuidad del aislamiento en todos los puntos – Resolución de puentes térmicos – Fijación de los paneles				
Observaciones				

25. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS PLANAS. CAPAS DE PROTECCIÓN Y ACABADO				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
25.1. GRAVA				
25.1.1. Control de recepción – Identificación del material conforme al proyecto: tipo de material y dimensiones				
25.1.2. Control de ejecución – Colocación previa de capa separadora: fieltro sintético filtrante – Comprobar la limpieza de los áridos – Replanteo del nivel de la grava – Vertido y extendido del árido – Comprobación del espesor y de su uniformidad – Comprobación de la pendiente – Disposición de pasillos transitables para mantenimiento – Comprobación de que los sumideros tienen paragravillas				
25.2. PAVIMENTO EN PLACAS				
25.2.1. Control de recepción – Identificación del material conforme al proyecto: tipo de material, forma y dimensiones – Comprobación de los datos de origen – Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas en función de su uso: – Absorción de agua – Resistencia a flexión – Resistencia a la helada – Resistencia a la abrasión – Dureza – Dilatación térmica – Otras (resistencia química, etc.) – Distintivos de calidad – Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto – Comprobación de las características superficiales. Ausencia de defectos: – roturas, grietas – deformaciones – imperfecciones				
25.2.2. Control de ejecución – Pavimento flotante: – replanteo de distanciadores – colocación de las placas sobre distanciadores – comprobación de la pendiente especificada – comprobación de que las juntas quedan abiertas – comprobación de que los sumideros van provistos de rejillas – Pavimento fijo: – Replanteo de las piezas – Comprobación del espesor de la capa de mortero – Comprobación de que se dejan y respetan las juntas previstas: – Estructurales – Del soporte de cobertura – De dilatación del pavimento – Comprobación de la pendiente – Relleno de las juntas – comprobación de que los sumideros van provistos de rejillas				

25. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS PLANAS. CAPAS DE PROTECCIÓN Y ACABADO				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
25.3. TIERRA VEGETAL				
- Colocación de la capa drenante - Colocación de la capa separadora: fieltro sintético filtrante sobre la capa drenante - Colocación de la tierra vegetal. Comprobación del espesor - Plantación de vegetación - Comprobación de los desagües: arqueta-sumidero, etc.				
25.4. CAPA DE RODADURA				
- Colocación de la capa separadora - Vertido de la capa de protección de mortero: - Comprobación del espesor - Ejecución de la capa de rodadura (Aglomerado asfáltico o losa de hormigón): - Comprobación de características - Comprobación del espesor - Comprobación de los desagües				
25.5. CAPA DE AGUA				
- Preparación de la superficie, si procede - Colocación de revestimiento, si procede - Comprobación de los desagües - Comprobación del alimentador de agua - Llenado de agua - Aplicación de fungicidas				
Observaciones				

26. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS PLANAS. EVACUACIÓN DE AGUAS Y RESOLUCIÓN DE PUNTOS SINGULARES. PRUEBAS DE SERVICIO				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
26.1. SUMIDEROS				
26.1.1. Control de recepción – Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo de material y dimensiones – Comprobación datos de origen (documentación exigible) – Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto – Distintivos de calidad – Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto – Ausencia de defectos: roturas, deformaciones, etc.				
26.1.2. Control de ejecución – Replanteo de los sumideros (separados 50 cm de paramentos verticales) – Comprobación de los bordes redondeados en el encuentro con el hormigón de pendiente – Montaje de la pieza de sumidero, con el ala de solape sobre el hormigón de pendiente (imper. monocapa) o sobre la 1ª lámina de impermeabilización (imper. bicapa). – Solape de la impermeabilización sobre el ala del sumidero (mínimo 10 cm sobre las alas del sumidero) – Comprobación de que la unión entre impermeabilización y ala del sumidero ha quedado perfectamente cerrada y estanca – Protección del elemento frente a golpes y mal uso.				
26.2. CANALONES				
26.2.1. Control de recepción – Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo de material, sección y dimensiones – Comprobación datos de origen (documentación exigible) – Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto – Distintivos de calidad – Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto – Ausencia de defectos: roturas, deformaciones, etc.				
26.2.2. Control de ejecución – Replanteo y trazado del canalón – Preparación del soporte – Montaje de las piezas partiendo del punto de desagüe (solapes > 5 cm) – Empalme de las piezas – Comprobación de la pendiente y solapes – Solape de la impermeabilización sobre las alas del canalón (mínimo 10 cm) – Comprobación de que la unión entre impermeabilización y ala del canalón ha quedado perfectamente cerrada y estanca – Protección del elemento frente a golpes y mal uso.				
26.3. BAJANTES				
26.3.1. Control de recepción – Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo de material, sección y dimensiones – Comprobación datos de origen (documentación exigible) – Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto – Distintivos de calidad – Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto – Ausencia de defectos: roturas, deformaciones, corrosiones, etc.				
26.3.2. Control de ejecución – Replanteo y trazado – Marcado de la situación de las abrazaderas – Fijación de las abrazaderas – Montaje en sentido descendente – Protección frente a golpes y mal uso				

26.4. JUNTAS				
26.4.1. Control de recepción – Identificación de los productos necesarios conforme al proyecto: tipo de material y dimensiones				
26.4.2. Control de ejecución – Comprobación del espesor de las juntas (interrupción de la estructura y soporte de cobertura): – Mínimo 3 cm, para juntas estructurales – Mínimo 1 cm, para juntas del soporte de cobertura – Levante de ladrillo o mortero en los bordes de la junta – Comprobar esquinas redondeadas para poder impermeabilizar – Impermeabilización inferior – Colocación del material de junta: – Perfil conformado para juntas estructurales – Poliestireno expandido o material flexible para juntas del soporte de cobertura – Impermeabilización superior				
26.5. ENCUENTRO CON PARAMENTO VERTICAL Y ELEMENTOS PASANTES				
26.5.1. Control de recepción – Identificación de los perfiles o productos conforme a las especificaciones del proyecto: tipo de material, sección y dimensiones – Comprobación datos de origen (documentación exigible) – Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto – Distintivos de calidad – Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto – Ausencia de defectos: roturas, deformaciones, corrosiones, etc.				
26.5.2. Control de ejecución – Limpieza y preparación del soporte – Replanteo del elemento – Colocación de láminas o bandas flexibles por encima del material de cobertura. – Realización de juntas entre láminas o bandas flexibles – Fijación de las láminas o bandas al paramento vertical (tienen que subir 20 cm) – Protección hasta acabar la obra				Altura de la impermeabiliz. sobre el param. vertical: 20 cm por encima de la capa final de protección
26.6. CLARABOYAS Y LUCERNARIOS				
26.6.1. Control de recepción – Identificación del producto conforme a las especificaciones del proyecto: tipo de material, sección y dimensiones – Comprobación datos de origen (documentación exigible) – Certificado CE, certificado de garantía, o ensayo previo de las características técnicas del producto – Distintivos de calidad – Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto – Ausencia de defectos: roturas, deformaciones, etc.				
26.6.2. Control de ejecución – Comprobación del replanteo de los huecos – Ejecución del zócalo de apoyo – Impermeabilización del encuentro subiendo por el zócalo de apoyo (idem. Encuentro con paramento vertical, ver fila 26.5) – Claraboya: – colocación de la cúpula: aplomado y fijación – Lucernarios: – Colocación de los perfiles de sustentación, – material transparente (si son placas de polycarbonato celular, es necesario comprobar cuál es la cara protegida a la radiación solar, y que las celdillas se coloquen tapadas con cintas en los extremos para evitar la entrada de polvo en su interior) – perfiles de fijación del lucernario – elementos de sellado				Altura del zócalo: 20 cm por encima de la capa final de protección

Continúa

26. CONTROL DE EJECUCIÓN CUBIERTAS PLANAS. EVACUACIÓN DE AGUAS Y RESOLUCIÓN DE PUNTOS SINGULARES. PRUEBAS DE SERVICIO				
ACTIVIDADES	CORRECTO			OBSERVAC.
	SI	NO	NP	
26.7. CONTROL DE ACEPTACIÓN, PRUEBA DE SERVICIO				
26.7.1. Prueba de estanquidad de: - Taponar los sumideros o bajantes, llenar de agua hasta el nivel requerido: 5 cm por debajo del punto más alto de la entrega más baja de la impermeabilización - Se acepta cuando no aparecen goteras después de 24 horas				Ver ficha 23
26.7.2. Prueba de impermeabilidad cuando no sea posible la inundación: - simulacro de lluvia durante 6 horas sin interrupción - Se acepta cuando no aparecen goteras después de 48 horas				Ver ficha 23
26.7.3. Comprobación de la ventilación de las cámaras de aire, si procede				
Observaciones				

6.3. CRITERIOS DE USO Y MANTENIMIENTO DE CUBIERTAS

La falta de mantenimiento en un edificio o las condiciones de uso inadecuadas en el mismo es una de las causas de la aparición de lesiones (capítulo 7 de este libro). Actualmente, tanto la Ley de Ordenación de la Edificación como el Código Técnico obligan a los propietarios y usuarios a mantener y usar adecuadamente el edificio.

En el artículo 8 del Código Técnico de la Edificación se establecen las siguientes obligaciones para los propietarios y usuarios en el uso y conservación del edificio:

- *El edificio y sus instalaciones se utilizarán adecuadamente de conformidad con las instrucciones de uso, absteniéndose de hacer un uso incompatible con el previsto. Los propietarios y los usuarios pondrán en conocimiento de los responsables del mantenimiento cualquier anomalía que se observe en el funcionamiento normal del edificio.*
- *El edificio debe conservarse en buen estado mediante un adecuado mantenimiento. Esto supondrá la realización de las siguientes acciones:*
 - *a) llevar a cabo el plan de mantenimiento del edificio encargando a personal competente las operaciones programadas para el mantenimiento del mismo y de sus instalaciones.*
 - *b) Realizar las inspecciones reglamentariamente establecidas y conservar su documentación.*
 - *c) Documentar a lo largo de la vida útil del edificio todas las actuaciones, ya sean de reparación, reforma o rehabilitación realizadas sobre el mismo, bien mediante un proyecto en aquellas intervenciones en las que fuera obligatorio, como mediante la documentación e instrucciones que el libro del edificio establezca en el manual de uso y mantenimiento.*

Una vez acabada la obra, en el Libro del edificio se recogerá, entre otros documentos, el Manual de uso y mantenimiento del edificio, que puede contener:

- Las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones con especial énfasis en la cubierta, fachadas y sistemas de evacuación e instalaciones.
- Las limitaciones de uso del edificio en su conjunto y de cada una de sus dependencias e instalaciones tales como:
 - aforo máximo previsto;
 - sobrecargas de uso máximas
 - peso propio máximo previsto para los revestimientos susceptibles de sustitución;
 - las limitaciones de uso de las instalaciones;
 - las que reglamentariamente se establezcan.
- El plan de mantenimiento del edificio en el que figure la planificación y programación de las inspecciones y operaciones necesarias de mantenimiento previstas a lo largo de la vida útil del edificio, así como un procedimiento de documentación y archivo de todas las actuaciones de mantenimiento y reparación de desperfectos o modificaciones que se produzcan

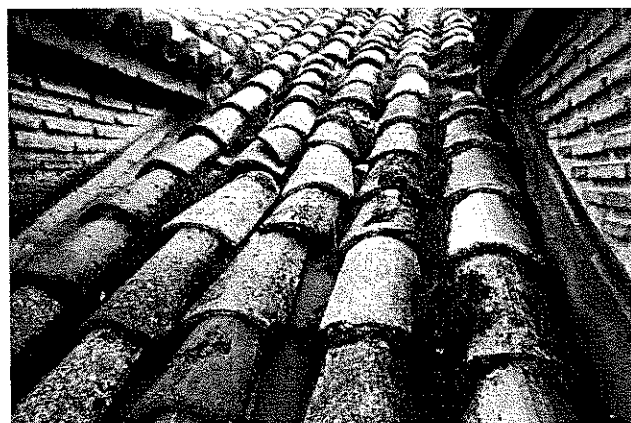


Figura 6.8. Falta de mantenimiento en cubiertas



Figura 6.9. Cubierta plana accesible para mantenimiento

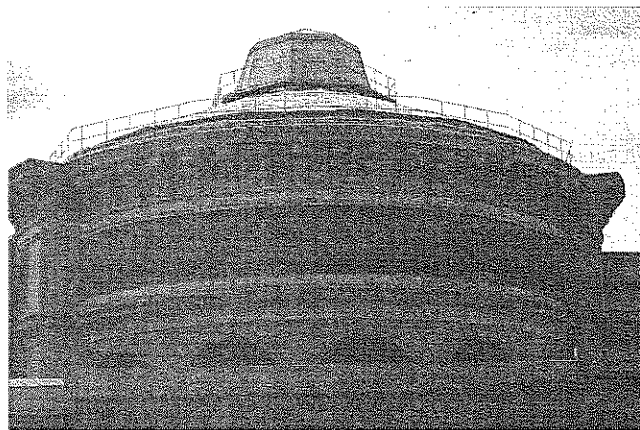


Figura 6.10. Cubierta inclinada accesible para mantenimiento

en el edificio. Este plan de mantenimiento, así como el registro de todas las actuaciones previstas en él, permitirán comprobar que se mantienen las prestaciones iniciales del edificio para cada requisito básico.

En el caso que nos ocupa es conveniente que se establezcan, en el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, unos criterios de mantenimiento de las cubiertas con indicación del uso pre-

visto y de las operaciones de inspección, reconocimiento, renovación de los materiales, control del estado de los mismos, etc., que permitan detectar lesiones cuanto antes y las que previsiblemente se pudieran originar, y así poder adoptar las medidas necesarias de corrección. Una vez finalizadas las obras, estas especificaciones pasarán a formar parte del libro del edificio junto con las que se hayan generado a partir de las modificaciones introducidas durante la ejecución de las obras. El fin que se pretende es el de mantener en buen estado de uso y conservación las cubiertas, para prevenir lesiones y por razones de rentabilidad económica.

6.3.1. Condiciones de uso de las cubiertas

Las cubiertas deben utilizarse exclusivamente para el uso previsto. Las planas no transitables y las inclinadas sólo podrán ser accesibles para mantenimiento y siempre con calzado adecuado y con las medidas de seguridad necesarias. Se dispondrán pasillos de mantenimiento y de acceso a toda instalación que quede sobre la cubierta (figuras 6.9, 6.10 y 6.11).

Se debe evitar el almacenamiento de materiales sobre la cubierta que puedan deteriorar la cobertura o la impermeabilización o que puedan sobrepasar la carga máxima que la cubierta puede soportar (Figuras 6.12 y 6.13). Tampoco pueden verse productos químicos agresivos, tales como aceites, disolventes, etc., sobre la impermeabilización o sobre el aislamiento térmico.

Una vez acabada la obra, no se pueden modificar las características funcionales y formales de los faldones y del sistema de evacuación de aguas, sin la intervención de un técnico competente en la materia.

Cuando se vayan a colocar elementos como antenas, mástiles, placas solares, instalaciones, etc. sobre la cubierta ya ejecutada, hay que evitar perforar la cobertura o la impermeabilización. Para ello preferentemente se fijarán sobre paramentos verticales o se dispondrán bancadas flotantes, o se impermeabili-

zará el encuentro adecuadamente como si de un elemento pasante se tratara. Es conveniente en el caso de cubiertas planas, consultar con el instalador del sistema de impermeabilización.

En las cubiertas ajardinadas, deben tomarse precauciones especiales en el uso de herramientas y útiles necesarios para efectuar las labores de jardinería, con objeto de evitar daños a la membrana impermeable.

6.3.2. Condiciones de mantenimiento de las cubiertas

Las obras de mantenimiento que deben realizarse en las cubiertas para conseguir unas condiciones normales de uso, es conveniente que se lleven a cabo anualmente, y comprenden:

- Limpieza de la cubierta, canalones, sumideros y rebosaderos, eliminando las hojas y depósitos de suciedad. Se realizará con herramientas adecuadas, cuidando de no estropear los materiales con objetos puntiagudos o cortantes. Asimismo se debe eliminar la vegetación parásita y los materiales acumulados por el viento junto con la tierra que los sustenta (figura 6.14).
- Restauración de la cobertura o de las capas de protección en las partes donde haya disminuido o desaparecido, para evitar la entrada de agua o el envejecimiento prematuro del sustrato protegido de la acción solar (figura 6.15).
- Revisión, y reparación si procede, de:
 - Entregas perimetrales a puntos singulares. Deben revisarse todas las uniones a muros perimetrales, chimeneas, cajas de escalera, elementos pasantes, etc., comprobando que el acabado y protección subsisten en buen estado, y en su caso, reparar los revocos fisurados, piezas desprendidas o láminas desganchadas.
- Juntas y sellados. Comprobar la continuidad de las mismas, controlando si hay agrieta-

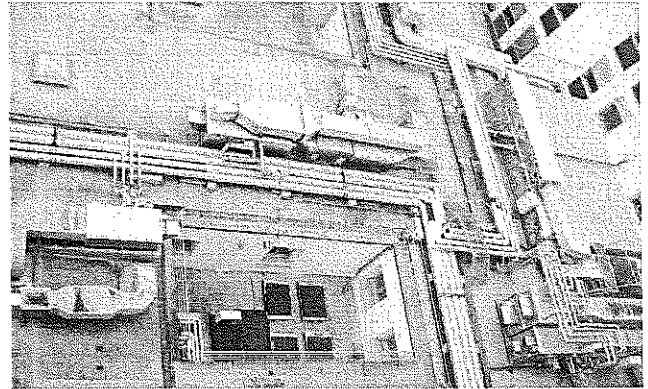


Figura 6.11. Accesos a instalaciones en cubierta. Pasarelas

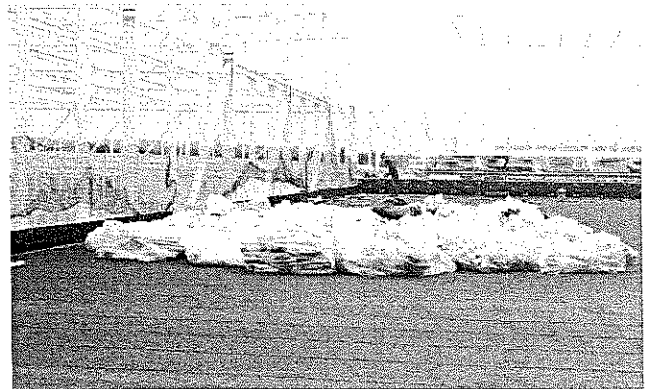


Figura 6.12. Precaución en el almacenamiento de materiales sobre cubierta

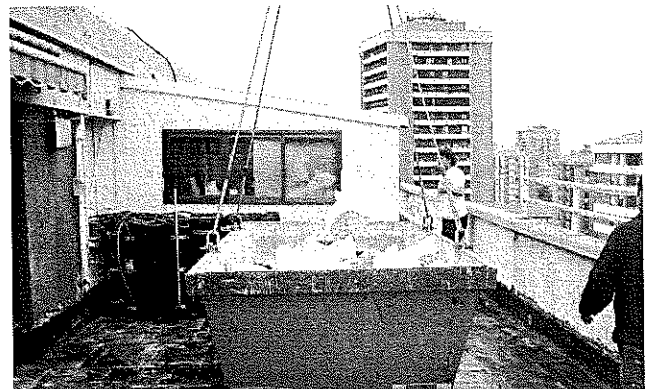


Figura 6.13. Protección de la impermeabilización para colocación de cargas

miento o desprendimiento, en cuyo caso, deben rehacerse restableciendo la continuidad o adherencia.

- Desprendimiento de cualquier elemento de la cubierta.
- Verificación de las fijaciones, sobre todo en los puntos singulares.



Figura 6.14. Actividades de mantenimiento. Limpieza de cubierta y canalones



Figura 6.15. Actividades de mantenimiento. Restitución de la cubierta

Estos trabajos de mantenimiento requerirán otros previos de inspección periódica, que pueden realizarse semestralmente:

- Comprobación del funcionamiento del sistema de evacuación de agua.
- Comprobación de la aparición de humedades y mohos en plantas bajo cubierta.
- Comprobación del estado de limpieza.
- Comprobación del buen estado del material de cobertura o capa de protección, y de los puntos singulares.

También es conveniente realizar estas comprobaciones cuando se hayan producido grandes lluvias torrenciales y siempre que se haya ejecutado algún trabajo sobre la cubierta.

Todas estas actividades deben llevarse a cabo por personal debidamente cualificado y dotado de los elementos de seguridad necesarios en cada caso. Las reparaciones de la impermeabilización deben realizarse por personal especializado.

Además, en el caso de las cubiertas inclinadas, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El personal encargado de mantenimiento debe ir provisto con calzado de suela antideslizante y con cinturón de seguridad (figura 6.16).
- Se deben colocar ganchos de servicio (mínimo dos) para el anclaje del cinturón de seguridad (figura 6.17).
- No se debe transitar cuando la cubierta esté mojada.
- Se comprobará el estado de las fijaciones de las piezas de cobertura: oxidaciones, posibles desprendimientos, etc. (figura 6.18).

6.4. CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD

En la ejecución de la cubierta hay que tener especial cuidado en la prevención de riesgos, especial-

mente los de caída de personas u objetos a un nivel inferior, y en el cumplimiento de las condiciones de seguridad y salud.

Las obras de ejecución de este subsistema comprenden las fases de, estructura de cubierta (en este libro no se trata específicamente este tema), soporte de cobertura, aislamientos, impermeabilización o cobertura, sistema de evacuación de aguas y resolución de puntos singulares. En cada una de estas fases es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Se revisará periódicamente y se conservará adecuadamente la maquinaria empleada en este tipo de trabajos, en particular dispositivos de seguridad (figura 6.19).
- Se acotarán y señalizarán las zonas inferiores sobre las que se estén realizando trabajos,

6.4.1. Riesgos más comunes

Los riesgos más comunes que existen en este tipo de trabajo son:

- Caída de personal a distinto nivel.
- Caída al mismo nivel.
- Caída desde los medios auxiliares.
- Caída de objetos a niveles inferiores.
- Golpes o cortes por manejo de herramientas manuales.
- Sobreesfuerzos.
- Quemaduras, incendios.
- Hundimiento de la superficie de apoyo.

6.4.2. Normas básicas de seguridad

Se acometerán las siguientes medidas básicas de seguridad:

- No se deben emplear en trabajos de altura, personas propensas a mareos o vértigos, o que padezcan alguna enfermedad o defecto físico que incremente el riesgo de accidente.
- Las personas que vayan a trabajar en altura serán convenientemente instruidas sobre los riesgos que corren y sobre el uso de los medios de protección adecuados para evitarlos.
- Las zonas de trabajo se mantendrán limpias, ordenadas y suficientemente iluminadas.



Figura 6.16. Medidas de seguridad en el mantenimiento de cubiertas inclinadas



Figura 6.17. Ganchos de seguridad en cubiertas inclinadas

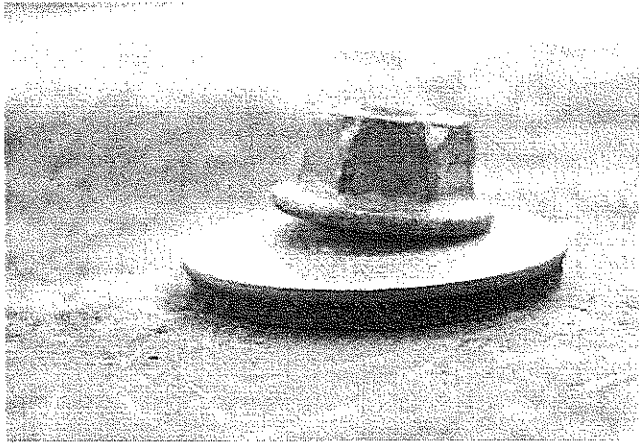


Figura 6.18. Comprobación de fijaciones de coberturas

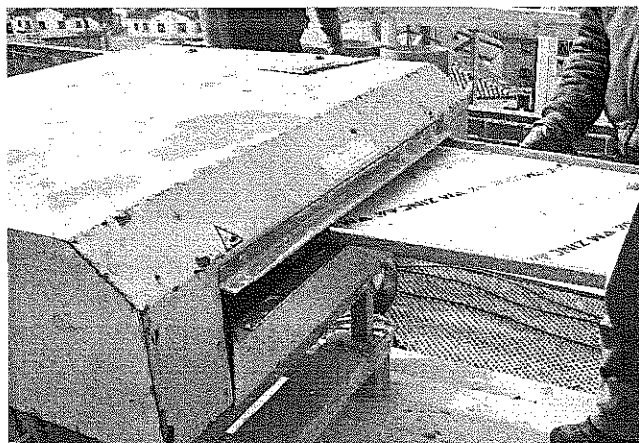


Figura 6.19. Revisión periódica de la maquinaria utilizada en la ejecución de los trabajos

regulando la circulación de personas por ellas e indicando el riesgo de caída de objetos.

- El personal usará siempre casco. Será obligatorio el cinturón de seguridad cuando no sea posible evitar, mediante las correspondientes protecciones fijas, el riesgo de caída. En este caso deberán preverse amarres de suficiente resistencia para enganchar el mosquetón.

- Si por la índole del trabajo, no es factible el empleo del cinturón, se colocarán redes de protección.
- Las pasarelas situadas a más de dos metros de altura sobre el suelo o piso tendrán una anchura mínima de 60 centímetros, deberán poseer un piso unido y dispondrán de barandilla de 90 centímetros de altura y rodapiés de 20 cm.
- Las plataformas, pasarelas, andamios y en general, todo lugar en que se realicen los trabajos, deberán disponer de accesos fáciles y seguros; se mantendrán libres de obstáculos, adoptándose las medidas necesarias para evitar que el piso resulte resbaladizo.

6.4.3. Medidas preventivas

Se tendrán en cuenta las siguientes medidas preventivas:

- Sólo accederá a cubierta el personal autorizado, que a su vez, tiene que conocer el sistema constructivo.
- Antes del inicio de las obras se instalarán las medidas de protección colectiva, especialmente:
 - Barandillas de suplemento, que pueden realizarse mediante pies derechos dispuestos sobre mordazas de apretura (figura 6.20).
 - Redes de horca alrededor del edificio, para evitar el riesgo de caída a otros niveles (figura 6.21).
- Si se trata de una cubierta plana, los trabajos en cubierta se iniciarán con la construcción del peto perimetral, si es posible.
- Se realizarán los acopios evitando sobrecargas. Los productos y maquinaria se repartirán uniformemente por la cubierta y se debe tener garantizado su equilibrio estable, cualquiera que sea la pendiente del tejado (figura 6.22).

Si es preciso, se emplearán los elementos de sustentación adecuados.

- Se suspenderán los trabajos sobre la cubierta cuando llueva, nieve, o cuando la temperatura sea inferior a -5°C , o con vientos superiores a los 60 km/h., en prevención del riesgo de caída de personas u objetos.
- A las zonas de trabajo se accederá siempre de forma segura. Se prohíben los puentes de un tablón, saltar a los andamios colgados o viceversa, así como utilizar borriquetas en balcones, terrazas y bordes de forjados si antes no se ha procedido a instalar la red de seguridad, en prevención del riesgo de caída desde altura.
- Los huecos existentes en cubierta, permanecerán protegidos para la prevención de caídas (figura 6.23).
- Todos los huecos de cubierta se mantendrán tapados con elementos resistentes, hasta el inicio de su cerramiento definitivo, descubriéndose conforme se vaya cerrando.
- El acceso a los planos inclinados se realizará por huecos de dimensiones no inferiores a 50 x 70 cm, mediante escaleras de mano que sobrepasen en 1 m la altura a salvar.
- La escalera se apoyará siempre en la cota horizontal más elevada del hueco que haya que pasar, para mitigar en lo posible sensaciones de vértigo.
- La comunicación y circulación necesarias sobre la cubierta inclinada se resolverá mediante pasarelas emplintadas interiormente, de tal forma que absorbiendo la pendiente queden horizontales.
- Sobre la cubierta plana se establecerán caminos de circulación de 60 cm de anchura como mínimo, sobre las zonas en proceso de fraguado, o de endurecimiento, así como cuando se transite sobre placas de material aislante.
- Los recipientes que transporten los líquidos de sellado, (betunes, asfaltos, morteros, siliconas)

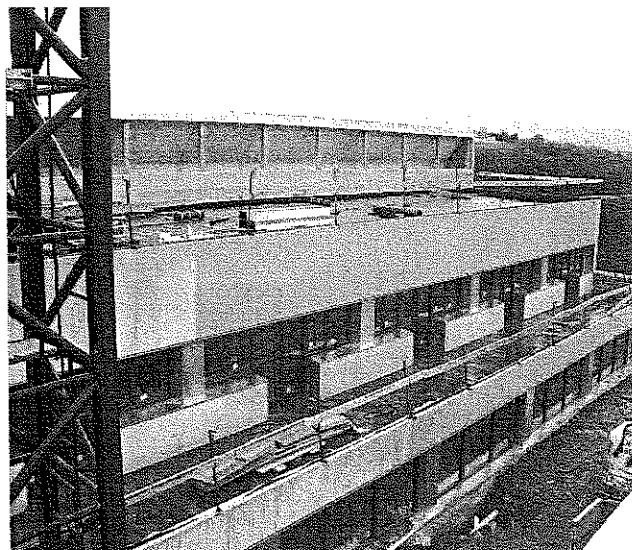


Figura 6.20. Barandillas de seguridad en la ejecución de los trabajos

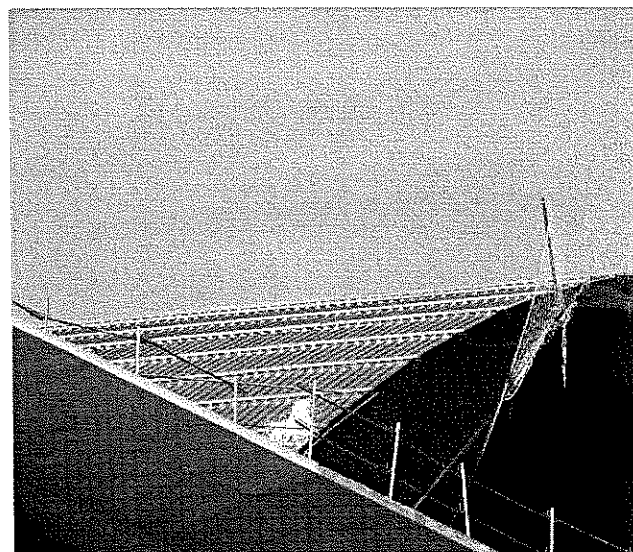


Figura 6.21. Redes y barandillas de seguridad en la ejecución de los trabajos

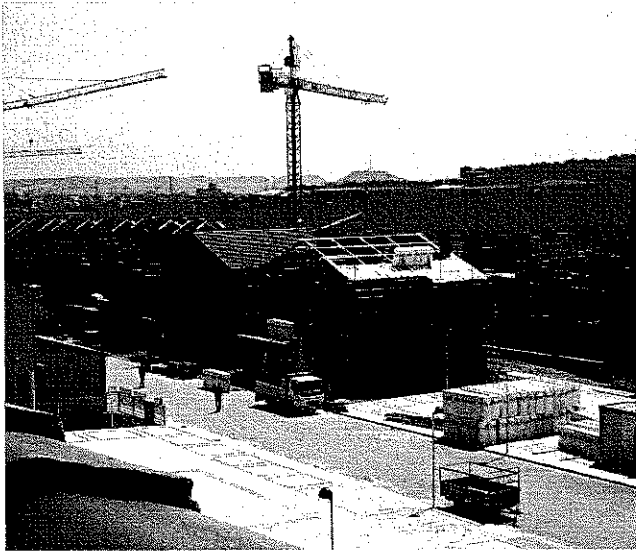


Figura 6.22. Acopios de productos en cubierta

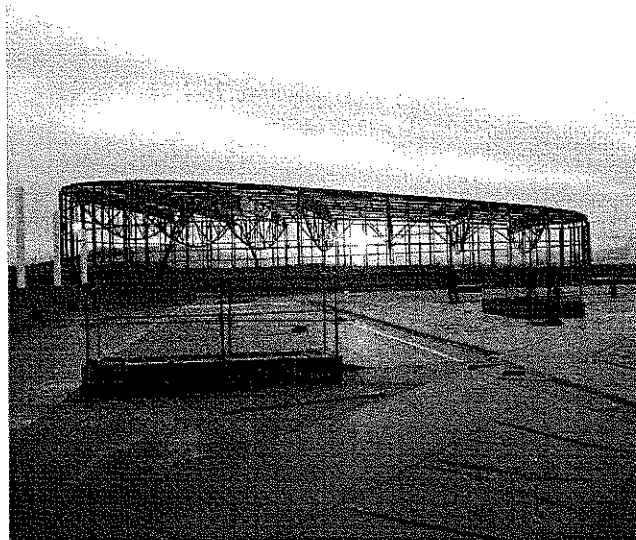


Figura 6.23. Protección de huecos durante la ejecución de los trabajos

se llevarán de tal forma que se garantice que no habrá derrames.

- La ejecución de los faldones y elementos singulares entre planos inclinados se ejecutará, utilizando los cinturones de seguridad sujetos a los cables de acero tendidos entre "puntos fuertes" de la estructura.
- Las planchas de materiales aislantes ligeras, se izarán a la cubierta mediante bateas suspendidas de la grúa a las que no se le habrán saltado los flejes (o la envoltura en los que son servidos por el fabricante, figura 6.24). Estas bateas se gobernarán mediante cabos, nunca directamente con el cuerpo o las manos.
- El manejo de la fibra de vidrio se realizará con guantes y cuando sea necesario recortar, doblar o cualquier otra manipulación de los paneles, se usará mascarilla de protección.
- Las planchas de cualquier material se cortarán sobre banco. Sólo se admiten cortes sobre el suelo para los pequeños ajustes.
- Existirá un almacén habilitado para los productos impermeabilizantes e inflamables, que se conservará perfectamente en orden, limpio y siempre ventilado. En el exterior junto al acceso, existirá un extintor de polvo químico seco.
- Las bombonas de gases (butano o propano) de las lamparillas o mecheros de sellado de materiales bituminosos, se almacenarán separados de éstos en posición vertical y a la sombra. En los accesos a cubierta, se instalarán letreros de "peligro de incendios por uso de sopletes o mecheros de gas", para recordar constantemente al personal la existencia de este riesgo. El vigilante de seguridad comprobará, que han sido apagados los mecheros o sopletes en la interrupción de cada fase de trabajo.
- La cubierta que se ejecuta, se mantendrá en todo momento limpia y libre de obstáculos que

dificulten la circulación sobre la misma o los trabajos (figura 6.25).

- Los plásticos, cartón, papel y flejes procedentes de embalaje se recogerán inmediatamente después de ser abiertos los paquetes, para su eliminación posterior.

6.4.4. Medidas de protección personal

Es conveniente la utilización de los siguientes elementos de protección personal que deben estar homologados:

- Casco de seguridad.
- Guantes de protección.
- Gafas protectoras.
- Botas de seguridad o calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad.
- Traje impermeable o ropa de trabajo adecuada, por ejemplo, contra quemaduras.

6.4.5. Medidas de protección colectiva

Para la protección general se utilizarán:

- Barandillas.
- Marquesinas.
- Protección de escaleras y huecos
- Redes perimetrales.
- Los grandes huecos (patios) se cubrirán con una red horizontal instalada alternativamente para dos plantas, para la prevención de caídas.
- Los huecos permanecerán constantemente con las protecciones instaladas en la fase de estructura, reponiéndose aquéllas que estén deterioradas.
- En las zonas con peligro de caída desde altura, se instalarán señales de "peligro de caída desde altura" y de "obligatorio utilizar el cinturón de seguridad".

- Junto a la salida a cubierta, se dispondrá de forma permanente una plataforma portátil ligera (en aluminio, por ejemplo) para utilizar durante las operaciones de mantenimiento o sustitución de elementos.

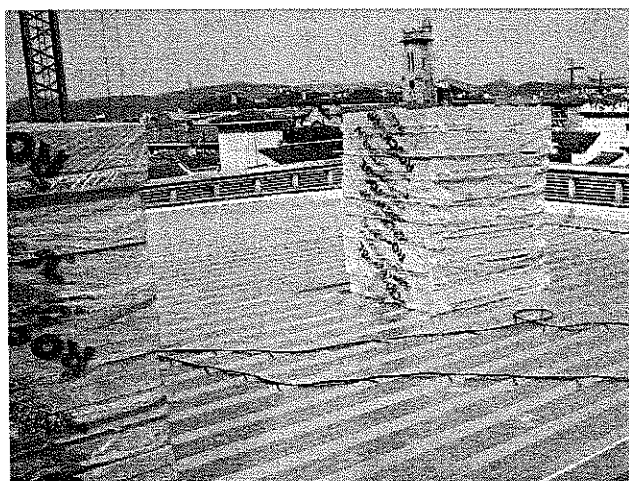


Figura 6.24. Manejo y acopio de los materiales aislantes ligeros con la envoltura servida por el fabricante



Figura 6.25. Mantener la cubierta limpia durante la ejecución de los trabajos

7

PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS

Introducción

7.1. Lesiones de cubiertas planas

7.1.1. Patología de cubiertas planas ocasionada por el agua

Cubierta corriente

7.1.2. Lesiones del soporte de cubierta

7.1.3. Lesiones de la impermeabilización

7.1.4. Lesiones debidas a deformación contemporánea de las vigas y del aislamiento

7.1.5. Lesiones de la capa de protección y aislamiento

7.1.6. Lesiones del sistema de evacuación de aguas

7.1.7. Lesiones de los puntos singulares

7.2. Lesiones de cubiertas inclinadas

7.2.1. Tipos de cubiertas inclinadas que se utilizan

Cubierta calada

Cubierta fina

7.2.2. Lesiones de la impermeabilización

7.2.3. Lesiones del soporte de cubierta

7.2.4. Lesiones por rotura

7.2.5. Lesiones debidas a deformación contemporánea de las vigas y del aislamiento

7.2.6. Lesiones del sistema de evacuación de aguas

7.2.7. Lesiones de los puntos singulares

7.3. Inspección y diagnóstico de las lesiones de cubiertas

7.4. Inspección de lesiones y diagnóstico

7.5. Reparación de lesiones de cubiertas

7.5.1. Criterios generales

7.5.2. Reparación de cubiertas planas

7.5.3. Reparación de cubiertas inclinadas

Criterios de intervención en cubiertas inclinadas

Técnicas de rehabilitación en cubiertas inclinadas

7.5.4. Reparación de los puntos singulares

Anexo 9. Actuaciones de rehabilitación en cubiertas inclinadas. Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

La cubierta es normalmente, el sub-sistema del edificio más castigado, ya que los agentes atmosféricos y algunas otras acciones inciden sobre él más directamente y con mayor frecuencia e intensidad que sobre el resto del edificio.

Las causas de que las cubiertas se deterioren se derivan del mal diseño de las soluciones constructivas, del uso de materiales no indicados, de una mala ejecución y de una vigilancia, inspección y mantenimiento inadecuados. Además se pueden producir lesiones por el incumplimiento de las exigencias que se han descrito en el capítulo 2 de esta publicación.

En especial, es un hecho constatado el envejecimiento de las construcciones en los Cascos Antiguos, donde destaca la tipología edificatoria del parcelario gótico, origen de una determinada forma de hacer ciudad que condiciona tanto su estructura urbana como su propio proceso de rehabilitación. Este parcelario se manifiesta perfectamente a través de su vista aérea, donde los tejados son el elemento protagonista y motivo de reflexión sobre su estado, teniendo en cuenta que la estabilidad y funcionalidad del resto del edificio depende muchas veces del comportamiento de sus cubiertas. A su vez, las continuas actuaciones de ampliación o levante que han sufrido los edificios a lo largo del tiempo, la mala resolución de los puntos singulares y de los encuentros con los edificios colindantes, han llevado a una progresiva degradación de estos cerramientos cuya rehabilitación tiene que contemplar la adecuación a los requisitos actuales de la edificación.

7.1. LESIONES DE CUBIERTAS PLANAS

7.1.1. Tipología de cubiertas planas que rehabilitar

Se exponen a continuación las tipologías de cubiertas horizontales que generalmente nos encontramos en los edificios con necesidades de rehabilitación.

Cubierta fría. *Cubiertas con cámara de aire ventilada*

A. *Cubierta fría sin lámina impermeabilizante, también llamada cubierta a la catalana.* Se levantan sobre el forjado tabiques de ladrillo hueco con cierta separación para garantizar con la cámara el aislamiento térmico o para permitir la ventilación. Sobre ellos se coloca doble tablero de rasilla y solado de baldosín catalán (figura 7.1).

Las lesiones frecuentes que presentan son:

- Humedades debidas a roturas, movimientos diferenciales, desplazamientos de apoyos, etc.
- Pérdidas excesivas de calor en invierno, al no disponer de aislamiento térmico. Sin embargo, las cubiertas con cámara de aire ventilada pueden presentar en verano un comportamiento mejor que las que no disponen de ella.

B. *Cubierta fría con lámina impermeabilizante y aislamiento térmico.* Similar a la anterior, pero disponiendo una lámina impermeable por encima del doble tablero de rasilla, que podrá ser autoprotégida o necesitar de otro tipo de protección, como el solado

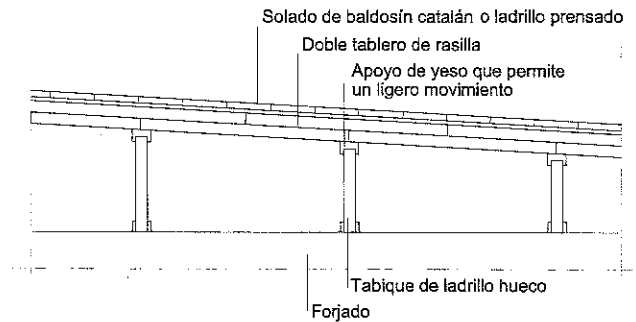


Figura 7.1. Cubierta fría sin lámina impermeabilizante

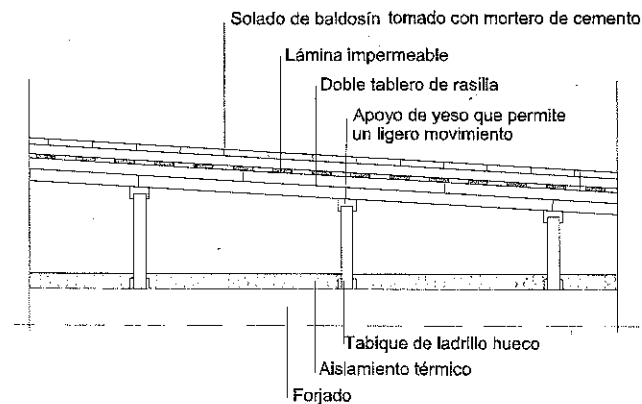


Figura 7.2. Cubierta tradicional fría con lámina impermeabilizante

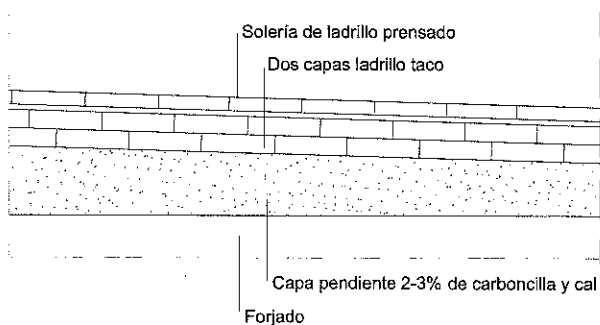


Figura 7.3. Cubierta tradicional caliente sin lámina impermeabilizante

de baldosín catalán cogido con mortero de cemento (figura 7.2).

Esta cubierta presenta lesiones similares a la anterior.

Con la aparición de los materiales de aislamiento térmico, éste se coloca entre los tabiques y puede tener un mejor comportamiento en verano si se ventila la cámara de aire.

Cubierta caliente. Cubiertas sin cámara de aire ventilada

Dentro de las cubiertas horizontales, las cubiertas calientes, sin cámara de aire ventilada, son las más frecuentes. Dependiendo de la época de construcción y de la zona geográfica y climática se construían con o sin lámina impermeable.

C. *Cubierta caliente sin lámina impermeabilizante.* Este tipo de cubierta, también llamada cubierta a la andaluza, en la actualidad ya no se emplea. Sobre el forjado se disponía una capa de pendiente, del 2% al 3%, formada por carboncilla y cal. Encima se colocaban otras dos, de ladrillo taco tomado con mortero de cal y solería de ladrillo prensado (figura 7.3).

Fundamentalmente las lesiones que presentan son:

- Falta de aislamiento térmico.
- Humedades de infiltración por la falta de mantenimiento y por el deterioro de los materiales constituyentes.

D. *Cubierta caliente con lámina impermeabilizante.* Compuesta por una capa de pendiente de hormigón celular sobre el forjado horizontal, a la que se le confiaba la función más o menos aislante. Encima se sitúa la impermeabilización, que puede ser autoprottegida o no (figura 7.4). En este último caso, lleva una capa de protección pesada (grava), o un pavimento cuando es una azotea transitable.

Este tipo de cubiertas presenta lesiones debidas a que al hormigón celular de pendiente se le confiaba el

papel de aislamiento térmico; el espesor de dicho hormigón es variable y en el encuentro con los puntos de desagüe se reducía en ocasiones hasta 1 ó 2 cm, incluso podía ser nulo, por lo que en estas zonas se producen puentes térmicos que dan lugar a condensaciones. Por otra parte, este material contiene bastante agua de fabricación y al colocar encima la impermeabilización, este hormigón no alcanza la humedad de equilibrio por falta de tiempo de secado, de tal manera que su poder aislante disminuye mucho con respecto al que tendría en estado seco; asimismo, el agua va evaporando lentamente hacia abajo, pudiéndose manifestar en la cara interior del forjado.

Además, la lámina impermeable actúa como un paravapor, con el consiguiente riesgo de formación de condensaciones debajo de ésta en invierno. Para solucionar este problema, se colocaba una barrera de vapor entre el forjado y el hormigón de pendiente. Encima de éste, una lámina impermeabilizante autoprottegida, o una sin proteger y con lastre de grava cuando era una azotea no transitable. En caso de que sí lo fuera, se disponía el pavimento encima de la impermeabilización (figura 7.5).

Esta solución agrava más el primer problema, ya que entonces el hormigón celular, situado entre el paravapor y la lámina, no puede perder el agua de construcción.

Las consecuencias de esta solución constructiva son: el poder aislante queda reducido con respecto a su estado seco; en épocas frías existe el riesgo de destrucción por heladicidad del hormigón celular de pendiente; pueden producirse grandes cantidades de vapor de agua a partir del agua de construcción del hormigón de pendiente, que ejercen una gran presión bajo la impermeabilización, ocasionando abombamientos y posibles roturas en la misma y además, la sobrecarga de cubierta es algo mayor que la prevista en el proyecto al estar el hormigón húmedo.

Una solución para eliminar más rápidamente el agua de construcción era disponer chimeneas de aireación en la cubierta (como figura en la norma tecnológica de cubiertas, NTE), perforando la lámina imper-

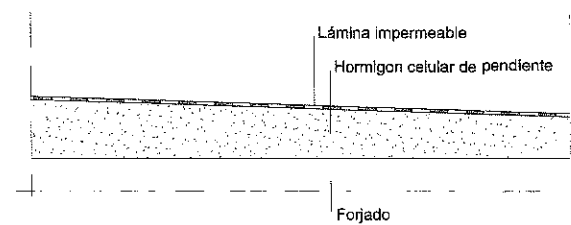


Figura 7.4. Cubierta tradicional con lámina impermeabilizante

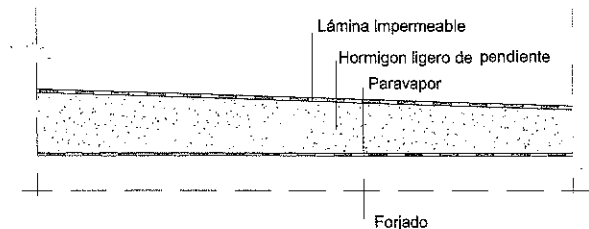


Figura 7.5. Cubierta tradicional con lámina paravapor

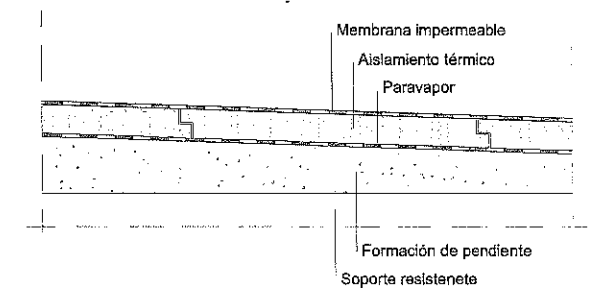


Figura 7.6. Cubierta tipo convencional

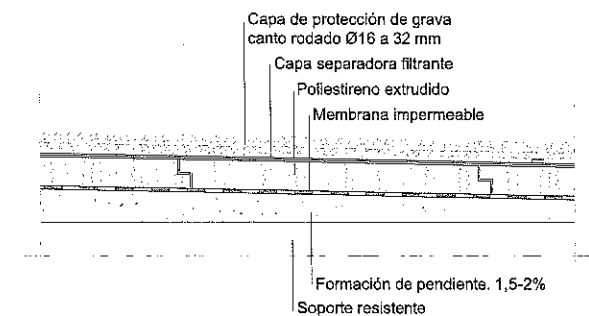


Figura 7.7. Cubierta invertida

meabilizante, con lo que se aumenta el riesgo de entrada de agua. Esta solución se debe evitar siempre.

E. Cubierta caliente con lámina y aislamiento térmico

A los casos anteriores se les incorpora el aislamiento térmico, en general por debajo de la lámina impermeabilizante. Esta es la solución más empleada hasta la aparición de la cubierta invertida, y por eso se le denomina habitualmente cubierta de tipo convencional.

Entre las lesiones que pueden producirse, es de destacar el riesgo de condensaciones por debajo de la impermeabilización, a no ser que se coloque un paravapor (con una resistencia mínima al paso del vapor de agua de 10 MN.s/g) en la cara caliente del aislamiento o por debajo del hormigón de pendiente o del forjado (figura 7.6).

Cuando el aislante está sobre el hormigón de pendiente se reducen notablemente las dilataciones de éste y sus efectos, principalmente los empujes sobre otros elementos constructivos, algo que no ocurre con la lámina impermeabilizante dada su situación respecto al aislamiento, y en consecuencia su durabilidad será menor.

F. Cubierta invertida

Actualmente, la cubierta horizontal que más se emplea es la invertida, en la que el aislamiento térmico queda por encima de la impermeabilización (figura 7.7).

La cubierta invertida presenta grandes ventajas frente a la cubierta de tipo convencional, tal y como han sido descritas en el apartado 3.2 del capítulo 3 de este libro. Las más destacadas son:

- Debido a la situación del aislamiento térmico y de la capa de protección, la membrana impermeable queda protegida de las acciones mecánicas, solares (rayos ultravioleta e infrarrojos) y térmicas.
- Se garantiza la impermeabilidad de la cubierta ya que el agua discurre tanto por la superficie,

como a través de las juntas del poliestireno extrudido, llegando al impermeabilizante y de ahí a los sumideros.

- Al ser el aislamiento exterior, se mantiene la estabilidad dimensional de la estructura de cubierta, por lo que no se producen movimientos ni roturas en la cobertura ni en el soporte.
- En invierno no existen condensaciones superficiales, ni intersticiales, ya que la lámina actúa de paravapor en la cara caliente del aislamiento.

Sin embargo, también este tipo de cubierta puede tener lesiones, como vamos a ver en los apartados 7.1.2. a 7.1.7.

A continuación vamos a ir describiendo las distintas lesiones que pueden aparecer en cada uno de los componentes de las cubiertas planas: soporte de cubierta, impermeabilización, aislamiento térmico, capa de protección y acabado, evacuación de aguas, así como en los puntos singulares.

Se tratan de forma esquemática en una tabla para poder identificar: los síntomas más característicos con los que se manifiestan habitualmente las lesiones, las posibles causas que las pueden producir y que permitirán establecer el diagnóstico, y así optar por la reparación más adecuada. Éstas se describen en el punto 7.5.2. Asimismo se recoge en la misma tabla cómo prevenir estas lesiones.

7.1.2. Lesiones del soporte de cobertura

Es la capa de formación de pendientes que sirve de soporte a la impermeabilización. Puede estar realizada con hormigón celular, morteros de áridos ligeros, o arcilla expandida. Otros materiales que pueden emplearse son: morteros de cemento, elementos prefabricados de hormigón, placas grecadas y de madera.

Las lesiones que puede presentar el soporte de cobertura se recogen en la figura 7.8.

CUBIERTAS PLANAS. LESIONES DEL SOPORTE DE COBERTURA		
SINTOMAS	CAUSAS	PREVENCIÓN
Fisuras y grietas en el perímetro del antepecho (fig. 7.9)	Dilatación térmica coartada por el antepecho. No existen juntas en el perímetro.	Dejar junta en el perímetro: 1 cm de poliestireno expandido
Empujes laterales		
Desprendimientos de aplacados (fig. 7.10)		
Desplazamiento del antepecho		
Humedades de infiltración en forjado inferior	Falta de achaflanado en el encuentro con paramento vertical. Rotura de la lámina (fig. 7.11)	Media caña
	No existen juntas de dilatación.	Juntas del soporte de cobertura cada 15 m y en el encuentro con paramentos verticales
	Rotura de membranas adheridas (fig. 7.12)	
	Superficie no limpia, no uniforme que produce el desgarro de la impermeabilización	Regularización de la superficie
Abombamiento de las láminas	No tiene la humedad de equilibrio en el momento de la impermeabilización (fig. 7.13)	Dejar secar el material hasta que alcance su humedad de equilibrio (< 8%)
Humedades en la parte inferior del forjado		
Abombamientos de láminas imp.	Disgregación del material por heladicidad que puede producir desgaste y rotura de la impermeabilización	Material bien compactado, no poroso y seco
Humedades de infiltración en forjado inferior		
Falta de planeidad, encharcamientos de agua (fig. 7.14)	Resistencia del soporte < 0,2 Mpa	Comprobar la resistencia o aplicar una capa de mortero de cemento de 2 cm y 250 Kg/m ³
Humedades de infiltración en forjado inferior	Pendientes inadecuadas hacia los elementos de evacuación de aguas (fig. 7.15)	1,5% < Pendiente < 5%
Riesgo de encharcamientos e infiltraciones	Sin pendiente	1,5% < Pendiente < 5%
Humedades de infiltración en forjado inferior	Modificación de las pendientes	¡cuidado en rehabilitaciones y en reparaciones!
Riesgo de desplazamiento de determinados materiales: - grava - capas de protección	Con pendiente > 5%	Pendiente < 5% o fijar los materiales: láminas, aislamientos, capas de protección.

Figura 7.8. Cubiertas planas. Lesiones del soporte de cobertura

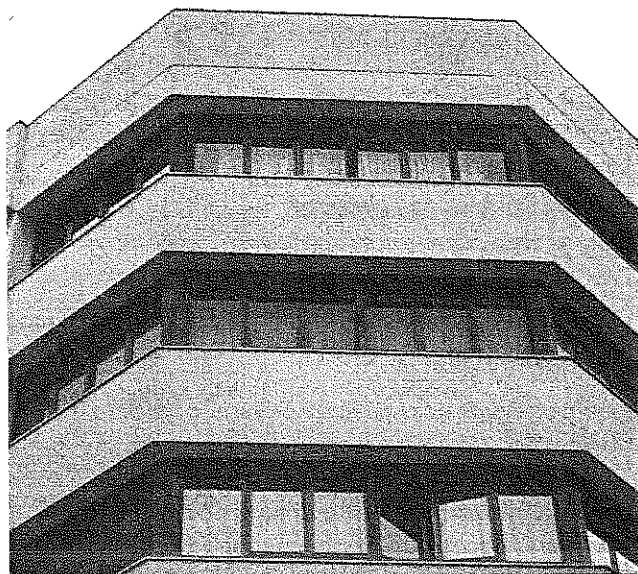


Figura 7.10. Lesiones del soporte de cobertura. Desprendimientos de aplacado por dilatación de la capa de pendiente

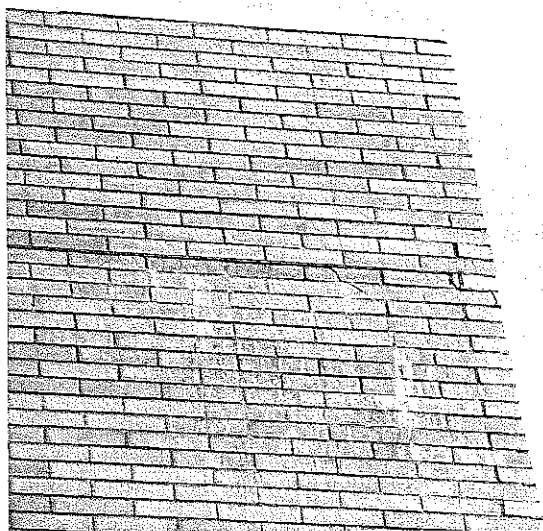


Figura 7.9. Lesiones del soporte de cobertura. Fisuras por dilatación de la capa de pendiente

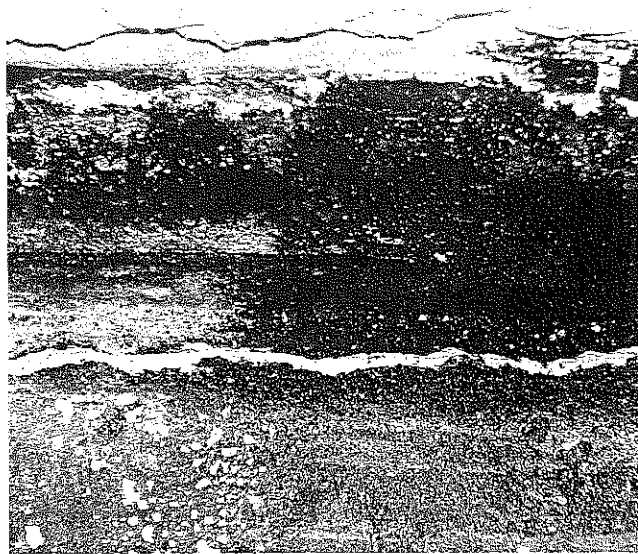


Figura 7.11. Lesiones del soporte de cobertura. Deficiente ejecución del encuentro con paramento vertical. Falta de achafanado



Figura 7.12. Lesiones del soporte de cobertura. Inexistencia de juntas de dilatación. Rotura de membranas adheridas

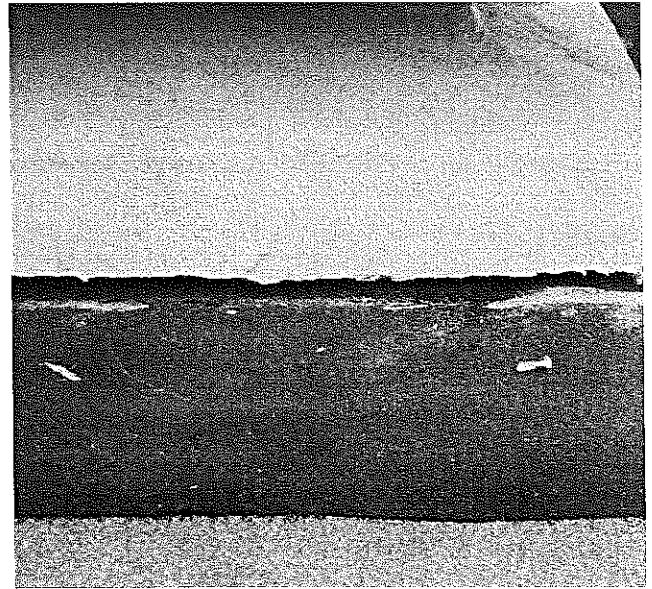


Figura 7.14. Lesiones del soporte de cobertura. Falta de planeidad del soporte

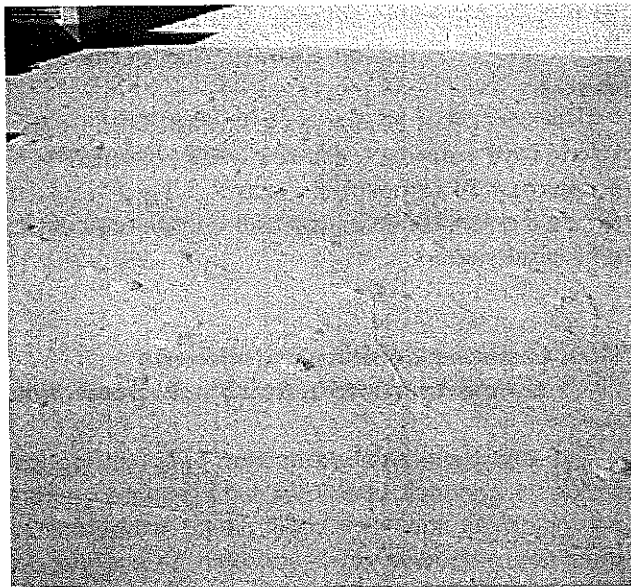


Figura 7.13. Lesiones del soporte de cobertura. Humedad del soporte superior a la humedad de equilibrio

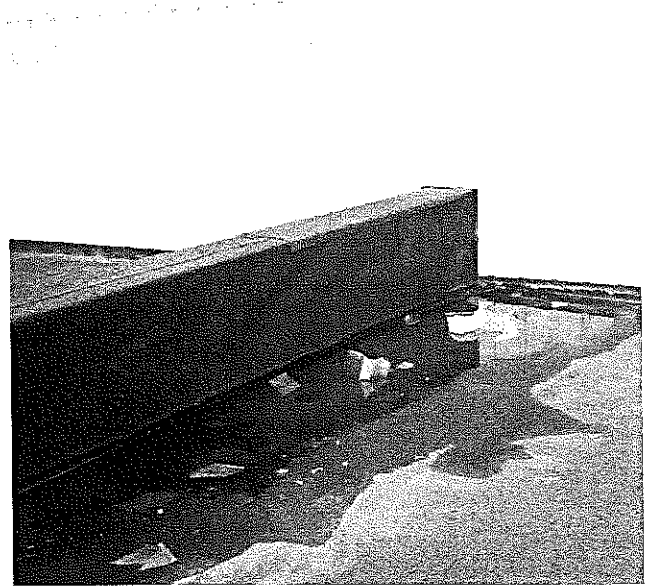


Figura 7.15. Lesiones del soporte de cobertura. Acumulación de agua por pendientes inadecuadas

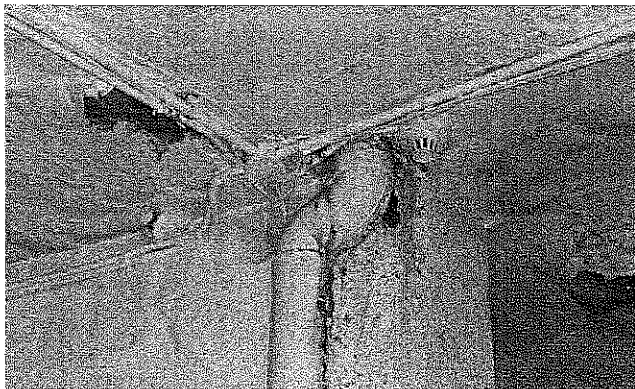


Figura 7.17. Sintomatología de las humedades de infiltración en cubierta



Figura 7.18. Lesiones de la impermeabilización. Roturas de la impermeabilización

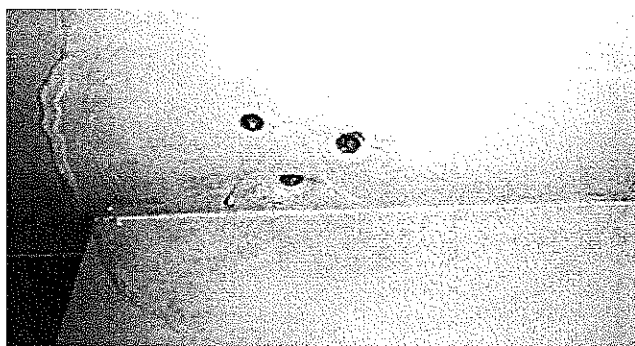


Figura 7.19. Lesiones de la impermeabilización. Infiltraciones debidas a la perforación de la impermeabilización en la colocación de antenas

7.1.3. Lesiones de la impermeabilización

Generalmente todos los daños en la impermeabilización (figura 7.16) van a producir humedades de infiltración en los espacios subyacentes. La sintomatología más característica son manchas localizadas en forma de coronas circulares y posibles perforaciones o caída del revestimiento interior (figura 7.17).

En las cubiertas de tipo convencional con cobertura final de lámina impermeable que no tiene suficiente protección, una lesión muy frecuente es el deterioro rápido de la impermeabilización debido a la acción severa del clima y a los cambios térmicos. Así, queda expuesta a variaciones de temperatura entre 80 °C y 20 °C, según las estaciones del año (verano), y a choques térmicos cuando se producen los chubascos y granizadas en verano. Sin embargo, en la cubierta invertida, la impermeabilización queda protegida por el aislamiento y la capa de protección.

También se pueden producir desperfectos en la fase de construcción y vida útil cuando, una vez impermeabilizada la cubierta, se pasea por encima de ella sin el debido cuidado, se dejan materiales sobre ella o se colocan antenas que perforan la lámina.

La lesión más frecuente es la infiltración de agua a través de roturas, perforaciones, desgarros y encuentros mal resueltos (figuras 7.18 y 7.19). La falta de mantenimiento es también una de las causas de infiltraciones.

7.1.4. Lesiones debidas a deficiente comportamiento térmico e higrotérmico

El diseño de la cubierta implica el control de las pérdidas y ganancias de calor a través de su superficie, amortiguando los efectos de las temperaturas extremas y disminuyendo el consumo de energía de distintas clases, necesario para conseguir una climatización adecuada. El material aislante cumple esta misión, por lo tanto, su elección y su disposi-

CUBIERTAS PLANAS. LESIONES DE LA IMPERMEABILIZACIÓN		
CAUSAS	CAUSAS PRIMERA	PREVENCIÓN
Rotura de la impermeabilización (fig. 7.18)	Deformaciones y movimientos de la estructura y del soporte en láminas adheridas (c.i.)	Láminas no adheridas al soporte, sólo se adhieren en los puntos singulares
	Dilataciones y contracciones por la acción de la radiación infrarroja (c.c.)	Colocar el aislamiento térmico encima de la impermeabilización (cubierta invertida).
	Elementos que perforan la impermeabilización: – antenas (fig. 7.19) – aparatos de aire acondicionado – captadores solares	Prever bancadas flotantes o dejar las bases de anclaje previamente para poder impermeabilizar correctamente
	Desgaste por uso o impactos (c.c.)	Sólo utilizar láminas vistas en cubiertas no transitables
	Dilatación del aislamiento, en impermeabilizaciones adheridas al mismo (c.c.)	– Juntas de dilatación – Estabilidad dimensional del material aislante
Entrada de agua a través de uniones y solapes entre láminas.	Solapos entre láminas no cerradas totalmente. (fig. 7.20)	Control de las uniones de solapo
	No adherencia entre láminas de una membrana	Unir entre sí las láminas de una membrana
Deterioro del material. Envejecimiento (fig. 7.21)	Radiación ultravioleta del sol (c.c.)	Utilizar materiales autoprotectidos si van a estar sometidos a la radiación solar directamente y de altas prestaciones
Fallos de ejecución	Encuentros inadecuados en los puntos singulares: – la lámina no sube 20 cm por el paramento vertical – no se ha rematado convenientemente – no se ha duplicado o reforzado la impermeabilización en los puntos singulares	Tener en cuenta las medidas adecuadas (descritas en el punto 7.1.7)
Perforación de la impermeabilización	Acción de raíces en cubiertas ajardinadas	Solución constructiva adecuada con capas separadoras antirraíces
(c.i.) Indica que sobre todo se produce en cubiertas invertidas (c.c.) Indica que sobre todo se produce en cubiertas de tipo convencional		

Figura 7.16. Cubiertas planas. Lesiones de la impermeabilización



Figura 7.20. Lesiones de la impermeabilización.
Solapes sin cerrar entre las láminas de la membrana

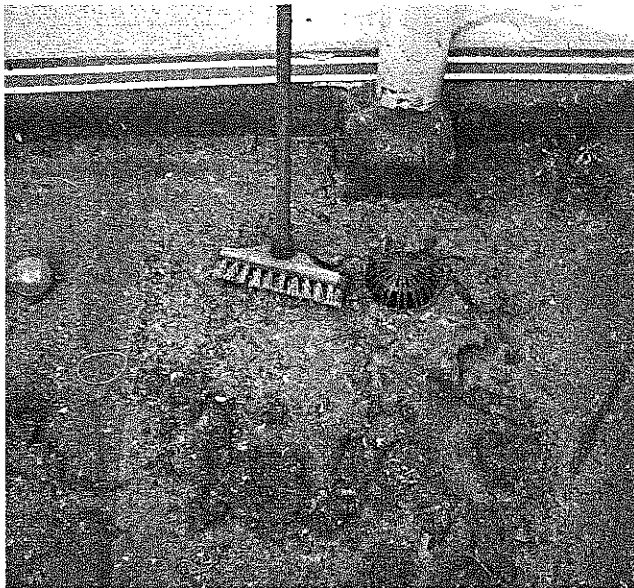


Figura 7.21. Lesiones de la impermeabilización. Deterioro
del material por acción radiación ultravioleta del sol

ción constructiva, inciden en el comportamiento del cerramiento.

Asimismo se deben evitar las humedades de condensación superficiales e intersticiales, y las humedades esporádicas que causen daños a otros elementos (figura 7.22).

Las lesiones debidas al mal comportamiento térmico e higrotérmico se recogen en la tabla de la figura 7.24.

7.1.5. Lesiones de la capa de protección y acabado

Las capas de protección y acabado tienen la misión de evitar la flotabilidad del aislante y de la impermeabilización, así como proteger a éstos de la radiación ultravioleta y de la acción del viento.

Tanto la impermeabilización como los materiales aislantes térmicos necesitan una protección y/o acabado para no ser atacados por los rayos ultravioletas. Además corren el riesgo de ser succionados por el viento, ya que presentan gran superficie y relativo poco peso y en muchos casos no se adhieren al soporte. Por eso es necesaria una capa de protección. El tipo de protección depende principalmente del uso que vaya a tener la cubierta (punto 3.4 del capítulo 3). Las lesiones de las capas de acabado se recogen en la figura 7.25.

7.1.6. Lesiones del sistema de evacuación de aguas

En las cubiertas horizontales se utilizan sumideros y bajantes para la evacuación de aguas. Las lesiones de estos elementos se presentan en la figura 7.31. Fundamentalmente los problemas se derivan de la falta de limpieza y mantenimiento.

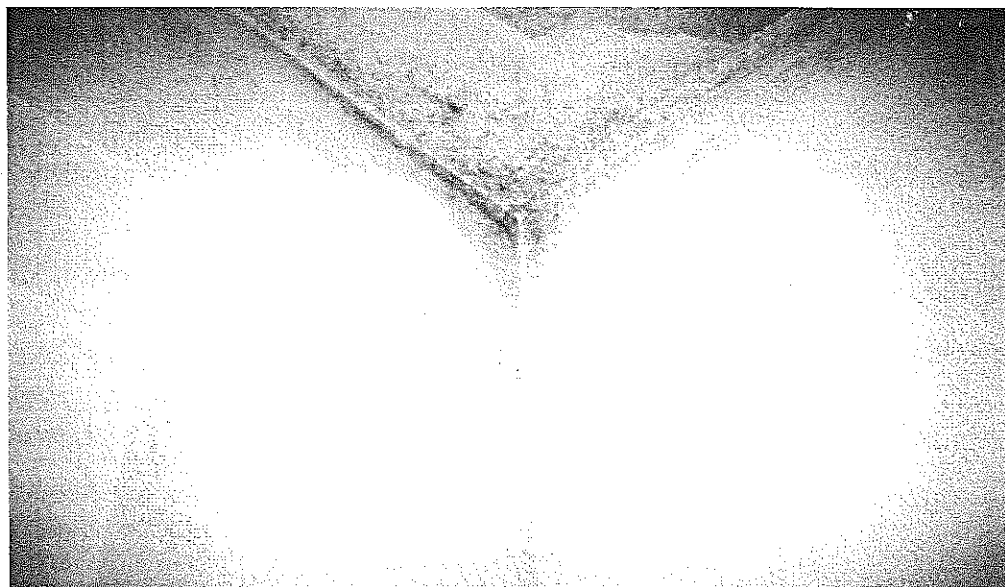


Figura 7.22. Sintomatología de humedades de condensación en cubierta



Figura 7.23. Abarquillamiento del aislamiento térmico por deficiencias en la espumación

CUBIERTAS PLANAS. LESIONES TÉRMICAS E HIGROTÉRMICAS		
SÍNTOMAS	CAUSA / CAUSA PRIMERA	PREVENCIÓN
– Pérdidas térmicas excesivas – Humedades de condensación	Inexistencia de aislamiento térmico	Dimensionarlo conforme a la zona climática. Tener en cuenta también criterios medioambientales: – Disminución del consumo de energía – Disminución de las emisiones CO₂
	Espesor insuficiente del aislamiento	
	Existencia de puentes térmicos	Evitar los puentes térmicos.
	Elección inadecuada del tipo de aislamiento: – resistencia a compresión inadecuada. Se producen aplastamientos – Necesidad de impermeabilidad en función de la disposición constructiva	– Adecuado poliestireno extrudido sin HCFC (*) para cubiertas invertidas – Para cubiertas tipo convencional se puede emplear la lana mineral con resistencia a compresión > 0,3 Mpa
	Disposición constructiva inadecuada (ver patologías descritas en 7.1.1 E) respecto a la impermeabilización	La mejor disposición es la cubierta invertida
Falta de planeidad	Abarquillamiento de las placas aislantes debido a: – Espesores > 5cm – Exposición directa a la radiación solar – Deficiente espumación de las placas durante el proceso constructivo (fig. 7.23)	– Cuando se coloquen aislamientos de espesor > 5cm, colocarlos en dos capas. – Prever la dilatación que puede experimentar el aislamiento en función de la longitud de la cubierta. Dejar pequeñas juntas entre las placas (3 mm) en el canto machihembrado
	Dilatación del material debido a la gran longitud sin juntas de la cubierta	
Desaparición del material	Acción del fuego.	– material: A1 o A2-s1, d0; B-s3, d0 – Control de ejecución
Desprendimientos	Acción del viento	– C. tipo convencional con protec. pesada: fijar el material – C. invertida: colocar peso durante la construc. hasta que se coloque la protección
(*) HCFC: hidroclorofluorocarbonos		

Figura 7.24. Cubiertas planas. Lesiones del aislamiento térmico. Lesiones térmicas e higrotérmicas

CUBIERTAS PLANAS. LESIONES DE LA CAPA DE PROTECCIÓN		
SÍNTOMAS	CAUSAS	PREVENCIÓN
CAPAS DE LOSAS Y PLACAS		
Roturas superficiales y grietas	Heladicidad (fig. 7.26)	Materiales poco porosos, resistentes a la helada
	Desgaste por impacto (fig. 7.27)	Materiales con resistencia al desgaste y la abrasión
	Acción biológica	Limpieza y mantenimiento
Abombamiento del pavimento en capas adheridas. Fisuras y grietas	Dilatación térmica. No existencia de juntas (fig. 7.28)	En pavimentos fijos realizar juntas de dilatación
Humedad de infiltración	Deterioro de las juntas: – Envejecimiento – Acción biológica (fig. 7.29)	Mantenimiento de juntas
Flexión y/o rotura de las piezas en losas y placas flotantes	Espesor insuficiente para las dimensiones de las piezas. No prever suficientes apoyos	Dimensionar las piezas en función de su resistencia
Hundimiento de la losa	Rotura de los plots: – Falta de resistencia del material – Falta de apoyo de la base por deficiente regulación	
Desaparición de piezas en losas y placas flotantes	Vandalismo	Fijar las piezas en los apoyos en lugares públicos
Juntas mal resueltas: – Falta de alineación – Distintos espesores	Incorrecto replanteo de las piezas (fig. 7.30)	– Replanteo y control – Empleo de plots que marcan el espesor de la junta
GRAVA		
Desplazamiento del material	Excesiva pendiente	Pendiente <5%
	Espesor insuficiente	Espesor > 5 cm
	Acción del viento. Succiones	Peso en función de la altura del edificio y de la zona de la cubierta: central, borde, esquina
	Acción humana o animal	Mantenimiento

Figura 7.25. Cubiertas planas. Lesiones de la capa de protección



Figura 7.26. Lesiones de la capa de protección. Heladicidad

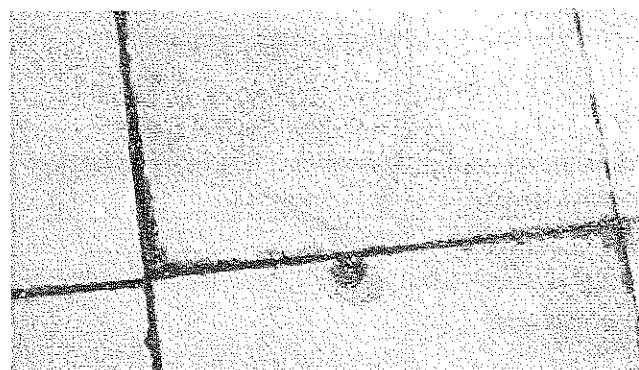


Figura 7.27. Lesiones de la capa de protección. Roturas por impacto



Figura 7.28. Lesiones de la capa de protección. Grietas por inexistencia de juntas

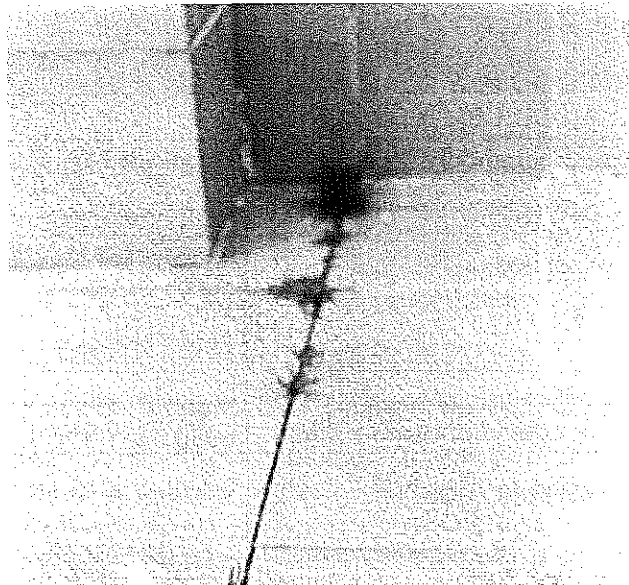


Figura 7.29. Lesiones de la capa de protección. Deterioro de juntas por acción biológica

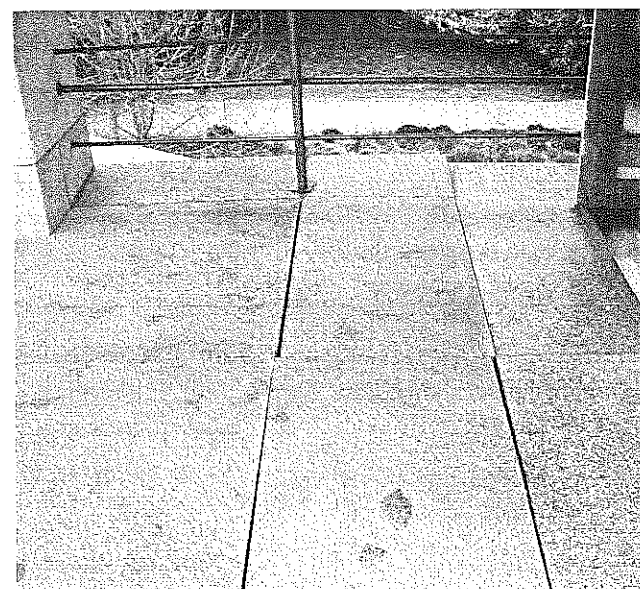


Figura 7.30. Lesiones de la capa de protección. Incorrecto replanteo de las piezas

CUBIERTAS PLANAS. LESIONES DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS		
SÍNTOMAS	CAUSA/CAUSA PRIMARIA	PREVENCIÓN
Sumideros. Humedades de infiltración	– Secciones insuficientes. – Impermeabilización: falta de refuerzos y/o roturas – Obstrucciones: – Falta de paragravillas o rejillas – Falta de mantenimiento (fig. 7.32) – No guardar las distancias a paramentos y esquinas – Defectos de ejecución	– Dimensionado correcto – Realizar correctamente la resolución del sumidero – Limpieza y mantenimiento – Guardar distancia: 50 cm a paramentos y esquinas – Control de ejecución
Bajantes. Obstrucciones	Secciones insuficientes	Dimensionado correcto
	Falta de mantenimiento	Limpieza y mantenimiento
Bajantes. Pérdidas de agua	Roturas de las piezas y empalmes	Protecciones y mantenimiento
	Pérdida de piezas y material	Mantenimiento
	Desplazamientos	Fijaciones adecuadas
	Corrosiones de elementos metálicos	Protecciones anticorrosión

Figura 7.31. Cubiertas planas. Lesiones del sistema de evacuación de aguas

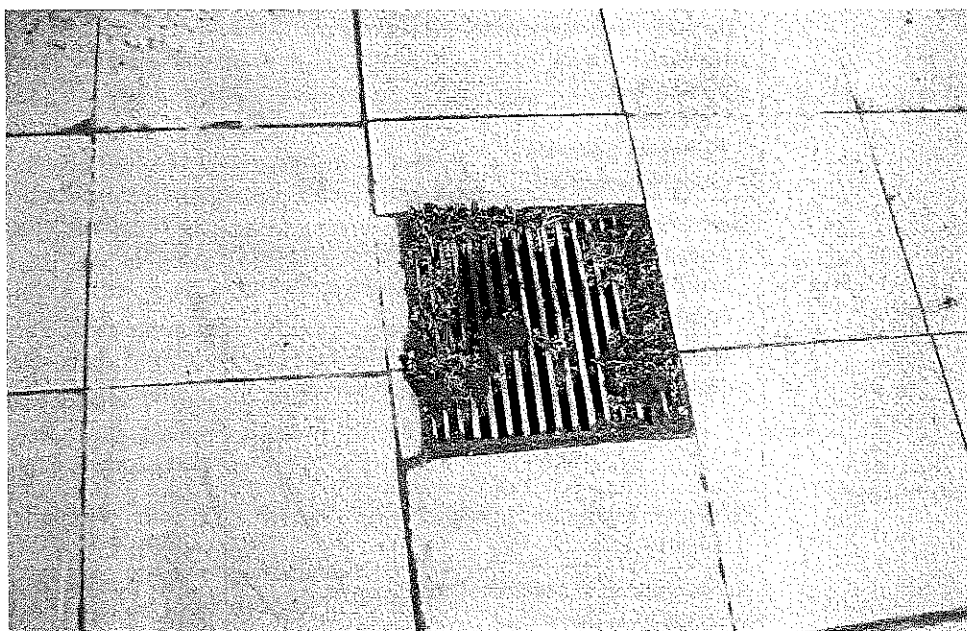


Figura 7.32. Falta de mantenimiento en el sistema de evacuación de aguas en cubiertas planas

7.1.7. Lesiones de los puntos singulares

Se consideran puntos singulares aquellos que, por sus características requieren un tratamiento especial, por ejemplo: juntas, encuentro con paramento vertical, puertas de acceso, anclajes, rincones y esquinas, etc.

La inadecuada resolución de estos puntos en una cubierta, o su deterioro por falta de mantenimiento produce humedades de infiltración en el espacio subyacente (figura 7.33).

7.2. LESIONES DE CUBIERTAS INCLINADAS

7.2.1. Tipología de cubiertas inclinadas que rehabilitar

Las tipologías de cubiertas inclinadas habituales son:

Cubierta caliente. Sin cámara de aire ventilada

Fundamentalmente están formadas por forjados inclinados sobre los cuales se apoyan los elementos

CUBIERTAS PLANAS. LESIONES DE LOS PUNTOS SINGULARES		
SÍNTOMAS	CAUSA/CAUSA PRIMARIA	PREVENCIÓN
Humedades de infiltración: – Manchas localizadas	Resolución inadecuada de las juntas: – Estructural – Capa de pendiente – Capa de protección de placas fijas	Detalle constructivo y control de ejecución (punto 3.5.1, cap. 3) Situación de las juntas en puntos altos
	Resolución inadecuada del encuentro con paramento vertical: – Antepechos – Chimeneas – Elementos pasantes – Otros: lucernarios	Detalle constructivo y control de ejecución (punto 3.5.2, cap. 3)
	Inexistencia de rebosaderos: – Acumulación de agua, encharcamientos y posibles filtraciones en momentos de grandes tormentas – Sobrecargas importantes	Prever rebosaderos (punto 3.5.5, cap. 3)
	Perforaciones de la impermeabilización a través de anclajes de elementos sobre cubierta	Anclar a elementos verticales
		Prever bancadas flotantes
	Dejar bases de anclaje antes de impermeabilizar (fig. 7.34)	
	Resolución inadecuada de la puerta de acceso a cubierta	Solución adecuada (punto 3.5.6, cap. 3)
	No reforzar la impermeabilización en las esquinas y rincones	Piezas especiales de refuerzo (punto 3.5.8, cap. 3)

Figura 7.33. Cubiertas planas. Lesiones de los puntos singulares

de cobertura. Hasta la aparición de la norma básica de edificación de condiciones térmicas, NBE-CT-79, generalmente, no disponían de aislamiento térmico (figura 7.35).

También pueden ser estructuras de vigas o cerchas, sobre las que se colocan correas y cabrios y/o tableros, que forman los faldones que reciben la cobertura.

Cubierta fría. Con cámara de aire ventilada

Puede estar construida:

- Apoyada sobre forjado. Con cámara ventilada, transitable o no. Generalmente, sobre el último forjado horizontal del edificio se colocan tabiques palomeros que sustentan tableros de diversas clases y sobre éstos se coloca la cobertura (figura 7.36).
- Apoyada sobre cerchas inclinadas y tablero, para disposición de la cobertura, con falso techo y ventilación entre éste y las cerchas (figura 7.37).
- En los Cascos Antiguos y en cubiertas tradicionales (figura 7.38) se componen de: estructura de madera: vigas y solivos (cabrios) o cerchas y correas; entablado de madera (ripia), o cañizo, o entrevigado de rasilla y yeso (figura 7.39); cobertura de teja o pizarra; carecen de aislamiento térmico. Pueden tener recogida de aguas mediante canalones y bajantes. El espacio bajo cubierta puede ser habitable o no. En este caso se suele ventilar conformando la cámara de aire ventilada.

Al igual que se ha hecho anteriormente con las cubiertas planas, se describen a continuación las lesiones que pueden presentar los distintos componentes de las cubiertas inclinadas.



Figura 7.34. Colocación de bases de anclaje para antenas antes de la impermeabilización

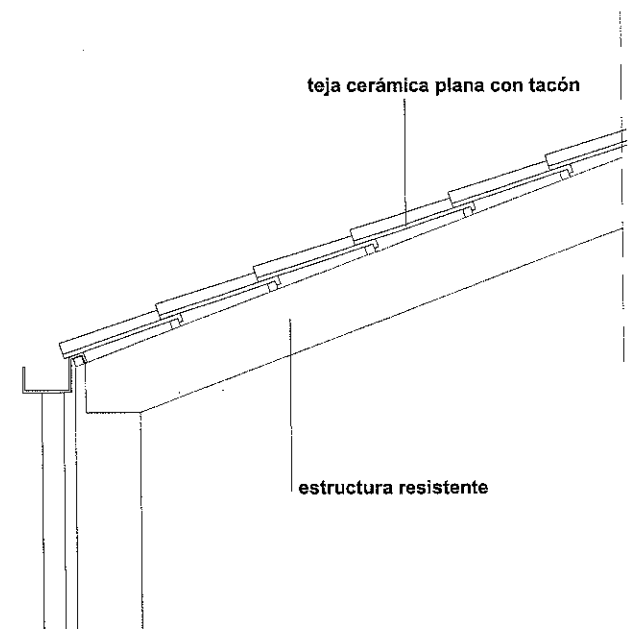


Figura 7.35. Cubierta inclinada caliente

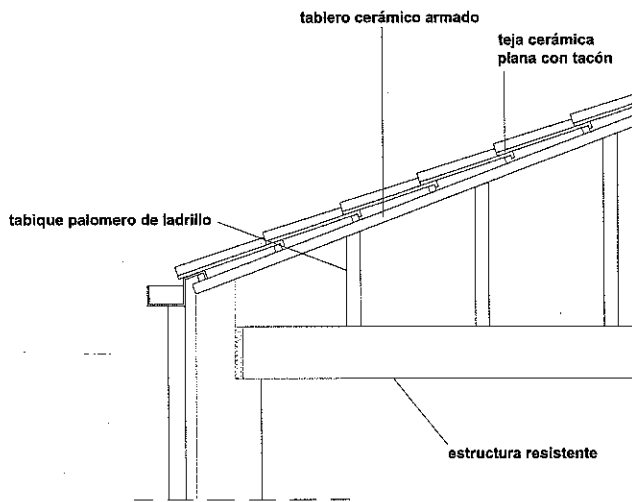


Figura 7.36. Cubierta inclinada fría apoyada sobre forjado

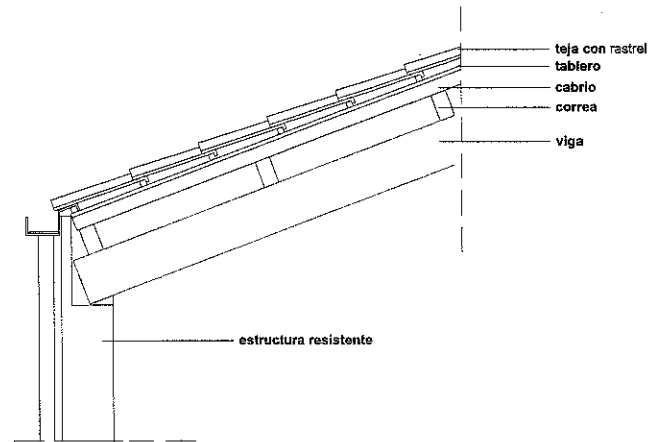


Figura 7.38. Cubierta inclinada fría sobre cabrios y correas

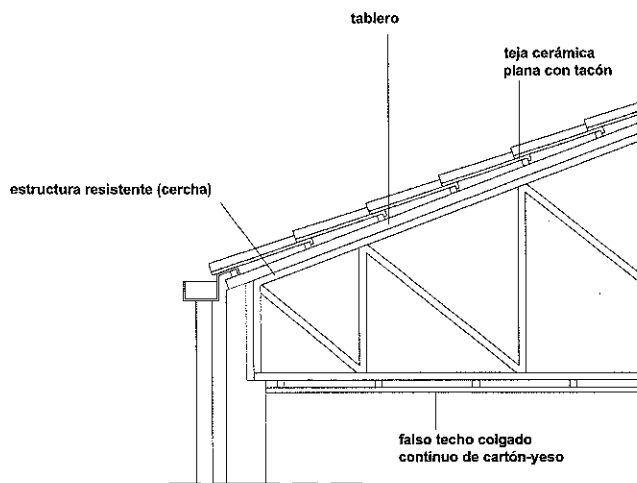


Figura 7.37. Cubierta inclinada fría apoyada sobre cerchas

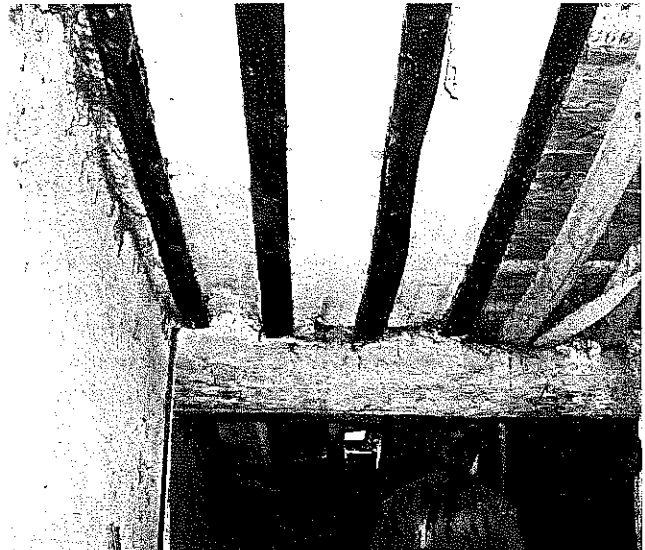


Figura 7.39. Cubierta tradicional de madera con entregado de revoltones de yeso y entablado de madera

7.2.2. Lesiones de la estructura resistente

La misión de la estructura resistente es absorber los esfuerzos mecánicos que recibe el conjunto de la cubierta. Aunque en algunos casos no forma parte del subsistema de cubierta, sino del de estructura, su comportamiento influye en el de la misma. Es difícil resumir aquí todas las lesiones que puede sufrir la estructura resistente, ya que ésta puede ser de hormigón, de acero, de madera, o mixta, y por lo tanto, sería muy extenso explicar los daños que pueden presentar cada una de ellas, sobre todo existiendo bibliografía específica y especialista sobre el tema.

Sin embargo, se quiere dejar constancia de la importancia que tiene revisar en toda rehabilitación de cubierta la estructura resistente, en especial, cuando ésta es de madera, por el deterioro que ha podido sufrir por la presencia de agua y el ataque de hongos e insectos, principalmente en zonas ocultas (piezas empotradas en muros húmedos), alero y zonas con mayor riesgo de humedad (figura 7.40).

Asimismo, si la estructura ha podido sufrir un incendio, habrá que comprobar la pérdida de sección en el caso de la madera (figura 7.41), o la pérdida de resistencia en las estructuras de acero (figura 7.42) y de hormigón.

Las lesiones más habituales de la estructura de cubierta se recogen en la figura 7.43.

7.2.3. Lesiones del soporte de cobertura

La misión del soporte es formar los faldones de la cubierta, como elemento intermedio entre la estructura resistente y la cobertura. Por lo tanto, se encarga de dar pendiente a la cubierta en función del tipo de cobertura y zona climática.

Las lesiones que se pueden presentar se recogen en la figura 7.44.

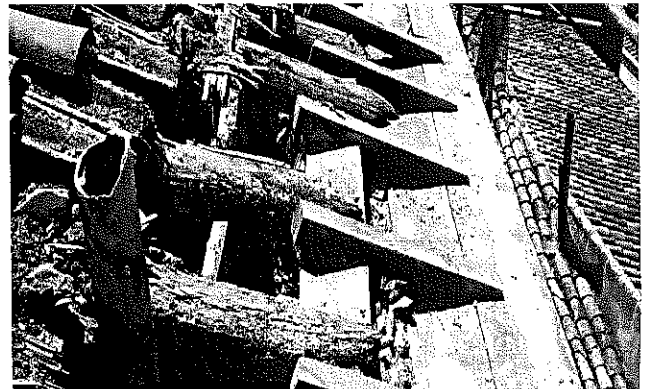


Figura 7.40. Pudrición de cabezas ocultas de solivos de madera



Figura 7.41. Acción del fuego en una estructura de madera.
Comprobación de sección afectada

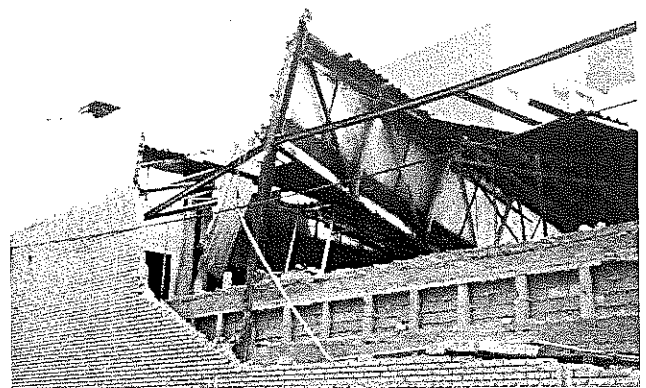


Figura 7.42. Acción del fuego en una estructura de acero.
¿Posibilidad de reutilización?

CUBIERTAS INCLINADAS. LESIONES DE LA ESTRUCTURA RESISTENTE		
SÍNTOMAS	CAUSAS	PREVENCIÓN
PARA TODO TIPO DE ESTRUCTURA		
Deformaciones: – Flechas – Grietas – Roturas	Solicitaciones mecánicas: – Cargas – Sobrecargas	Valorar acciones (CTE-DB-AE) a lo largo de la vida útil de la cubierta
Desplazamientos de apoyos	– Solicitaciones mecánicas – Solicitaciones térmicas coercionadas	– Adecuado diseño y cálculo de los nudos estructurales – Colocar el aislamiento por el exterior de la estructura
Variaciones dimensionales: – Empujes – Grietas	– Solicitaciones mecánicas – Solicitaciones térmicas coercionadas	– Valorar acciones (CTE-DB-AE) – Juntas de dilatación – Colocar el aislamiento por el exterior de la estructura
ESTRUCTURAS DE MADERA		
Pudrición	Hongos xilófagos en cabezas de solivos empotrados en muros húmedos, aleros con infiltraciones de agua (fig. 7.40)	Eliminar fuentes de humedad: – Mantenimiento – Ventilación de las zonas empotradas – Apoyo de las piezas sobre elementos impermeables Protección mediante tratamientos fungicidas
Deformaciones y pérdida interior de sección	Ataque de termitas	Evitar contacto del agua con la madera
Perforaciones	Ataque de insectos de tipo larvario	Protección mediante tratamientos insecticidas
Pérdida de sección	Acción del fuego (fig. 7.41)	Dimensionar las piezas con mayor sección que la necesaria por cálculo mecánico
ESTRUCTURAS DE ACERO		
Oxidación superficial	Corrosión química debida a: – Falta de protección – Presencia de agua	Protección mediante tratamientos anticorrosión
Deformaciones de las piezas	Acción del fuego (fig. 7.42)	Protección mediante tratamientos ignífugos o intumescentes

Figura 7.43. Cubiertas inclinadas. Lesiones de la estructura resistente

CUBIERTAS INCLINADAS. LESIONES DEL SOPORTE DE COBERTURA		
SÍNTOMAS	CAUSAS	PREVENCIÓN
Deformaciones (fig. 7.45): – Flechas – Roturas y grietas	Solicitaciones mecánicas: – Cargas – Sobrecargas	– Evitar empujes y movimientos de los elementos estructurales y constructivos – Dimensionar adecuadamente los soportes en función de los apoyos
Desplazamientos de apoyos Roturas	– Solicitaciones mecánicas – Solicitaciones térmicas	– Evitar empujes y movimientos de los elementos estructurales y constructivos – Colocar el aislamiento por el exterior del soporte
Cambios de dimensión: – Rotura de tableros – Grietas	– Acciones térmicas – Cambios de humedad	– Colocar el aislamiento por el exterior del soporte
Alteración de características: – Pudriciones en madera – Corrosiones en materiales metálicos – Disgregación – Disolución	– Humedades de infiltración	– Mantenimiento de coberturas – Realizar cubiertas frías, que permitan la ventilación y desagüe del posible agua de infiltración – Empleo de soportes de cobertura protegidos contra la humedad
Humedades de infiltración. Manchas localizadas	– Inclinación menor de la adecuada para el tipo de cobertura	– Dar la pendiente adecuada en función del material de cobertura y de la zona climática – Empleo de soportes de cobertura protegidos contra la humedad

Figura 7.44. Cubiertas inclinadas. Lesiones del soporte de cobertura



Figura 7.45. Lesiones de los soportes de cobertura. Roturas

7.2.4. Lesiones de la cobertura

La mayoría de los daños que pueden presentar las coberturas (figura 7.46) producen humedades de infiltración.

La cobertura es el componente que garantiza la estanquidad de la cubierta mediante la inclinación adecuada y los solapes de las piezas. Por lo tanto,

frente a soluciones que incorporan materiales de impermeabilización (bituminosos o sintéticos) bajo la cobertura, hay que abogar por cuidar los aspectos preventivos mencionados, así como por el mantenimiento. Sólo en los casos en los que se quiera disminuir el mantenimiento se debería optar por utilizar soportes de cobertura como placas de fibrocemento, o placas rígidas bituminosas, frente a láminas impermeables.

CUBIERTAS INCLINADAS. LESIONES DE LA COBERTURA		
SÍNTOMAS	CAUSAS	PREVENCIÓN
Desplazamientos (fig. 7.47)	Acciones exteriores: – Viento – Impactos: pájaros, personas, objetos, granizo – Anclaje de elementos	– Prever adecuadas fijaciones – Elegir materiales resistentes – Anclar a paramentos verticales – Prever pasillos de mantenimiento – En materiales con gran dilatación térmica (metales...), realizar juntas, fijaciones deslizantes, etc.
Roturas (fig. 7.48)	Falta de mantenimiento Dilataciones térmicas en placas metálicas	
Disgregación del material	Heladicidad en materiales pétreos y cerámicos (fig. 7.49)	– Emplear materiales de baja absorción de agua – Composición adecuada
Fisuras y grietas	Deficiente composición: – Tejas: caliches (fig. 7.50) – Pizarras: piritas (fig. 7.51), vetas de otros materiales como carbonato cálcico (fig. 7.52)	
Flecha en placas grandes. Produce la acumulación de agua	Placas de poca rigidez para la luz de apoyo	Cálculo de las piezas y apoyos
Desprendimientos	Acción del viento	Pendiente adecuada
	Pendiente mayor de la adecuada (fig. 7.53)	
	Fijaciones inadecuadas	Fijaciones adecuadas
	Corrosión de fijaciones mecánicas (c. química)	Fijaciones de acero inoxidable
	Corrosión de las placas metálicas junto a las fijaciones (c. electroquímica)	
Humedades de infiltración	Pendiente menor de la adecuada	Pendiente adecuada a cada material
	Solapos inadecuados (fig. 7.54)	Solapos adecuados a cada material
	Corrosión química de placas metálicas	Protección contra la corrosión
	Juntas entre cobertura y fijación sin elemento elástico	Colocar arandelas de neopreno entre fijación y cobertura
	Fallos en la estructura o soportes de cobertura	Cálculo y mantenimiento adecuado
Organismos: gramíneas, etc.	Humedad. Acumulación de tierra. Falta de mantenimiento (fig. 7.55)	Limpieza y mantenimiento de la cubierta

Figura 7.46. Cubiertas inclinadas. Lesiones de la cobertura



Figura 7.47. Lesiones de la cobertura. Desplazamientos

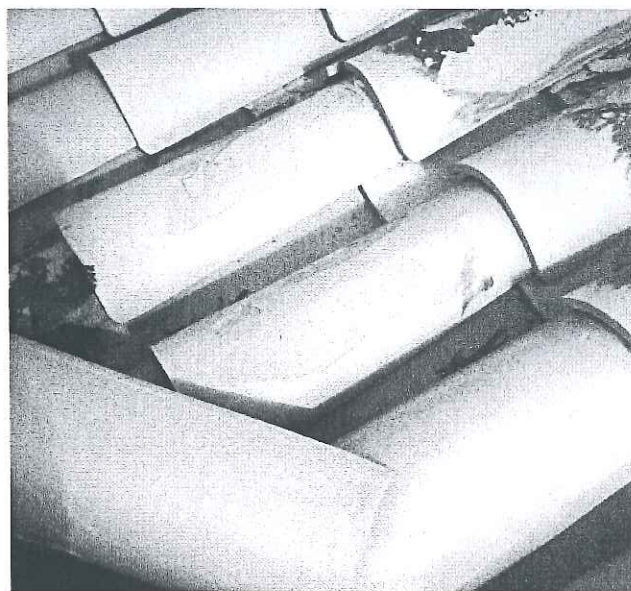


Figura 7.49. Lesiones de la cobertura. Heladicidad

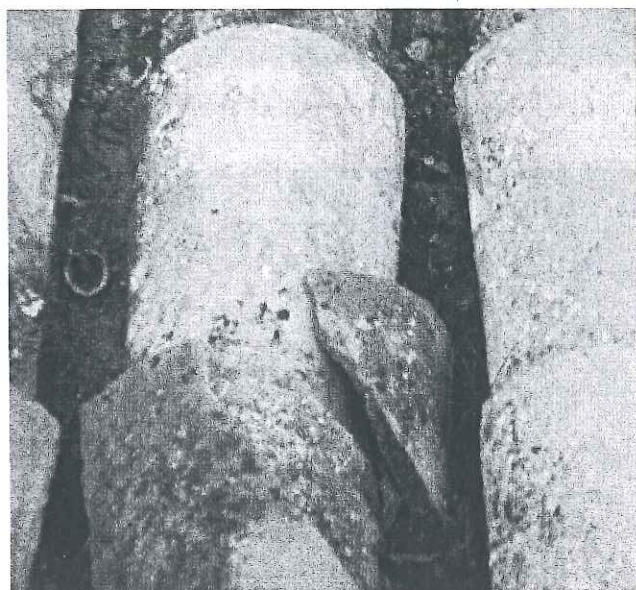


Figura 7.48. Lesiones de la cobertura. Roturas por impacto

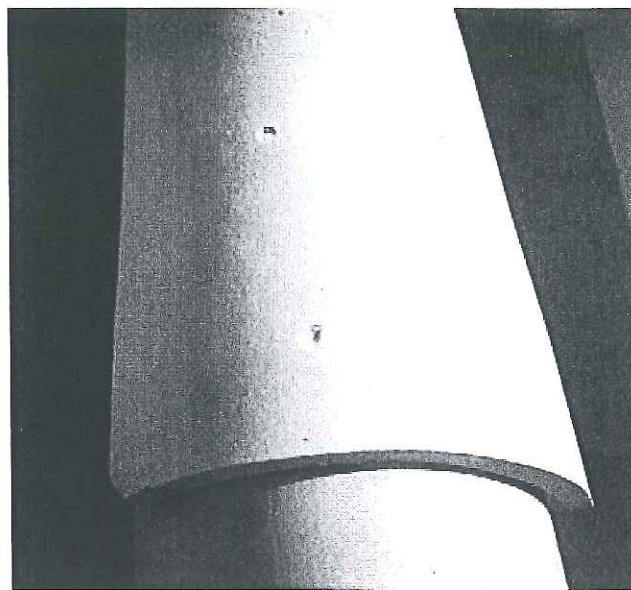


Figura 7.50. Lesiones de la cobertura. Caliches en tejas



Figura 7.51. Lesiones de la cobertura. Piritas en pizarras

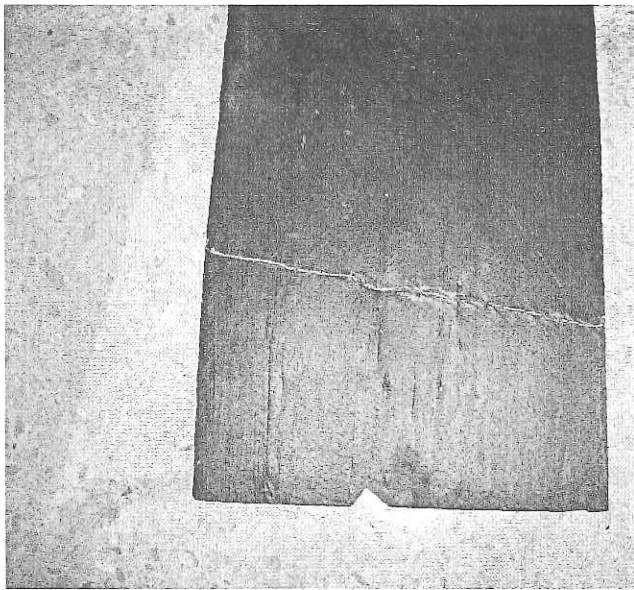


Figura 7.52. Veta de carbonato cálcico en pizarras

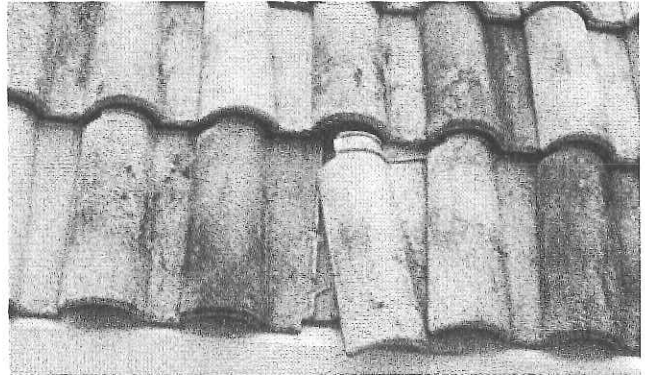


Figura 7.53. Lesiones de la cobertura. Desprendimientos

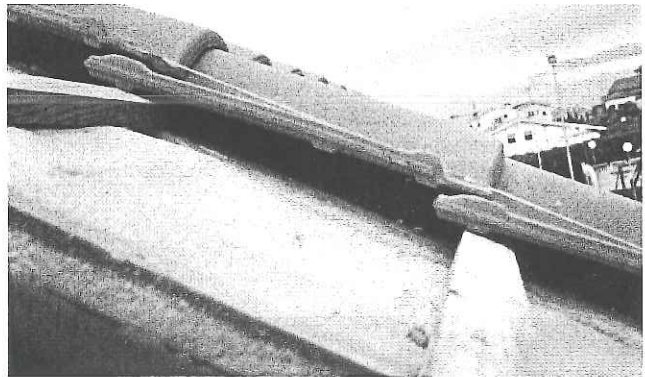


Figura 7.54. Lesiones de la cobertura. Solapos inadecuados



Figura 7.55. Lesiones de la cobertura. Presencia de gramíneas, cuyas raíces mueven la cobertura e impiden la adecuada evacuación del agua

7.2.5. Lesiones debidas a deficiente comportamiento térmico e higrotérmico

La mayoría de las cubiertas construidas antes de la aparición de la norma básica NBE-CT-79 no disponen de material específico de aislamiento térmico. Esto conlleva excesivas pérdidas térmicas y la aparición de humedades de condensación. En verano, las ganancias térmicas son también excesivas.

En las cubiertas que sí incorporan el aislamiento térmico también se pueden producir lesiones (figura 7.56), especialmente en zonas de puentes térmicos (figura 7.57). Además, se está constatando que las cubiertas calientes producen en los locales subyacentes en verano, condiciones de temperatura interiores muy altas respecto a lo deseable.

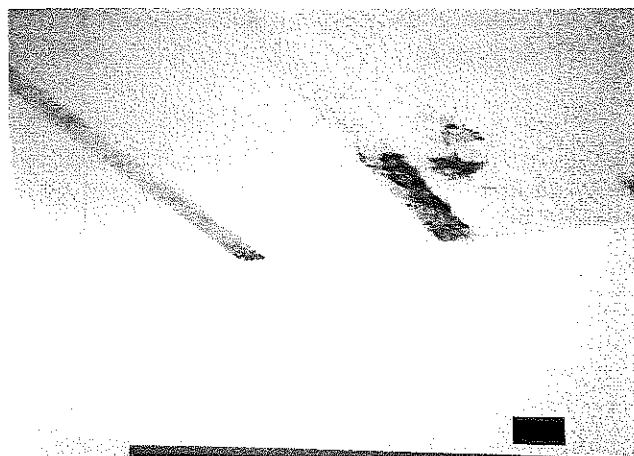


Figura 7.57. Humedades de condensación en puentes térmicos: viguetas de forjados de bovedillas de poliestireno

CUBIERTAS INCLINADAS. LESIONES TÉRMICAS E HIGROTÉRMICAS		
SÍNTOMAS	CAUSA / CAUSA PRIMERA	PREVENCIÓN
Humedades de condensación Pérdidas excesivas de calor	Falta de aislamiento térmico	Colocación de aislamiento térmico
	Aislamiento térmico con resistencia térmica insuficiente: – Espesor pequeño – Material no adecuado – Disposición inadecuada	– Cálculo y diseño del aislamiento térmico – Disposición constructiva adecuada
	Puentes térmicos (fig. 7.57)	Evitar puentes térmicos importantes
	No existencia de cámara de aire ventilada	Diseñar cubiertas frías
Sobrecalentamientos del espacio bajocubierta	Cubiertas calientes, sin cámara de aire ventilada	Diseñar cubiertas frías
Deformaciones del material aislante: – Roturas – Aplastamientos	Acciones mecánicas	Protección del material aislante durante la ejecución de obras y vida útil
Desplazamiento del material aislante	Pendiente excesiva	Prever fijaciones y soportes adecuados
	Insuficiencia de apoyo	
Alteración de características	Acción biológica	Protección de la humedad
	Humedades	

Figura 7.56. Cubiertas inclinadas. Lesiones del aislamiento térmico. Lesiones térmicas e higrotérmicas

7.2.6. Lesiones del sistema de evacuación de aguas

En las cubiertas inclinadas se utilizan generalmente canalones (vistos y ocultos) y bajantes. Los defectos que pueden presentar se recogen en la figura 7.58.

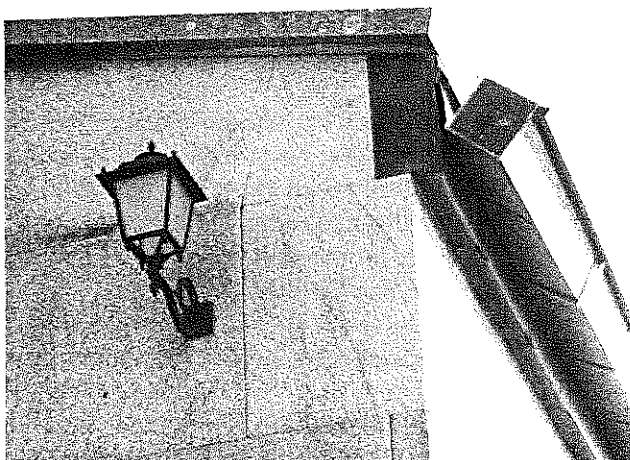


Figura 7.59. Lesiones en el sistema de evacuación de aguas.
Falta de sujeción

CUBIERTAS INCLINADAS. LESIONES DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS		
SÍNTOMAS	CAUSA / CAUSA PRIMERA	PREVENCIÓN
Canalones. Humedades. Desbordamientos	Sección insuficiente	Cálculo adecuado en función de la zona pluviométrica y de la superficie a desaguar
	Falta de pendiente Pendiente inadecuada	Pendiente $\geq 1\%$
	Obstrucciones Falta de mantenimiento	Limpieza periódica de canalones
	Falta de sujeción (fig. 7.59)	Fijación adecuada
Canalones. Pérdidas de agua	Juntas mal resueltas	Control de ejecución. Tratamiento de las juntas
	Desplazamientos	Inspección y mantenimiento
	Roturas: piezas y empalmes	
	Corrosión de elementos metálicos	Protección contra la corrosión
	Dilataciones coercionados	Permitir las dilataciones
Bajantes. Obstrucciones	Sección insuficiente	Cálculo adecuado en función de la zona pluviométrica y de la superficie a desaguar (cap. 4)
	Falta de mantenimiento	Limpieza periódica
Bajantes. Pérdidas de agua	Roturas por impactos (fig. 7.60)	Proteger zonas accesibles
	Corrosión de elementos metálicos	Protección contra la corrosión
	Desplazamientos	Fijaciones adecuadas

Figura 7.58. Cubiertas inclinadas. Lesiones del sistema de evacuación de aguas

7.2.7. Lesiones de los puntos singulares

Los puntos singulares de las cubiertas inclinadas son siempre problemáticos en cuanto a la estanqueidad, por lo que hay que comprobar el estado de:

- Juntas: entre edificios, de dilatación del propio edificio, etc.
- Encuentro con paramento vertical: chimeneas, piñones de los edificios colindantes, antepechos, casetones de ascensor, etc.
- Encuentro con elementos pasantes.
- Borde extremo o lateral.
- Anclaje de elementos.
- Encuentro con el canalón: visto u oculto.
- Limahoyas.
- Cumbres y limatesas.
- Alero.
- Piezas especiales de ventilación.
- Placas solares.
- Huecos de iluminación cenital.

Las humedades de infiltración pueden deberse a:

- Inadecuada resolución del encuentro. Por ejemplo, confiar la resolución de una junta al material sellante, sin tener en cuenta las dilataciones que pueden experimentar los materiales de cobertura (figura 7.61).
- Sellados deficientes de la banda de impermeabilización: mala ejecución, roturas o envejecimiento prematuro.
- Deterioro de la banda de impermeabilización por la acción del sol.
- Reformas en cubierta.

La reparación de toda cubierta requiere siempre la de sus puntos singulares, que se llevará a cabo según lo dispuesto en el apartado 4.8 del capítulo 4.

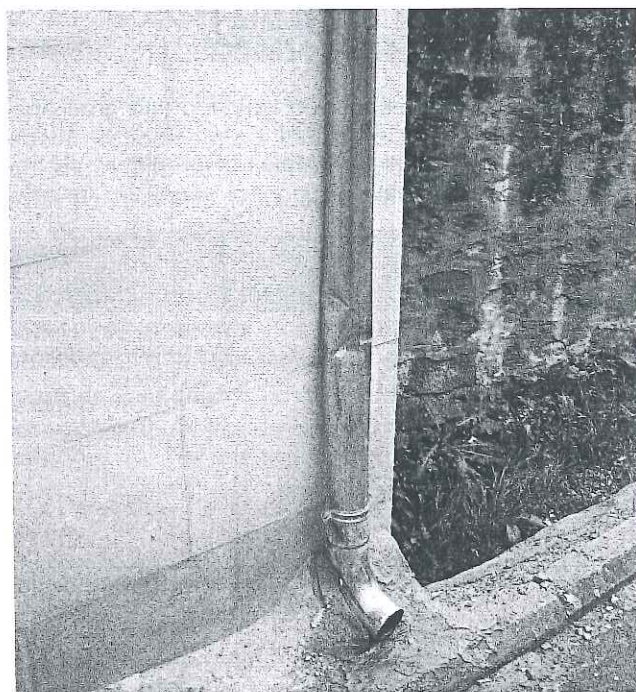


Figura 7.60. Rotura de bajante por impactos

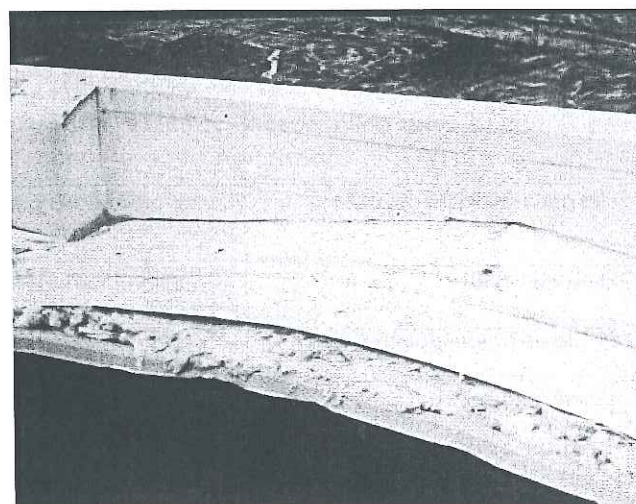


Figura 7.61. Defectos de los puntos singulares.
Resolución de junta confiada al sellado

7.3. LESIONES DE LOS ELEMENTOS DE ILUMINACIÓN CENITAL

La iluminación cenital está teniendo una gran aplicación en la edificación actual y, sin embargo, puede dar lugar a una serie de problemas de difícil solución o con una repercusión económica muy alta en refri-

geración interior del edificio. Los defectos (figura 7.62) pueden estar relacionados con el incumplimiento de las exigencias que requieren los elementos de iluminación cenital: estanquidad, protección térmica en invierno y verano, aislamiento acústico, seguridad mecánica, control lumínico, etc.

LESIONES DE LOS ELEMENTOS DE ILUMINACIÓN CENITAL		
SÍNTOMAS	CAUSA / CAUSA PRIMERA	PREVENCIÓN
Humedades de infiltración	Inadecuada resolución, o falta de mantenimiento de las juntas entre: - Vidrios - Vidrios y carpinterías - Carpinterías y parte opaca (fig. 7.63)	- Diseño adecuado de las juntas: - Perfiles tapajuntas - Productos impermeables, elásticos, de alta adherencia y durabilidad: EPDM, silicona sellante - Solapos entre piezas - Pendientes adecuadas - Grandes piezas que disminuyan el número de juntas - Mantenimiento periódico
Excesivas pérdidas térmicas en invierno	Alto coeficiente de transmisión térmica del vidrio y carpinterías	- Vidrios con cámara de aire y de baja emisividad - Carpinterías de bajo U
Humedades de condensación en invierno	$\tau_t < \tau_{roc}$, debido a la falta de aislamiento térmico	- Recoger condensaciones en perfiles con canales específicos - Disminuir U con vidrios con cámara y baja emisividad - Ventilar superficie de los vidrios - Impulsar aire sobre la superficie de los vidrios
Excesivo calentamiento del espacio subyacente en verano	Elección inadecuada de la tipología en función de la orientación (fig. 7.64): - Inclinationes bajas, casi horizontales - Orientaciones no adecuadas - No empleo de protección solar	- Elección adecuada de la tipología del elemento de iluminación cenital: - Vertical - Inclinado - Orientación adecuada - Disponer SPS
Falta de aislamiento acústico	Menor masa de la parte transparente o translúcida	- Vidrios laminados - Vidrios con cámara + laminados - Vidrios con butiral especial
Rotura de vidrios	- Fragilidad del vidrio - Empleo de vidrios inadecuados	Vidrios de seguridad
Pérdida de transmisión luminosa	- Suciedad - Empleo de vidrios de bajo F_s	Limpieza periódica
Deslumbramientos	Tipología y orientación inadecuada	En función de la actividad del local y de cómo queramos distribuir la luz, diseñar: - Tamaño, disposición y orientación de los huecos - Mecanismos para filtrar y distribuir la luz de forma difusa

Figura 7.62. Lesiones de los elementos de iluminación cenital

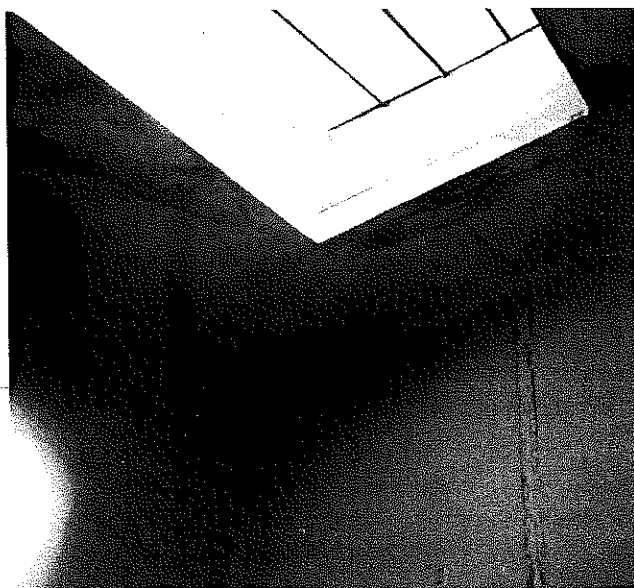


Figura 7.63. Infiltraciones a través de junta entre parte opaca y lucernario

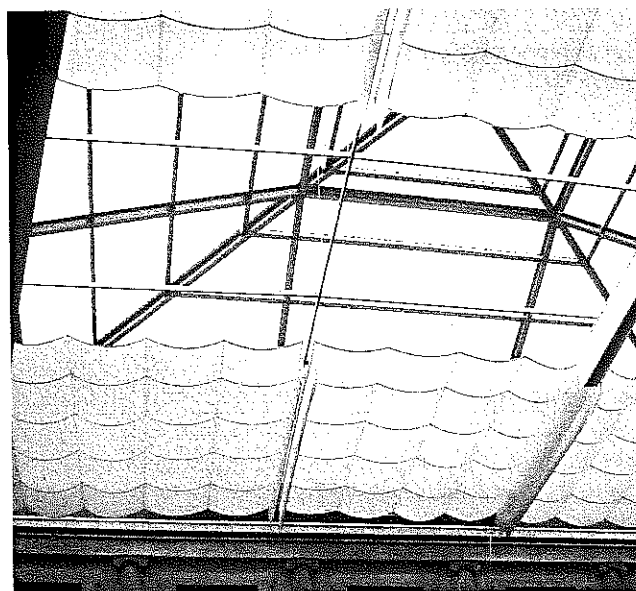


Figura 7.64. Protección solar interior que evita deslumbramientos, no la captación térmica excesiva

7.4. INSPECCIÓN DE LESIONES Y DIAGNÓSTICO

Para solucionar un problema constructivo en una cubierta, es necesario conocer y estudiar los síntomas, sus causas, su evolución y así poder establecer la estrategia de la reparación. A través de la metodología se puede diagnosticar correctamente la lesión, de tal manera que la técnica adoptada será la adecuada para solucionar el problema.

El método que hay que seguir para el estudio de las lesiones en los edificios hasta decidir si procede o no la reparación, y el modo de hacerla, es el siguiente:

1. Detección de la existencia de la lesión o deterioro.
2. Sintomatología. Análisis de los síntomas.
3. Etiología. Estudio de las posibles causas, hasta llegar a la causa primera.
4. Diagnóstico. Definición de la enfermedad, que deberá estar incluida en una clasificación y tipología ordenada de lesiones: humedades de infiltración, deformaciones del soporte de cobertura, etc. Se indica también la causa primera.
5. Pronóstico. Juicio sobre la lesión (grave o leve) y previsión de su evolución.
6. Estudio técnico y económico para decidir si procede o no la reparación.
7. Reparación. Se establece la técnica de reparación.

En primer lugar debemos estudiar los síntomas que se observan y que se han descrito en los apartados anteriores. Para cada uno de ellos en la tabla de la figura 7.65 se recogen los aspectos que hay que estudiar para deducir e investigar las posibles causas y establecer el diagnóstico adecuado.

ESTUDIO DE LOS SÍNTOMAS DE LESIONES EN CUBIERTAS	
SÍNTOMAS	HAY QUE ESTUDIAR
Fisuración - Microfisuras < 0,1 mm - Fisuras 0,1 - 0,4 mm - Macrofisuras 0,4 - 1 mm - Grietas 1 - 3 mm - Rajas, fendas > 3 mm	- Lugar de aparición - Forma - Anchura. Clasificación - Profundidad - Activa o estabilizada
Deformaciones - Flecha - Giro - Desplome, vuelco - Desplazamiento - Aplastamiento - Abombamiento	- Lugar en que se ha producido - Elementos constructivos afectados - Síntomas secundarios, que pueden ser los anteriores
Roturas - Desconchados - Descantillamiento - Disgregación / desagregación	- Lugar - Elementos constructivos afectados - Forma
Desprendimientos	- Lugar - Elementos constructivos afectados - Fortuito o generalizado
Corrosión - Oxidación superficial (C. Química) - Perforaciones (C. Electroquímica)	- Elementos constructivos afectados - Forma - % Superficie afectada
Erosión y materiales básicos disueltos	- Lugar - Forma en que se separan los materiales - Materiales afectados - En algunos casos es síntoma secundario de otra lesión
Huecos - Perforaciones - Coqueras - Oquedades	- Elementos constructivos afectados - Forma - Dimensiones
Manchas - Humedad - Polvo - Contaminación - Eflorescencias - Cambios de color	- Lugar - Forma - Elementos constructivos afectados - Fortuito o generalizado - Magnitudes: humedad, contaminación - Origen del agua, en su caso

Figura 7.65. Estudio de los síntomas de lesiones en cubiertas

Las causas pueden ser varias, pero siempre hay una principal o última que es la desencadenante de la lesión (causa primera). Para evitar riesgos innecesarios, siempre que esto sea posible, conviene analizarlas todas para ir desechando aquéllas que no actúan. Se pueden utilizar gráficos en espina de pez, en los que se recogen todas las posibles causas. Pueden servir de ejemplo, los gráficos de las figuras 7.66 y 7.67.

Para determinar las causas es conveniente analizar:

- El proyecto. Posibles errores que pueda contener.
- Dirección de obra. Analizar posibles anomalías que se hubieran manifestado durante la ejecución de las obras.
- Si se ha producido alguna modificación de las condiciones del entorno.
- Si ha ocurrido alguna variación de las condiciones de uso.
- Pruebas y ensayos para descartar o cerciorarse de los datos que van surgiendo. No sólo hay que saber cuál es la causa del problema sino demostrarlo con rigor científico. Para ello tenemos las diferentes normativas de obligado cumplimiento que sean de aplicación a las cubiertas, y los métodos de inspección y ensayo.

A partir del estudio de los síntomas y causas realizaremos el diagnóstico y plantearemos la reparación adecuada.

Para facilitar este proceso, conviene inspeccionar la cubierta para recoger los máximos datos posibles. Pueden emplearse fichas de inspección para no dejarnos ningún punto sin estudiar. Un ejemplo de estas fichas se recoge en la figura 7.68 para cubiertas planas y en la figura 7.69 para cubiertas inclinadas. Para rellenar estas fichas y analizar los datos, se pueden utilizar las de lesiones de los distintos componentes que se han presentado en este capítulo.

7.5. REPARACIÓN DE LESIONES DE CUBIERTAS

7.5.1. Criterios generales

El objetivo de toda rehabilitación de una cubierta es la reparación de las lesiones que presenta (comentadas en los apartados 7.1, 7.2 y 7.3). Además, hay que actuar sobre el diseño de los elementos constructivos y en lo posible sobre los ambientes que separan. Las condiciones del ambiente exterior no pueden modificarse, pero sí en algunos casos las del ambiente interior. Asimismo, con las actuaciones que se lleven a cabo se debe dar respuesta a los requisitos y exigencias de los edificios y usuarios, cumpliendo la normativa de aplicación.

Las *premisas de partida* para acometer una obra de rehabilitación de cubierta son:

- Ocasionar las mínimas molestias a los usuarios, con las obras que haya que realizar.
- Siempre que la capacidad de soportar nuevas sobrecargas, las tecnologías y las condiciones de uso y seguridad lo permitan, las nuevas soluciones se colocarán directamente encima de las antiguas, para producir los mínimos derribos y escombros posibles, aprovechando al máximo aquellos elementos que pueden reutilizarse. De esta manera, se contribuye al desarrollo sostenible al disminuir el consumo de materiales. El empleo de mano de obra, los plazos y los costos también serán menores. En las cubiertas inclinadas es más difícil que esto se pueda hacer debido a las coberturas empleadas habitualmente.
- Industrializar los procesos, es decir, que en todo momento exista: una previsión en el proyecto de la puesta en obra y una racionalización de las fases constructivas, buscando el aumento de la productividad, de la calidad prevista y de la seguridad, reduciendo los imprevistos y los costos. Tanto si se utilizan pro-



Figura 7.66. Gráfico de espina de pez para la identificación de las causas de lesiones en cubiertas planas

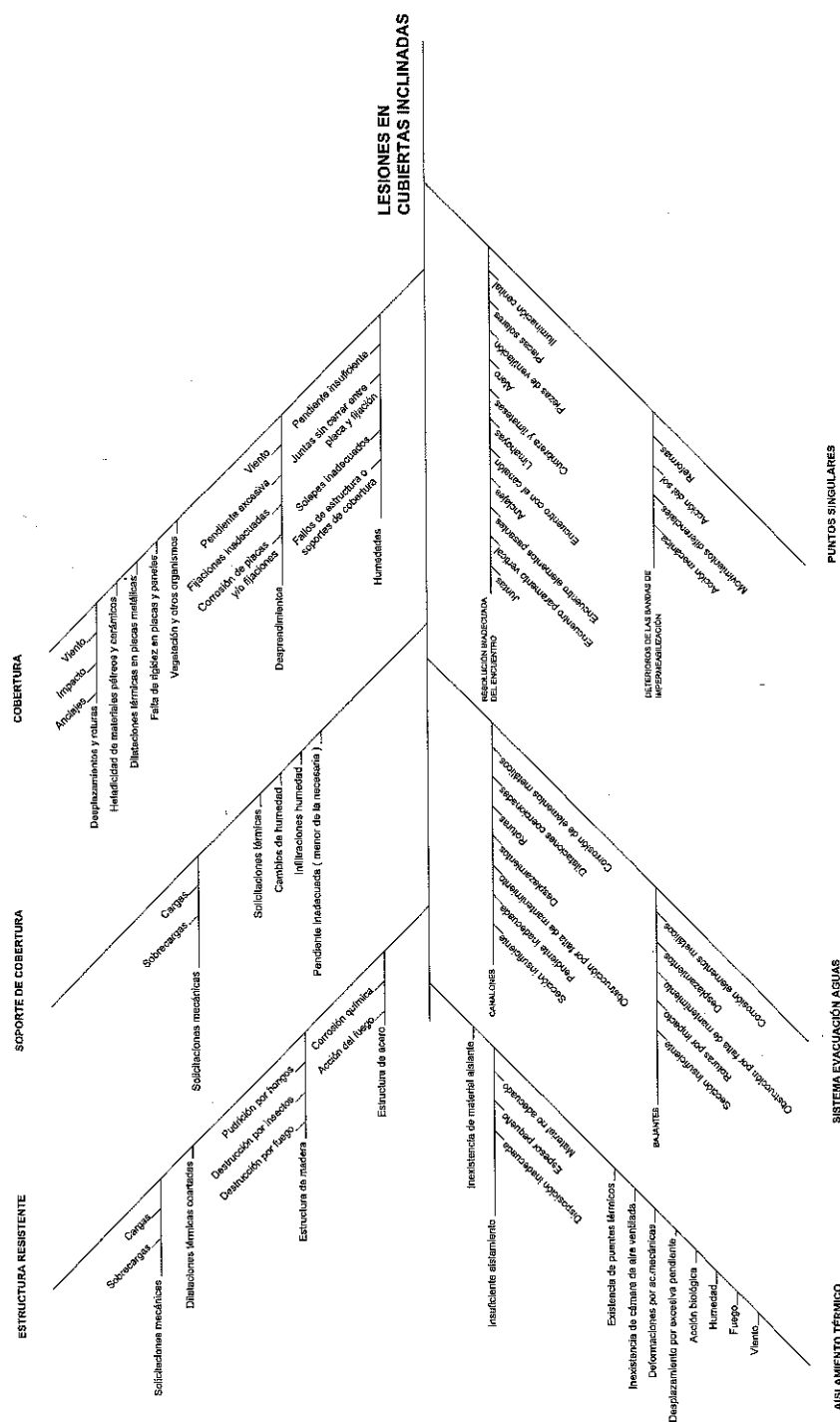


Figura 7.67. Gráfico de espina de pez para la identificación de las causas de lesiones en cubiertas inclinadas

FICHA DE INSPECCIÓN DE LESIONES EN CUBIERTAS PLANAS				
	CARACTERÍSTICAS	SÍNTOMAS	CAUSAS POSIBLES	OBSERVACIONES
Componentes				
Estructura resistente				
Soporte de cobertura				
Impermeabilización				
Aislamiento térmico				
Capas de protección				
Capas separadoras				
Cámara de aire				
Evacuación de aguas – Sumideros y otros – Bajantes				
Elementos de iluminación cenital				
Puntos singulares				
Juntas				
Encuentro con paramento vertical				
Bordes extremos de faldón				
Rebosaderos				
Puertas y huecos de acceso a cubierta				
Anclajes de elementos sobre la cubierta				
Rincones y esquinas				
Instalaciones				
Placas solares				
Huecos de iluminación cenital				
Otros elementos				
Observaciones				

Figura 7.68. Ficha de inspección de lesiones en cubiertas planas

FICHA DE INSPECCIÓN DE LESIONES EN CUBIERTAS INCLINADAS				
	CARACTERÍSTICAS	SÍNTOMAS	CAUSAS POSIBLE	OBSERVACIONES
Componentes				
Estructura resistente				
Soporte de cobertura				
Cobertura				
Aislamiento térmico				
Cámara de aire				
Evacuación de aguas – Canales – Bajantes				
Elementos de iluminación cenital				
Puntos singulares				
Juntas				
Encuentros con paramento vertical				
Encuentro con elementos pasantes				
Borde extremo o lateral				
Anclaje de elementos				
Encuentro con el canalón: visto u oculto				
Cumbreras y limatesas				
Alero				
Piezas especiales de ventilación				
Placas solares				
Huecos de iluminación cenital				
Otros elementos				
Observaciones				

Figura 7.69. Ficha de inspección de lesiones en cubiertas inclinadas

ductos tradicionales como componentes industrializados, subcomponentes o la combinación de ambos.

- Las soluciones deben adaptarse a cada caso concreto, en función de: la situación geográfica y ambiental, el entorno, el emplazamiento, las condiciones de uso actuales, la edad de construcción, el estado de conservación del edificio, el valor histórico-artístico que puede tener y los criterios de restauración, así como las posibilidades económicas de la propiedad. Hay que huir de las recetas y soluciones mágicas, que pueden servir para algunos casos y para otros no.

Los *criterios de diseño*, relacionados con el *comportamiento higrotérmico* del cerramiento que constituye la cubierta, son:

- Evitar temperaturas bajas en el interior del cerramiento y en su cara caliente. Lo cual puede conseguirse:
 - Aumentando la resistencia térmica del conjunto del cerramiento.
 - Colocando los materiales de menor conductividad térmica lo más cerca posible de la cara fría del cerramiento.
- Impedir los descensos rápidos de temperatura en el ambiente caliente, ya que si no hay tiempo para que disminuya la presión de vapor interior, aumentará la humedad relativa para esa menor temperatura, pudiendo producirse condensaciones superficiales en las zonas más frías del cerramiento de cubierta.
- Evitar presiones de vapor elevadas en el ambiente caliente, mediante ventilación de los locales y evitando calefacciones húmedas.
- Ordenar adecuadamente las hojas y capas de materiales que forman el cerramiento de cubierta, según su resistividad al vapor, de manera que la gráfica de presiones previsibles se adapte lo más posible a la gráfica de

presiones de saturación. Si es posible, el criterio en el diseño sería:

- Los materiales con muy alta resistividad al vapor, se colocarán cerca de la cara caliente del cerramiento.
- Los de muy baja resistividad al vapor, cerca de la cara fría del cerramiento, sobre todo si tienen gran resistencia térmica.
- Es aconsejable disponer cámaras de aire ventiladas en aquellos puntos donde puede haber riesgo de condensaciones intersticiales, debido a que en la cara fría de la cubierta (en la cobertura), existe un material de elevada resistencia a la difusión del vapor de agua a través de él. Además esto beneficia el comportamiento en verano.

Además, se tendrán en cuenta los *criterios de sostenibilidad*, ya recogidos en el apartado 2.5 del capítulo 2, referentes a la disminución de los consumos de energía y materiales, de los residuos, las emisiones, los vertidos y a la protección contra el fuego.

Antes de emplear una determinada técnica constructiva se debe estudiar:

- La efectividad de la solución para la resolución de las lesiones y la no aparición de otras nuevas.
- La adecuación del sistema de ejecución, en cuanto a la forma (estudio del entorno, de las características y valores del edificio y la cubierta...) y el plazo.
- La durabilidad y mantenimiento de la técnica a emplear y del sistema de cubierta en su totalidad.
- Los costes.

7.5.2. Reparación de cubiertas planas

Los criterios específicos de intervención en cubiertas planas son:

- Comprobación previa de:
 - Si la estructura resiste el aumento de peso que se va a producir.
 - Si se mantiene la capa de protección existente, compuesta por baldosas o placas, comprobar que éstas no están sueltas.
 - Si las pendientes son las adecuadas. Ver exactamente cómo funcionan y hacia dónde discurre el agua.
 - El estado de los puntos singulares: chimeneas, conductos de ventilación, juntas, antenas, paso de instalaciones, sistema de evacuación de aguas, etc.
 - Si existen los medios de seguridad adecuados.
- Los problemas fundamentales que habrá que resolver son:
 - Lesiones de la impermeabilización.
 - Falta o deficiencia de aislamiento térmico.
 - Puntos singulares.
 - En cada caso habrá que solucionar las lesiones descritas (apartado 7.1), como, por ejemplo, pendientes inadecuadas, etc.
- Cuando no hay problemas de sobrecarga ni de altura de las puertas de acceso a la cubierta, la actuación puede realizarse actuando desde el exterior y sin modificar el estado actual, excepto la retirada de grava cuando ésta sea la protección. Si hay problemas de peso se retirará el pavimento y la capa de agarre de las cubiertas transitable y se realizará una capa de nivelación. En la mayoría de los casos, el sistema más idóneo es ejecutar una cubierta invertida encima de la existente, siempre que la estructura aguante la sobrecarga. El proceso constructivo se realizará mediante la agregación de los componentes que se necesiten: formación de pendiente, impermeabilización, aislamiento térmico, capa de protección, etc, cuyas características se han descrito en el capítulo 3.
- Si las pendientes de la antigua cubierta son adecuadas (no conviene modificarlas, ya que puede dar lugar a problemas en otros elementos constructivos y/o a incidencias sobre otras propiedades), se colocará sobre ella una lámina o membrana impermeabilizante, un aislamiento rígido de poliestireno extrudido, y una capa de protección.
- Si las pendientes no son apropiadas, se pueden corregir:
 - Sin levantar la cubierta existente, ejecutando un hormigón ligero de pendiente. Es importante dejar secar este hormigón antes de colocar la lámina impermeabilizante, ya que en caso contrario, al estar entre dos láminas, la antigua por debajo y la nueva por encima, no se eliminará el agua de construcción, presentándose los problemas anteriormente citados (7.1.1 y 7.1.2). También es necesario estudiar si el cambio de pendiente puede incidir en el correcto desagüe de las aguas de la propia cubierta, o incluso de las colindantes.
 - Levantando las antiguas pendientes y recrecidos y realizando la nueva capa de pendiente y el resto de la cubierta invertida.
 - Para las cubiertas con cámara ventilada, cubiertas frías (descritas en el punto 7.1.1), la solución podría ser la misma, ya que la cámara suele ser inaccesible para proceder a una eventual instalación de un aislamiento entre sus tabiquillos.
 - La inyección de un aislante en esta cámara tampoco es recomendable porque existe el riesgo de que la presión de inyección necesaria para impulsar el gran volumen de la misma hasta todos los rincones, pueda crear problemas mecánicos e incluso rotura o levantamiento del tablero superior.
 - El aislamiento por el exterior va a presentar ventajas frente al aislamiento interior, que en este caso se realizaría por la cara inferior del forjado. Sin embargo, en zonas climáticas calurosas es más conveniente prever soluciones con cámaras de aire ventiladas: se podría construir

encima la cubierta invertida con pavimento flotante, o intentar disponer el aislamiento por el interior o entre los tabiquillos (si es accesible la cámara), quedando hacia el exterior la impermeabilización, que al no estar protegida de los cambios térmicos, habría que elegirla de altas prestaciones (ver capítulo 3, punto 3.3.3).

7.5.3. Reparación de cubiertas inclinadas

En este caso, la rehabilitación de la cubierta nos puede permitir rentabilizar la actuación. El piso bajo cubierta suele utilizarse como cámara de aire ventilada para mejorar el bienestar térmico del piso inferior, o es utilizado como trasteros de las viviendas. Edificios que precisan de una rehabilitación media o pesada, pueden acondicionar el piso bajo cubierta mediante una actuación que mejore las condiciones higrotérmicas de la cubierta y que dé cumplimiento a las exigencias que se requieren, reconvirtiéndolo en una zona habitable para diferentes usos, para su posterior venta o alquiler, siempre que la normativa urbanística lo permita. De esta manera podrían reducirse los costos de la rehabilitación del edificio, sin ser una carga para los propietarios de los inmuebles.

Sin embargo, para que el espacio bajo cubierta sea habitable es necesario que se mejoren las condiciones higrotérmicas de la cubierta. Así, será imprescindible la colocación del aislamiento térmico y, disponer de una cámara del aire ventilada entre dicho aislamiento y la cobertura, para que el comportamiento en verano e invierno sea más adecuado.

Criterios de intervención en cubiertas inclinadas

Además de los criterios descritos en el apartado 7.5.1., habrá que tener especial cuidado en:

- Ejecutar la actuación por el exterior, por la mejora higrotérmica que supone (al colocar el aislamiento lo más hacia el exterior posible) y para disminuir las molestias a los usuarios.
- Realizar cubiertas frías, con cámara de aire ventilada.
- Mantener lo que se pueda para producir el mínimo volumen de derribos y escombros. En el caso de la estructura de madera, conviene conservarla o sustituirla por el mismo material; así no se aumenta el peso, se mantiene el mismo sistema estructural y por lo tanto, su funcionamiento.

En el apartado 4.3 del capítulo 4 se han descrito las ventajas del aislamiento por el exterior y en el punto 2.4.1 del capítulo 2 las de la cubierta ventilada.

Técnicas de rehabilitación en cubiertas inclinadas

Los problemas fundamentales que hay que solucionar son:

- Deterioro de la cobertura, solapes, juntas y fijaciones.
- Lesiones del soporte de cobertura.
- Falta o deficiencias del aislamiento térmico.
- El estado de conservación y resistencia de la estructura, sobre todo en las zonas ocultas (cabezas de cabrios, alero...).
- Puntos singulares.

Existe diversidad de técnicas para la rehabilitación de cubiertas inclinadas dependiendo de cada caso concreto y de la combinación de los diversos componentes simples y compuestos. La mayoría quedan reflejadas en los cuadros 1 y 2 que se recogen en el anejo 10. Como es imposible

describir aquí todas las técnicas, nos limitaremos a destacar algunas de las más idóneas para utilizar hoy día en la rehabilitación de cubiertas, distinguiendo entre actuación por el exterior y por el interior.

A. Actuación por el exterior

- *Desmontando sólo la cobertura* (cuadro 1.1 del anejo 10). Una vez levantada la cobertura, las operaciones que hay que realizar son la colocación del aislamiento térmico y de la nueva o aprovechada cobertura.

Se pueden utilizar cualquiera de los aislamientos existentes. Sin embargo, dada su situación hacia el exterior, interesa más que sea un aislamiento impermeable, para que si se produce cualquier entrada de agua, no le afecte y no pierda su resistencia térmica.

Para la colocación de las distintas coberturas se tendrá en cuenta las normas de pendientes, solapos y fijaciones que garanticen las condiciones idóneas de la cubierta (ver capítulo 4).

- *Desmontando y/o modificando, cobertura y soporte de cobertura* (cuadro 1.2 anejo 10). Se proponen soportes de cobertura a base de componentes ligeros e industrializados que incorporan el soporte, el aislamiento y en muchos casos el sistema de fijación de la cobertura. La elección de un tipo de soporte u otro se hará en función de la solución constructiva global de la cubierta, de los elementos constructivos existentes y de los nuevos que se incorporen. Se ejecutan en taller o a pie de obra, para izarlos después hasta cubierta para colocar exclusivamente sobre los mismos, la cobertura.

En el apartado 4.4 del capítulo 4 se han descrito todos los soportes. Para la rehabilitación de cubiertas destacan los siguientes:

- Tableros de madera natural para dejarlos vistos o tableros derivados de la madera hidrófugos, sobre los que ejecutar el aislamiento, doble enrastrelado y la cobertura (figuras 7.78, 7.82 y 7.83).
 - El panel prefabricado compuesto de un tablero de madera reforzado con cabrios entre los que se sitúa el aislamiento de poliuretano (figura 7.70). El acabado interior puede ser: aglomerado, yeso laminado, machihembrado de madera, tablero de partículas. Encima de los paneles y perpendicularmente a los cabrios longitudinales, se colocan rastreles horizontales, tableros u otros medios de fijación de la cobertura.
 - Tablero sándwich de madera con núcleo de aislamiento térmico de poliestireno extrudido o expandido o poliuretano. Para realizar cámaras de aire ventiladas es necesario disponer: dos capas de rastreles, o rastrel vertical y tablero cuando la cobertura requiera soporte continuo.
 - Placas industrializadas de fibrocemento o similar, que suponen una doble cubierta (figura 7.72) y permiten una ejecución seca y rápida, así como menor mantenimiento. Pueden incorporar también el aislamiento. Este último sistema se ha empleado en la rehabilitación de la cubierta de la figura 7.73, en la que se sustituyó la antigua estructura de madera por estructura de acero, y sobre ella se dispusieron placas de fibrocemento con aislamiento incorporado, finalmente la cobertura de teja sobre rastrel.
- Cuando se mantiene la estructura de la cubierta es necesario comprobar su estado (figura 7.74) y aplicar tratamientos preventivos contra la aparición de lesiones. Por ejemplo, tratamientos fungicidas, insecticidas para la madera (hay que comprobar especialmente las cabezas de las vigas y solivos empotradas en los muros); para el acero, tratamientos contra la oxidación.

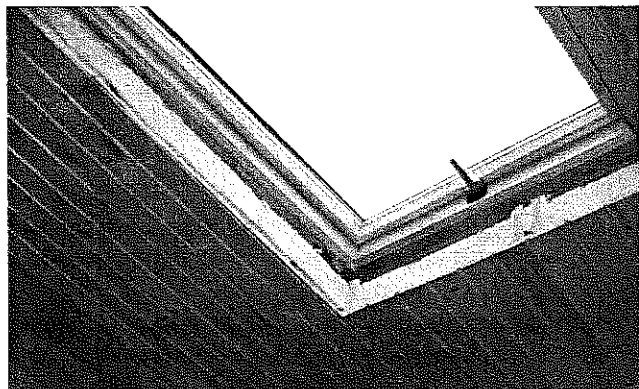


Figura 7.70. Soporte prefabricado en una rehabilitación

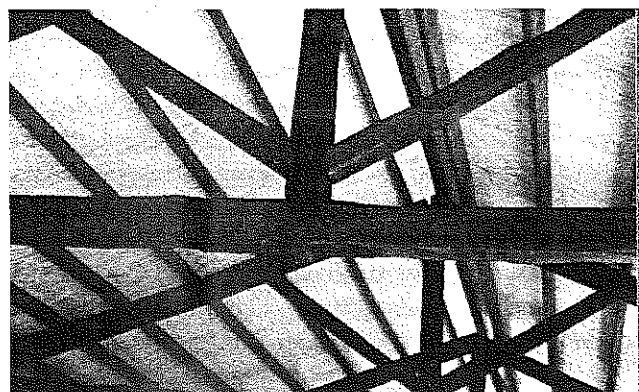
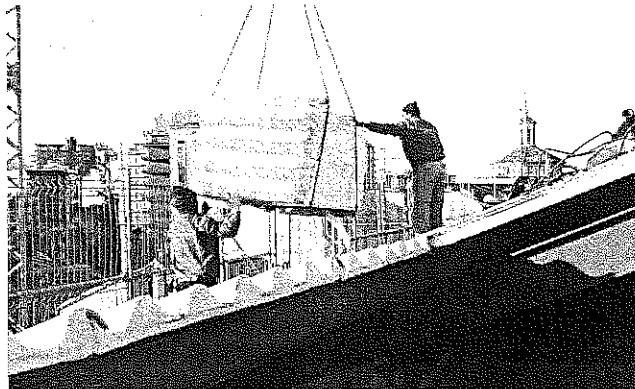


Figura 7.71. Soporte tipo sándwich en rehabilitación

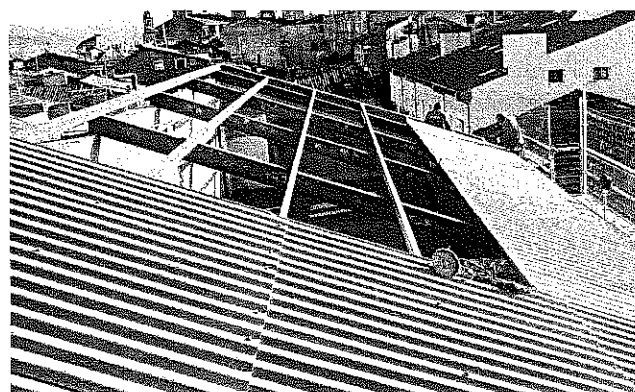


Figura 7.73. Soporte de fibrocemento con aislamiento utilizado en una rehabilitación



Figura 7.72. Soporte de placa de fibrocemento en rehabilitación de cubierta

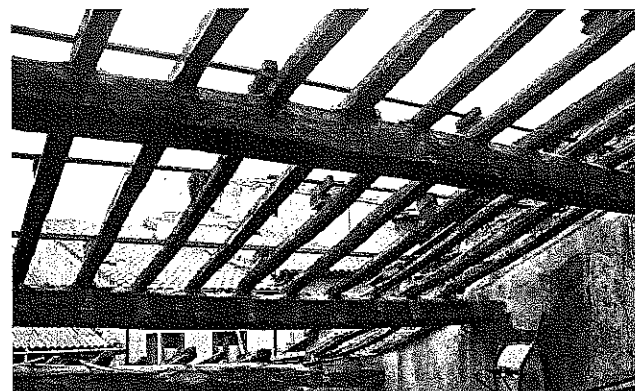


Figura 7.74. Comprobación del estado de la estructura que se mantiene en una rehabilitación de cubierta

Los tratamientos fungicidas e insecticidas para proteger la estructura de madera (específicos para cada tipo de ataque) pueden ser de distintos tipos: hidrosolubles, hidrodispersables y oleosos (orgánicos):

- Los hidrosolubles son formulaciones de sales de diferentes metales (flúor, boro, arsénico, cobre, zinc...), de las que algunas tienen propiedades biocidas y otras la misión de asegurar la buena fijación de las primeras a la madera, de forma que impiden su pérdida por deslavado. En todos ellos se emplea como disolvente el agua. Disminuyen la inflamabilidad de la madera y se pueden pintar, una vez secas. Sin embargo, aportan agua a la madera produciendo hinchamientos y retracciones, lo que obliga a un prolongado secado posterior. La madera queda limpia aunque ligeramente coloreada.
- Los hidrodispersables, son mezclas de principios activos no hidrosolubles a los que se añade un emulgente para producir una buena dispersión en agua. Se encuentran entre los protectores hidrosolubles y los orgánicos. No aumenta la inflamabilidad de la madera y no cambian su color, pudiendo aplicar acabados posteriores.
- Los orgánicos, compuestos de materias activas químicas y disolventes orgánicos. No producen alteraciones dimensionales en la madera, ni cambios de color, ni aumentan su inflamabilidad.

En este tipo de productos hay que tener en cuenta que algunos pueden contener sustancias volátiles, compuestos químicos, cuya inhalación puede ser perjudicial para la salud. Por ello deberán cumplir la normativa europea sobre esta cuestión.

Los sistemas para aplicar estos tratamientos en la madera que se aprovecha de la cubierta son

un tanto limitados, ya que no es posible desmontar las piezas para llevarlas a empresas que aplican tratamientos por inmersión o al vacío, que serían más efectivos pero que, sin embargo, complicarían el proceso constructivo. Así, se realizan por:

- Pulverizado o pincelado, donde el tratamiento penetra en la madera entre 1 a 2 mm. Por lo tanto, no es efectivo más que a nivel superficial, al neutralizar la puesta de huevos o la salida del insecto adulto.
- Inyectado (figura 7.75), que consiste en practicar unos taladros en las piezas por donde se

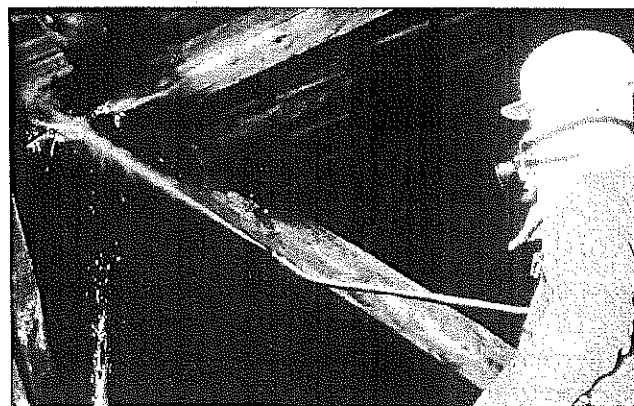


Figura 7.75. Inyección de tratamientos protectores en estructura de madera antigua

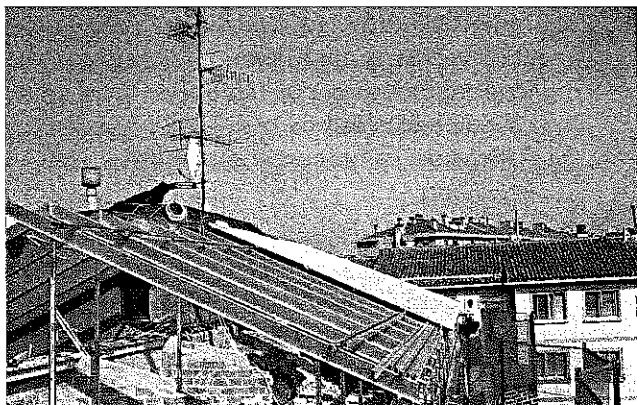


Figura 7.76. Rehabilitación de cubierta con estructura ligera

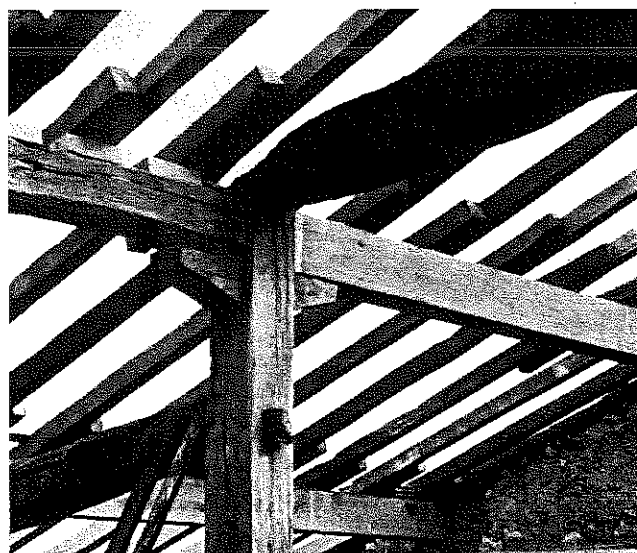


Figura 7.77. Sustitución parcial de piezas deterioradas de madera en cubierta por el mismo material

inyecta el producto a presión, penetrando hasta 2 cm. Se aplica también un tratamiento complementario de pulverización o pincelado superficial. Previamente a la ejecución de los taladros, conviene decapar las piezas para quitar las zonas más afectadas de la sección.

- *Desmontando y/o modificando, cobertura, soporte de cobertura y estructura resistente.* (Cuadro 1.3. Anejo 10). Esta actuación supone la construcción total del subsistema cubierta. Destacan en este apartado:

- Las estructuras entramadas ligeras industrializadas que no sobrecargan la estructura vertical original y además permiten la posibilidad de montar la estructura en el suelo a pié de obra e izarla con grúa hasta la posición definitiva. Este sistema se utilizó en la rehabilitación de la cubierta de las figuras 7.76 y 4.88 cuyo espacio inferior no era utilizable y que permitió reconvertir esta última planta como uso habitable, al elevar la cubierta.
- La conveniencia de sustituir, de forma puntual (piezas inservibles) o generalizada, las estructuras de madera por el mismo material para no sobrecargar la estructura vertical portante y seguir con la misma forma de trabajo (figuras 7.77 a 7.85). En cualquier caso, es necesario aplicar tratamientos fungicidas e insecticidas de forma curativa en las piezas que se mantienen y de forma preventiva en las que se sustituyen (en autoclave). Sobre la estructura ya rehabilitada, se colocarán el soporte de cobertura, el aislamiento térmico y la cobertura.

Es importante reflexionar sobre cómo mantener o sustituir las deterioradas estructuras de madera en cubiertas. La forma habitual en los últimos años de enfrentarse con una cubierta de madera que se pretende renovar, es la de sustituir esa estructura, de la cual es difícil conocer su estado exacto de conservación y por lo tanto no resulta fiable, por una nueva de hormigón armado o de perfiles de acero. La fiabilidad de las dos soluciones mencionadas reside en la divulgación y generalización del conocimiento de estos materiales, así como en la existencia de normativa vigente desde hace tiempo. De la estructura de madera sobre

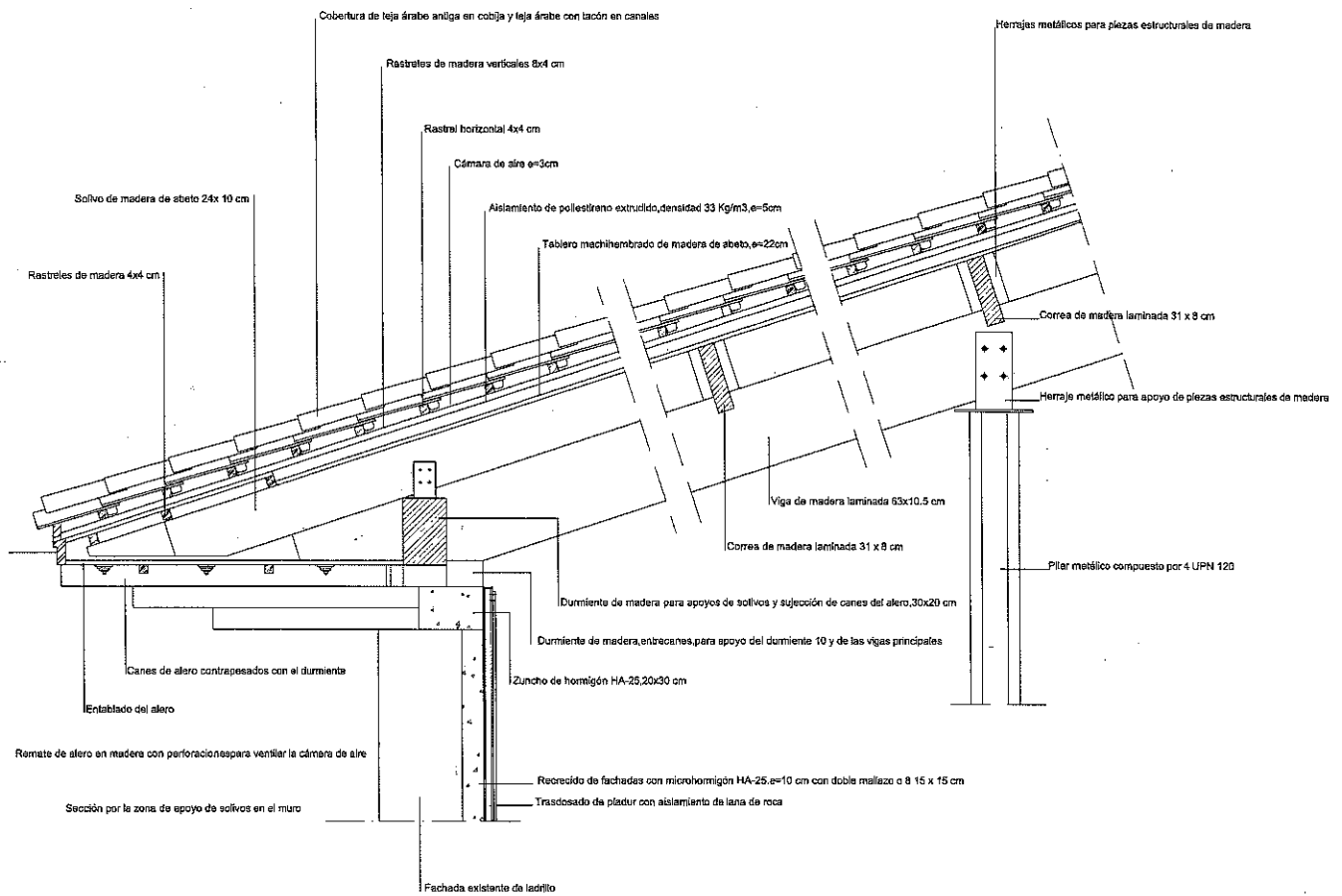


Figura 7.78. Sustitución total de cubierta con nueva estructura de madera. Detalle¹

¹ Rehabilitación Casa del Vínculo en Puente la Reina, Navarra. Estudio de Arquitectura de Ana Sánchez-Ostiz y Purificación González.

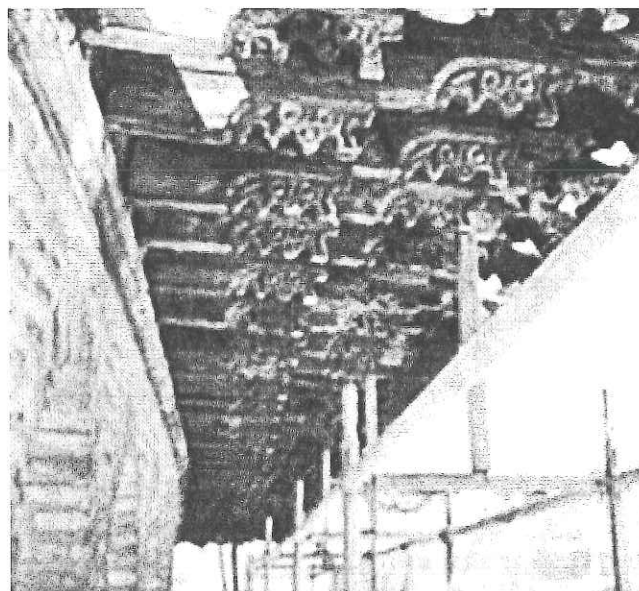


Figura 7.79. Proceso de sustitución total de cubierta. Desmontaje de cubierta



Figura 7.80. Proceso de sustitución total de cubierta. Desmontaje de alero

la que se va a actuar, no se conocen los cálculos que en su día se hicieron para dimensionarla ni la capacidad actual de los elementos resistentes, ya que en general presentan deterioros por la acción de agentes bióticos y abióticos.

Para decidir qué actuación se va a llevar a cabo en la estructura, se necesitan dos pasos previos que son: en primer lugar, la toma de datos de la estructura actual y la evaluación de su estado ante los agentes destructores, para establecer la capacidad portante del elemento y las cargas a las que va a estar sometido; en segundo lugar,

el conocimiento de las técnicas que emplear para la reparación de estructuras de madera (mantenimiento, consolidación, refuerzo, sustitución), ya que su desconocimiento hace tomar como solución, la de eliminar toda la estructura y sustituirla por una nueva de hormigón o acero. En estos casos deben tenerse en cuenta, las repercusiones de mayores cargas puntuales del hormigón en las estructuras portantes verticales y en la cimentación, que puede requerir el refuerzo de estas últimas, o las necesidades de protección del acero contra la corrosión y el fuego.

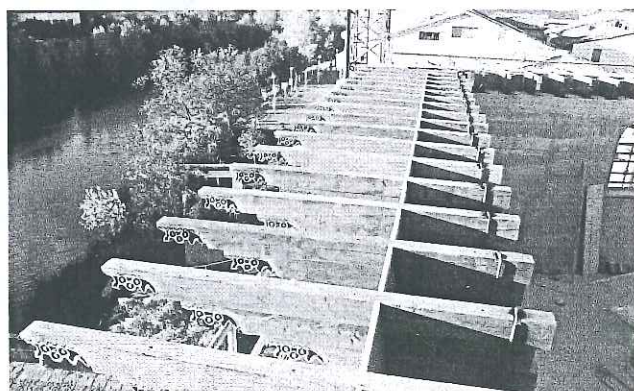


Figura 7.81. Proceso de sustitución total de cubierta:
Montaje del nuevo alero



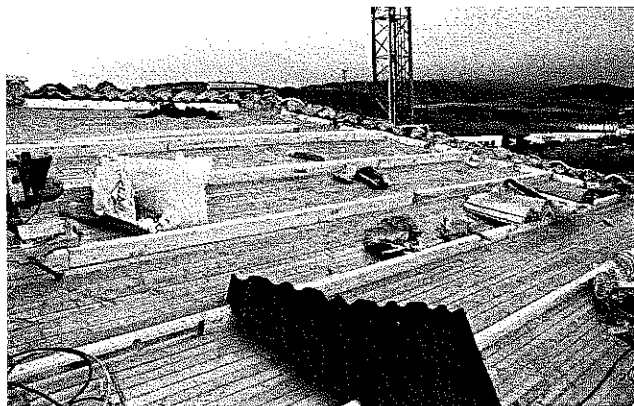
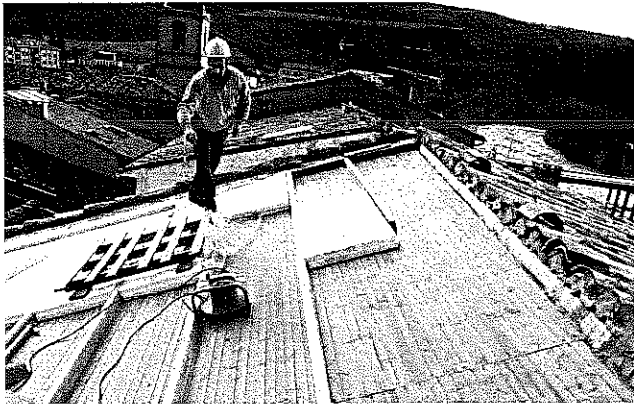
Figura 7.82. Proceso de sustitución total de cubierta.
Montaje de nueva estructura de madera y soporte de cobertura

Además, hay que tener en cuenta que la sustitución tiene entre otros inconvenientes, los desmontajes, derribos y desescombros de elementos de grandes luces y escuadrías, en lugares de difícil acceso como pueden ser cubiertas en edificios situados en los cascos antiguos de las ciudades. Por ello, la mejor opción por economía, sencillez y rapidez de ejecución, sería sustituir las piezas que presenten grandes daños por nuevas piezas de madera tratada, y mante-

ner las que no presenten deterioros, eso sí, protegiéndolas con tratamientos fungicidas e insecticidas.

B. Actuación por el interior

En algunos casos es la única solución viable técnica, legal y económicamente. Pueden darse dos casos:



*Figura 7.83. Proceso de sustitución total de cubierta.
Colocación del aislamiento térmico y soporte de cobertura*



*Figura 7.84. Proceso de sustitución total de cubierta.
Colocación de la cobertura y ventilación alero*

- Bajo cubierta utilizable, como vivienda o traseros.
- Bajo cubierta no utilizable.

La colocación del aislamiento se puede realizar:

- Por el interior del forjado inclinado.
- Por encima del último forjado horizontal.
- Por encima del falso techo.

Al ser el aislamiento interior se pierden las ventajas descritas para el aislamiento por el exterior. Además, será necesario reparar por el exterior la cobertura y los puntos singulares. Las actuaciones que pueden realizarse se recogen en el cuadro 2 del anejo 10.

7.5.4. Reparación de los puntos singulares

Sin ninguna duda, la mayor parte de los problemas que se producen en las cubiertas se deben a deficiencias en la resolución de los puntos singulares o en el mantenimiento de las piezas especiales que se utilizan en los mismos (figura 7.85).

La reparación de estos puntos conlleva volver a realizarlos convenientemente o reponer las piezas especiales que se emplean en su resolución, según lo descrito en los apartados 3.5 y 4.8 de este libro.

Recordemos que en el caso de las cubiertas planas estos puntos singulares son:

- Juntas.
- Encuentro con paramento vertical.
- Elementos pasantes.
- Bordes laterales de faldón.
- Rebosaderos.
- Puertas o huecos de acceso a cubierta.
- Anclaje de elementos.
- Rincones y esquinas.
- Encuentro con el sumidero.
- Instalaciones dispuestas sobre cubierta.
- Huecos de iluminación cenital.

En las cubiertas inclinadas:

- Encuentro con paramento vertical: chimeneas, piñones de los edificios colindantes, antepechos, casetones de ascensor, etc.
- Encuentro con elementos pasantes.
- Borde extremo o lateral.
- Anclaje de elementos.
- Encuentro con el canalón: visto u oculto.
- Limahoyas.
- Cumbre y limatesas.
- Alero.
- Piezas especiales de ventilación.
- Huecos de iluminación cenital.

En algunos casos es imposible recuperar la forma de ejecutar determinados puntos singulares con piezas especiales que requieren mano de obra experta (por ejemplo, en cubiertas de pizarra, figura 7.86), por lo que se resuelven con bandas metálicas (figura 7.87).

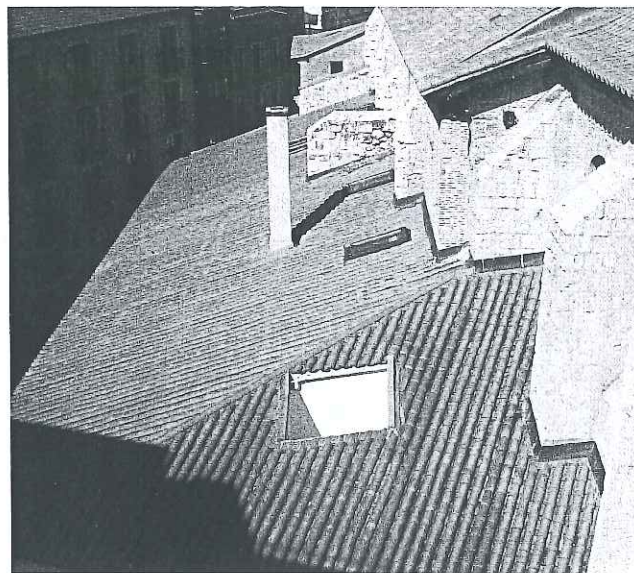


Figura 7.85. Diferentes puntos singulares que hay que resolver en la rehabilitación de una cubierta

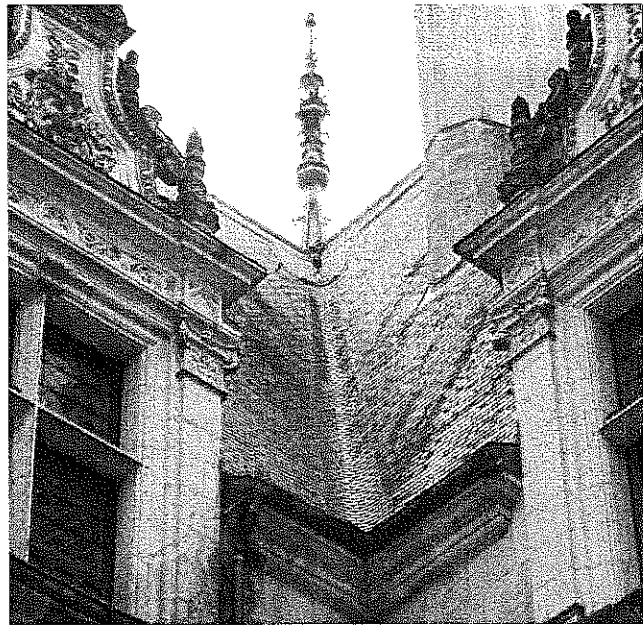


Figura 7.86. Rehabilitación de puntos singulares en cubiertas de pizarra con piezas especiales del mismo material

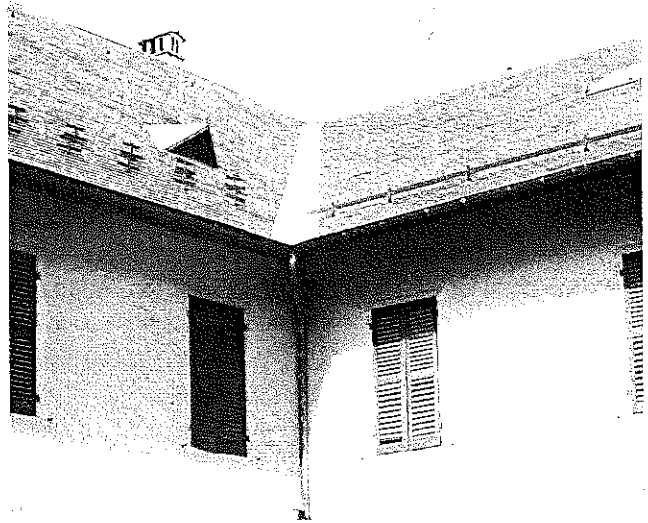


Figura 7.87. Rehabilitación de puntos singulares en cubiertas de pizarra con bandas metálicas

ANEJO 10

AGUACIONES DE REHABILITACION EN CUBIERTAS INCLINADAS CUADROS

CUADRO 1	ACTUACIONES DE REHABILITACIÓN EN CUBIERTAS INCLINADAS MODIFICANDO SU ESTADO ACTUAL. ACTUANDO POR EL EXTERIOR
	AFECTANDO A SÓLO LA COBERTURA
OPCIONES	1.1. COMPONENTES SIMPLES
	A. COBERTURA
	- De piezas solapadas A.1. Piezas pequeñas: A.1.1. Teja cerámica A.1.2. Teja metálica A.1.3. Teja de hormigón A.1.4. Pizarra A.1.5. Placas asfálticas A.1.5.1. Acabado granos cerámicos A.1.5.2. Acabado lámina de cobre A.2. Piezas grandes (piezas plegadas): A.2.1. De fibrocemento A.2.2. De chapas metálicas A.2.3. Bituminosas A.3. Láminas metálicas: A.3.1. Zinc A.3.2. Cobre A.3.3. Plomo - De piezas continuas A.4. Láminas impermeabilizantes soldadas: A.4.1. Bituminosas A.4.2. Plásticas A.4.3. A base de cauchos A.5. Pastas impermeabilizantes armadas con fibras (sueltas, fieltros, mallas): A.5.1. Plásticas A.5.2. A base de cauchos
	B. AISLAMIENTO TÉRMICO (2) (3)
	B.1. Orgánicos sintéticos: B.1.1. Poliestireno expandido B.1.2. Poliestireno extrudido B.1.3. Poliuretano proyectado B.1.4. Poliuretano en placas B.1.5. Otros

(Continúa)

OPCIONES (Continuación)	B.2. Inorgánicos: B.2.1. Fibra de vidrio B.2.2. Lana mineral B.3. Otros materiales aislantes: B.3.1. Suelos B.3.2. Aglomerados en placa B.3.3. Aglomerados continuos 1.2. COMPONENTES COMPUESTOS C. COBERTURA Y AISLAMIENTO TÉRMICO SIMULTÁNEAMENTE C.1. Paneles de una pieza plegada con aislamiento adherido por una sola cara: C.1.1. Fibrocemento: A.2.1 + B.1. C.1.2. Chapa metálica: A.2.2. + B.1. C.1.3. Otros C.2. Paneles no estructurales de dos piezas plegadas de igual o diferente naturaleza y forma, con aislamiento térmico entre ellos (4)
COMBINACIONES VIABLES	1. A. (Sobre el soporte adecuado y/o existente) 2. [B1] con [A1] 3. [B1, B2, B32] con [A2] 4. [B1, B32] con [A2] (Aislante con resistencia a la compresión suficiente) 5. [B1, B2, B32] con [A4] (Con aislantes resistentes al calor de soldadura) 6. C
OBSERVACIONES	(1) – La actuación incluye, a veces, el desmontaje de rastreles inadecuados o en mal estado. – El montaje de la cobertura se realizará: – Mediante asiento con morteros – Por fijación: clavos, tornillos, etc. – Sobre rastreles o correas – Se puede volver a colocar total o parcialmente el material de cobertura (2) – Los materiales térmicos pueden llevar incorporada una lámina paravapor en la cara caliente, en aquellos casos que así lo exijan. (3) – En todo tipo de actualización que incorpora el aislamiento térmico B., se podría colocar cualquier tipo de ellos. Sin embargo, al ser la actuación por el exterior, cuando se requiera que el aislante tenga: – Mínima absorción de agua, los más idóneos son: B11, B12, B13, B14. – Resistencia a compresión: B11 (alta densidad), B12, B14. – Rápida y fácil instalación, además de impermeabilidad: B13. (4) – Se refiere a piezas no estructurales. Si fueran estructurales estaríamos en el caso G1.

CUADRO 1 (contin.)	ACTUACIONES DE REHABILITACION EN CUBIERTAS INCLINADAS MODIFICANDO SU ESTADO ACTUAL. ACTUANDO POR EL EXTERIOR
2	AFFECTANDO A: COBERTURA + SOPORTE DE COBERTURA
OPCIONES (1)	2.1. COMPONENTES SIMPLES
	– COBERTURA = Apartado A
	– AISLAMIENTO TÉRMICO = Apartado B
	D. SOPORTES DE COBERTURA
	D.1. Entramados (5): D.1.1. Rastreles en capa única D.1.2. Rastreles en capa doble D.1.3. Correas o cabrios D.2. Continuos: D.2.1. Tableros de hormigón (armado, celular...) D.2.2. Tableros de madera – Tablas – Tableros de partículas aglomeradas – Viruta aglomerada con cemento o magnesita D.2.3. Tableros de cerámica armada + mortero D.2.4. Placa de fibrocemento D.2.5. Placa metálica D.2.6. Planeles de metal desplegado + mortero D.3. Mixtos: D.3.1. = [D21, D23] + D11 D.3.2. = D22 + D11 D.3.3. = D22 + D12 D.3.4. = [D24, D25] + D11
	2.2. COMPONENTES COMPUESTOS
	– COBERTURA = Apartado C
	E. SOPORTES DE COBERTURA (3) (2)
	E.1. Base de madera (6): E.1.1. = D22 + B1 E.1.2. = D22 + B1 + D22 E.1.3. = D22 + B1 + D11 E.1.4. = D22 + B1 + D12 E.1.5. = D22 + [B1, B2] + D11 + D22 E.1.6. = D22 + [B1, B2] + D11 + D22 + D11

(Continúa)

OPCIONES (1) (Continuación)	E.2. Base panel pieza plegada. Cobertura C (7): E.2.1. = C1 E.2.2. = C2 E.2.3. = C1 + D11 E.3. Base hormigón: E.3.1. = D21 + B1 (8) E.3.2. = D21 + B1 + D11
COMBINACIONES VIABLES	SIN AISLAMIENTO TÉRMICO (10) 7. [D11, D12, D34] con [A11, A12, A13, A14] 8. [D31] con [A11, A12, A13, A14] 9. [D32, D33] con [A11, A12, A13, A14] 10. [D13] con [A2] 11. [D21, D23, D26] con [A] (9) 12. [D22] con [A1, A2, A3, A4] 13. [D24] con [A11, A13] CON AISLAMIENTO TÉRMICO 14. [D13] con [C] 15. [E21] 16. [E22] 17. [E21] con [A11, A13] 18. [E11] con [A1, A2, A3, A4] 19. [E12, E15] con [A1, A3, A4] 20. [E13, E14, E16, E23] con [A11, A12, A13, A14, A2] 21. [E32] con [A11, A12, A13, A14] 22. [E16] con [A3] 23. [E3] con [A]
OBSERVACIONES	(5) – Los rastreles pueden ser de: – Madera – Metálicos – Hormigón o mortero (6) – Los soportes E1, pueden ser fabricados en taller o a pie de obra – E11, E12, comercializados (7) Más idóneos los E21 = C1. Están comercializados (8) E3, comercializados (9) Cuando la cobertura sean láminas metálicas A3 se colocará una lámina separadora para evitar posibles casos de incompatibilidad química (10) Las soluciones sin aislamiento térmico son para aquellas ocasiones en las que no se requiere este componente porque ya se dispone del mismo o por otras razones. En la mayoría de los casos se necesitará el aislamiento térmico por lo que a estas soluciones se les añadirá dicho componente teniendo en cuenta las notas (2) y (3), o se utilizarán las soluciones con componentes compuestos

CUADRO 1 (contin.)	ACTUACIONES DE REHABILITACION EN CUBIERTAS INCLINADAS MODIFICANDO SU ESTADO ACTUAL. ACTUANDO POR EL EXTERIOR
	AFFECTANDO A: COBERTURA + SOPORTE DE COBERTURA + ESTRUCTURA RESISTENTE
OPCIONES (1)	2.1. COMPONENTES SIMPLES
	– COBERTURA = Apartado A
	– AISLAMIENTO TÉRMICO = Apartado B
	– SOPORTE DE COBERTURA = Apartado D
	F. ESTRUCTURA RESISTENTE
	F.1. Continuas: F.1.1. Forjados y losas "in situ" F.1.2. Losas prefabricadas – Tubulares – Prelosas
	F.2. Estructuras entramadas pesadas (cerchas, vigas, cabrios, correas, etc.) F.2.1. Hormigón F.2.2. Acero F.2.3. Madera – Maciza – Laminada
	F.3. Estructuras entramadas ligeras prefabricadas: F.3.1. Con perfiles de chapa plegada galvanizada F.3.2. Con tubos y perfiles de chapa plegaba laminada en frío F.3.3. Con tablas de madera cosidas con pletinas dentadas de acero galvanizado
	2.2. COMPONENTES COMPUESTOS
	– COBERTURA = Apartado C
	– SOPORTE DE COBERTURA = Apartado E
	G. ESTRUCTURA = PANELES AUTORRESISTENTES O GRANDES PANELES, INCORPORANDO EL AISLAMIENTO
	G.1. Sin cobertura incorporada (11): G.2. Con cobertura incorporada - "Sandwich" (12):

(Continúa)

COMBINACIONES VIABLES	SIN AISLAMIENTO TÉRMICO (10)
	24. [F1] con [1, 7] 25. [F21, F22] con [A2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13] 26. [F23, F3] con [A2, 7, 9, 10, 12, 13]
	CON AISLAMIENTO TÉRMICO
	27. [F1] con [2, 3, 4, 5, 6] 28. [F21, F22] con [6, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23] 29. [F23, F3] con [6, 17, 18, 19, 20, 22] 30. [G1] con [D11 + A2, 7, 9, 12, 13] 31. [G2]
OBSERVACIONES	(10) Las soluciones sin aislamiento térmico son para aquellas ocasiones en la que no se requiere de este componente porque ya se dispone del mismo o por otras razones. Sin embargo, en la mayoría de los casos se necesitará el aislamiento térmico, por lo que a estas soluciones se les añadirá dicho componente teniendo en cuenta las notas (2) y (3), o se utilizarán las soluciones con componentes compuestos (11) G1, comercializado (12) G2, comercializado

CUADRO 2	ACTUACIONES DE REHABILITACIÓN EN CUBIERTAS INCLINADAS MODIFICANDO SU ESTADO ACTUAL. ACTUANDO POR EL INTERIOR	
1	AFECTANDO A: BAJO CUBIERTA UTILIZABLE (13) (18) Revestimientos interiores, Falsos techos, enlatados de madera, etc...	
OPCIONES	2.1. COMPONENTES SIMPLES	
	H. AISLAMIENTO TÉRMICO	
	H.1. Aislamiento en la cara interior del faldón de la cubierta: [B11, B13, B15, B2, B32] H.2. Aislamiento bajo el primer forjado horizontal situado debajo de los faldones de la cubierta: [B11, B13, B15, B2, B32] H.3. Aislamiento sobre el primer forjado horizontal situado debajo de los faldones de la cubierta: [B1, B2, B3] (14)	
	I. ACABADO INTERIOR	
	I.1. Tablero de madera: I.1.1. Partículas aglomeradas con distintos acabados I.1.2. Viruta aglomerada I.2. Entablado de madera I.3. Placas de cartón - yeso I.4. Placas de escayola I.5. Lamas de aluminio I.6. Placas de PVC I.7. Otros I.8. Revestimiento de suelos (15)	
COMBINACIONES VIABLES	2.1 COMPONENTES COMPUESTOS	
	J. AISLAMIENTO H + ACABADO INTERIOR I	
2	32. [H1]	
	33. [H1, H2] con [I]	
	34. [H3] con [I8]	
	35. [J]	
2	AFECTANDO A: BAJO CUBIERTA NO UTILIZABLE (16) (18) ACCESIBLE	
OPCIONES	2.1. COMPONENTES SIMPLES	
	K. AISLAMIENTO TÉRMICO	
	K.1. Aislamiento en la cara interior del faldón de la cubierta = H1	

(Continúa)

OPCIONES (Continuación)	K.2. Aislamiento bajo el forjado o bajo el falso techo existente = H2	
	K.3. Aislamiento colocado sobre el primer forjado horizontal situado debajo de los faldones de la cubierta o sobre el falso existente: [B11, B2, B3] (17)	
	– ACABADO INTERIOR = Apartado I	
	2.2. COMPONENTES COMPUESTOS	
	L. AISLAMIENTO K2 + ACABADO INTERIOR I	
3	AFECTANDO A: BAJO CUBIERTA NO UTILIZABLE (16)	NO ACCESIBLE
OPCIONES	– AISLAMIENTO TÉRMICO K2	
	– ACABADO INTERIOR = Apartado I	
	2.2. COMPONENTES COMPUESTOS	
	L. AISLAMIENTO K2 + ACABADO INTERIOR I	
COMBINACIONES VIABLES	36. [K1] 37. [K3] 38. [K2] con [I] 39. [L]	
OBSERVACIONES	(13) La zona bajo cubierta utilizable puede ser de dos clases: – Local habitado y calefactado y/o refrigerado. – Local no habitado, regularmente destinado a desván, trasteros, etc. (14) Cuando el bajo cubierta es utilizable, sólo en casos especiales se realizará H3, en cuyo caso el aislamiento térmico utilizado tendrá la resistencia mecánica adecuada a las cargas que vaya a soportar. (15) No se detallan los revestimientos de suelos ya que dependerán de la utilización concreta que se haga de estos locales. Nos referimos exclusivamente a acabados para revestimientos de las caras inferiores de los faldones de la cubierta y del primer forjado horizontal situado debajo de ellos. (16) La zona bajo cubierta puede estar formada por el espacio comprendido entre los faldones de la cubierta y: a) El primer forjado horizontal situado bajo ellos. b) Un falso techo colgado de la estructura de la cubierta inclinada, cuando ésta está construida con cerchas u otros entramados de barras. (17) La actuación más idónea será la K3, aunque en determinadas ocasiones pueden realizarse K1 y/o K2. (18) Para cada caso y uso concreto se utilizarán unos materiales aislantes y unos acabados interiores que cumplen la reacción al fuego establecida en el DB-CTE-SI.	



BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

ARTÍCULOS Y MONOGRAFÍAS

CATÁLOGOS TÉCNICOS

LISTADO DE NORMAS LINE UTILIZADAS

CTE Y DOCUMENTOS DE APLICACION DEL CTE UTILIZADOS



BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- AA.VV. AITIM. *Especies de maderas para carpintería, construcción y mobiliario*. 1997.
- AA.VV. AITIM. *Guía de la madera para la construcción, diseño y decoración*. 1994.
- AA.VV. COAM. *Curso de rehabilitación*. Tomo 6, La Cubierta. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid 1985.
- AA.VV. DCTA-UPM. *Tratado de rehabilitación. Patología y técnicas de intervención. Fachadas y Cubiertas*. Ed. Munilla-Lería. Madrid. 2000.
- AA.VV. ITEC. *Control de Calidad en la Edificación*. Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITEC), Barcelona. 1983.
- AENOR. *Materiales para la impermeabilización. Especificaciones técnicas*. Recopilación normas UNE.
- AENOR. *Madera para construcción. Recopilación de normas UNE*. Tomo 9. Construcción. 1998.
- ALLEN, E. *Cómo funciona un edificio. Principios elementales*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 1990.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DEL PLOMO. *La plancha de plomo en la construcción*. 1986.
- BAUD, G. *Tecnología de la construcción*. Ed. Blume. 1994.
- BEGUERÍA, P. *Manual para Estudios y Planes de Seguridad e Higiene-Construcción*. Ed. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. 1990.
- BLACHÈRE, G. *Saber construir. Habitabilidad. Durabilidad. Economía de los edificios*. Editores Técnicos Asociados. Barcelona. 1978.
- BLACHÈRE, G. *Tecnología de la construcción industrializada*. Ed. Gustavo Gili. 1977.
- CROISSET, M. *Humedad y temperatura en los edificios*. Editores Técnicos Asociados. Barcelona. 1970.
- CUCHI I BURGOS, A.; DÍEZ I BERNABÉ, G., y ORGAZ TEJEDOR, C. *La cubierta captadora en los edificios de viviendas*, Ed. ITEC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña). Barcelona. 2002.
- DEL ÁGUILA GARCÍA, A. *Las tecnologías de la industrialización en los edificios de vivienda*, vol. 1. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Madrid. 1986.
- DEL ÁGUILA GARCÍA, A. *Las tecnologías de la industrialización en los edificios de vivienda*, vol. 2. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Madrid. 1988.
- EDWARDS, B., y HYETT, P. *Guía básica de la sostenibilidad*. Ed. Gustavo Gili. 2004.
- GARCÍA NAVARRO, J., y FONTANET SALLAN, L. *Impermeabilización de cubiertas mediante láminas sintéticas*, Manuales técnicos, Fundación cultural COAM, Madrid. 1998.

- GARCÍA VALCARCE, A., y AA.VV. *Manual de dirección y organización de obras*. Ed. CIE DOSSAT 2000. Madrid. 2004.
- GONZÁLEZ, J. L.; CASALS, A.; FALCONES, A. *Claves del construir arquitectónico*. Tomo I. *Principios*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. 1997.
- GONZÁLEZ DÍAZ, M. J. *Arquitectura sostenible y aprovechamiento solar*. Ed. S.A.P.T. Publicaciones técnicas. 2004.
- GRANADOS MENÉNDEZ, H. *Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo. Eficiencia energética*. Ed. Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. 2006.
- HYPSPALIT. *Manual para el diseño y ejecución de cubiertas de teja cerámica*. 1998.
- IDAE, Instituto para la diversificación y el ahorro de la energía. *Guía de la edificación sostenible*. IDAE. 1999.
- ITEC. *Parámetros de sostenibilidad*. Octubre de 2003.
- LÓPEZ CASTELLANOS, J. *Cubiertas y tejados. Manual práctico*. Ed. Progensa. 1996.
- LOZANO APOLO, G., y otros. *Curso de tipología, patología y terapéutica de las humedades*. Consultores Técnicos de Construcción CB. Gijón. 1993.
- NEILA GONZÁLEZ, F. I. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Ed. Munilla-Leria. 2004.
- NTE Cubiertas. MOPU. 1986.
- MANDOLESI, E. *Edificación. El proceso de edificación, la edificación industrializada, la edificación del futuro*. Ediciones CEAC, Barcelona. 1981.
- MARTÍN, B. *Las Juntas en los edificios*. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona. 1981.
- MENÉNDEZ SEIGAS, J. L. *Arquitectura y tecnología de la colocación de pizarra en cubiertas*. Peymar Artes Gráficas S. L. Madrid. 1988.
- MIRAVETE, J. *Los nuevos materiales en la construcción*. Ed. A. Miravete. Zaragoza. 1994.
- MONJO CARRÍO, J., y AA.VV. *Tratado de la construcción. Fachadas y Cubiertas*. Ed. Munilla Leria. Madrid. 2003.
- ORTEGA ANDRADE, F. *Humedades en la edificación*. EDITANSA, S.A. Sevilla. 1983.
- PARICIO ANSUATEGUI, I. *La construcción de la arquitectura 1: Las técnicas*. Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITEC). Barcelona. 1985.
- PARICIO ANSUATEGUI, I. *La construcción de la arquitectura 2: Los elementos*. Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITEC). Barcelona, 1985.
- PARICIO ANSUATEGUI, I. *Las cubiertas de chapa*. Ed. Bisagra. 1998.
- PARICIO ANSUATEGUI, I. *Las claraboyas*. Ed. Bisagra. Barcelona. 1998.
- PARICIO ANSUATEGUI, I. *El vidrio estructural*. Ed. Bisagra. Barcelona. 2000.
- PÉREZ ARROYO, S., y AA.VV. *Industria y Arquitectura*. Editorial Pronaos. Madrid. 1991.
- SAINT GOBAIN. *Manual del vidrio*. Ed. Saint Gobain.
- SÁNCHEZ-OSTIZ GUTIÉRREZ, A. *Cerramientos de edificios. Cubiertas*. Ed. Cie Dossat 2000. 1.ª edición, Madrid. 2003.

- SÁNCHEZ-OSTIZ GUTIÉRREZ, A.; DE ISLA, A., y GRACIA BALLANO, R. *Manual para la implantación de sistemas de calidad en estudios de arquitectura*. Ed. Cie Dossat 2000. Madrid. 2005.
- SCHILD, E., y BASSEGODA/MUSTE, B. *Estanqueidad e impermeabilización en la edificación*. Editores Técnicos Asociados. Barcelona. 1983.
- TRUJILLO, L. *Manual de diagnosis e intervención en cubiertas planas*. Ed. Colegio de Aparejadores y A.T. de Barcelona. Barcelona. 2002.
- WIGGINTON, M. *Glass in architecture*. Ed. Phaidon. Londres. 1996.

ARTÍCULOS Y MONOGRAFÍAS

- AA.VV. *Cubiertas (I): Cubiertas planas*. Revista Tectónica n.º 6.
- AA.VV. *Cubiertas (II): Cubiertas inclinadas*. Revista Tectónica n.º 8.
- AA.VV. *Plásticos*. Revista Tectónica n.º 19.
- AA.VV. *Cubiertas*. Revista Detail 1/2002.
- AA.VV. *Cubiertas*. Revista Detail 4/2004.
- AA.VV. *Rehabilitación*. Revista Detail 3/2005.
- AA.VV. INTEMAC. *Puntos críticos en la impermeabilidad de azoteas y fachadas*. Monografía n.º 2. Instituto Técnico de materiales y construcción. Madrid.
- BOBRAN-WITTFOHT, I., y SCHLAUCH, D. *Aislantes térmicos. Materiales para el aislamiento térmico en edificación*. "Detail 1 año 2001, Fachadas". Ed. Elsevier Información Profesional. Bilbao. 2001.
- COMPAGNO, A. *El vidrio como material de construcción y sus aplicaciones*. Detail año 2002 "4, Vidrio", Ed. Reed Business Information. Bilbao. 2002.
- GARCÍA SANTOS, A., y TEJERA, J. *Materiales plásticos utilizados en arquitectura*. Tectónica n.º 19. Plásticos. Septiembre. 2005.
- JALVO GARCÍA, J. *Pruebas de estanqueidad al agua en fachadas y cubiertas*. Cuadernos INTEMAC, n.º 13. Instituto Técnico de materiales y construcción. Madrid. 1994.
- RODRÍGUEZ CHEDA, J., y RAYA DE BLAS, A. *Arquitectura de vidrio*. Tectónica n.º 10. Ed. ATC. Madrid.
- RUIZ DUERTO, A. y otros. *Sistemas de impermeabilización con láminas asfálticas en cubiertas para uso industrial, comercial y deportivo*. ANFI (Asociación Nacional de Fabricantes de Impermeabilizantes Asfálticos). 1996.
- SÁNCHEZ-OSTIZ GUTIÉRREZ, A. *Rehabilitación de cubiertas I*. RE 15. ETSAUN. 1993.
- SÁNCHEZ-OSTIZ GUTIÉRREZ, A. *Rehabilitación de cubiertas II*. RE 16. ETSAUN. 1993.
- SÁNCHEZ-OSTIZ GUTIÉRREZ, A. *Rehabilitación de cubiertas III*. RE 17. ETSAUN. 1994.
- SÁNCHEZ-OSTIZ GUTIÉRREZ, A. *Informe especial: Cubiertas* Revista Proyectar Navarra n.º 61. Diciembre 2000.
- SÁNCHEZ-OSTIZ GUTIÉRREZ, A. *Informe especial: Cubiertas* Revista Proyectar Navarra n.º 83. Diciembre 2003.

CATÁLOGOS TÉCNICOS

- El sistema de cubierta invertida.* Santiago Ibarra. DOW CHEMICAL Ibérica, S.A.
- Canalones y cubiertas en cobre.* Sociedad Industrial Asturiana Santa Bárbara, S.A.
- Paneles de cubierta. Elements de toiture.* UNILYN SYSTEMS, S.A.
- Paneles de cubierta TRILLATE.*
- Cubierta metálica lisa.* ROBERTSON.
- PERFRISA.
- Chapas y paneles de cubierta.* ACERALIA TRANSFORMADOS.
- Placas metálicas INTERTELHA.*
- Placas metálicas BLOCOTELHA.*
- Manual básico Pladur.* PLADUR.
- L'acier inoxydable étamé en couverture.* UGINE.
- Sistemas de impermeabilización y aislamiento de cubiertas.* INTEMPER ESPAÑOLA, S.A.
- Soluciones de impermeabilización de cubiertas.* DANOSA.
- Asfaltos CHOVA.
- Manual de aislamiento ISOVER.* Cristalería Española, S.A. 1990.
- Perfiles para cubiertas y fachadas metálicas.* COPERFIL.
- Chapas y paneles metálicos de fachadas y cubiertas.* ALTOS HORNOS DE VIZCAYA, S.A.
- Catálogo general URALITA.*
- Sistemas de cubierta Tectum.* URALITA.
- Tejas Cold Lite.* URALITA.
- Impermeabilizaciones de cubiertas.* TEXSA.
- Placa asfáltica Tegola.* TEXSA.
- Cubiertas y fachadas de zinc.* VM-ZINC.
- Estructuras ligeras de cubierta.* Sistemas J3F S.A.
- Panel sándwich de madera thermochip.* AUXITESA.
- Paneles para cubiertas TECNOPANEL.*
- Impermeabilizantes ISODURI.*
- Cubierta ecológica DANOSA.*
- Chapa acero INTERTEL.*
- Estructura de cubierta nervometal.*

Etanchéité. Toitures et Terrases. SIPLAST.
Teja cerámica autoventilada. TEDUR 5.
Cubiertas metálicas TeSiCo.
Arquitectura Textil, S.L.
Sistema de Cubierta metálica RIVERCLACK 55.
El Cobre. Cubiertas y Canales. CEDIC, Centro español de información del cobre.
Cables tensores y terminales INOX. IGENA, S.A.
Lucernarios. HIBELUX.
Panel sándwich cerámico. TERMICON.
Cubiertas KALZIP.
Ventanas para cubiertas. VELUX.
Placas metálicas curvas. SOLIDlux.
Cubiertas de aluminio. ALUBEL.
Aislantes multicapas termo-reflectores. ACTIS.

LISTADO DE NORMAS UNE UTILIZADAS

UNE EN 490. Tejas y accesorios de hormigón. Especificaciones de producto.
 UNE-EN 494/A1. Placas onduladas o nervadas de fibrocemento y sus piezas complementarias para cubiertas. Especificación de producto y métodos de ensayo.
 UNE-EN 501. Chapas metálicas para cubiertas. Especificación de chapa de cinc para cubiertas totalmente soportadas.
 UNE-EN 502. Chapas metálicas para cubiertas. Especificaciones de la chapa de acero inoxidable totalmente soportada para cubiertas.
 UNE-EN 505. Chapa metálica para cubiertas. Especificación de chapa de acero para cubiertas totalmente soportadas.
 UNE-EN 508-1. Productos para cubiertas de chapa metálica. Especificación para las chapas autoportantes de acero, aluminio o acero inoxidable. Parte 1: Acero.
 UNE-EN 508-2. Productos para cubiertas de chapa metálica. Especificación para las chapas autoportantes de acero, aluminio o acero inoxidable. Parte 2: Aluminio.
 UNE-EN 508-3. Productos para cubiertas de chapa metálica. Especificación para las chapas autoportantes de acero, aluminio o acero inoxidable. Parte 3: Acero inoxidable.
 UNE-EN 534. Placas onduladas bituminosas.

- UNE-88111. Placas onduladas y nervadas de fibrocemento. Criterios para su utilización en cubiertas.
- UNE-EN 544. Placas bituminosas con armadura sintética y/o mineral.
- UNE-EN 612 Canales de alero y bajantes de aguas pluviales de chapa metálica. Definiciones, clasificación y especificaciones.
- UNE-EN 607 Canales suspendidos y sus accesorios de PVC-U. Definiciones, exigencias y métodos de ensayo.
- UNE-EN 1013-1. Placas de plásticos perfiladas translúcidas para cubiertas de sola capa. Parte 1. Requisitos generales y métodos de ensayo.
- UNE-EN 1013-3. Placas de plástico perfiladas translúcidas para cubiertas de una sola capa. Parte 3. Requisitos específicos y métodos de ensayo para placas de policloruro de vinilo (PVC).
- UNE-EN 1172. Cobre y aleaciones de cobre. Chapas y bandas para edificación.
- UNE-EN 1304/A1. Tejas de arcilla cocida para colocación discontinua. Definiciones y especificaciones de producto.
- UNE-EN ISO 7823-1. Hojas de poli(metacrilato de metilo). Tipos, dimensiones y características.
- UNE-EN ISO 11963. Plásticos. Láminas de policarbonato. Tipos, dimensiones y características.
- UNE-22190-1. Productos de pizarra para tejados inclinados y revestimientos. Parte 1. Especificaciones de producto.
- UNE-22190-2. Productos de pizarra para tejados inclinados y revestimientos. Parte 2. Métodos de ensayo.
- UNE-22190-3. Productos de pizarra para tejados inclinados y revestimientos. Parte 3. Sistemas de colocación.
- UNE-37105. Cobres C-11XX. Chapas y bandas laminadas en frío.
- UNE-37203. Planchas y láminas de plomo. Definiciones, calidades, medidas y tolerancias.
- UNE-37304. Zinc laminado. Placas, chapas y bandas obtenidas por laminación continua. Designación y medidas.
- UNE-41950. Panel de poliuretano con capas de cobertura metálicas o no metálicas.
- UNE-53301. Plásticos. Placas onduladas o nervadas translúcidas de poliéster reforzado con fibra de vidrio.
- UNE-53351. Plásticos. Planchas de espumas rígidas de poliuretano, utilizadas como aislantes térmicos en hábitáculos y en instalaciones isotérmicas y frigoríficas. Características y métodos de ensayo.
- UNE-53411 Plásticos. Láminas de polietileno clorado sin armadura para la impermeabilización de edificios. Características y métodos de ensayo.
- UNE-88111. Placas onduladas y nervadas de fibrocemento. Criterios para su utilización en cubiertas.
- UNE-88122. Cubiertas de fibrocemento. Complementos de estanquidad. Masillas
- UNE-88121. Cubiertas y revestimientos de fibrocemento. Accesorios de fijación metálicos.
- UNE-92102. Materiales aislantes térmicos. Lana de vidrio. Definiciones, clasificación y características.
- UNE-92105. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de lana mineral. Especificaciones.

- UNE-92195. Productos aislantes térmicos. Paneles sándwich ligeros no metálicos.
- UNE-92110. Materiales aislantes térmicos utilizados en la edificación. Productos de poliestireno expandido (EPS). Especificaciones.
- UNE-92115. Materiales aislantes térmicos utilizados en la edificación. Productos de poliestireno extruido (XPS). Especificaciones.
- UNE-92120-1. Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida *in situ*. Parte 1: Especificaciones para los sistemas de poliuretano antes de la instalación.
- UNE-92120-2. Productos de aislamiento térmico para construcción. Espuma rígida de poliuretano producida *in situ*.
- UNE-104238. Impermeabilización. Materiales bituminosos y bituminosos modificados. Láminas bituminosas de oxiasfalto.
- UNE-104239. Impermeabilización. Materiales bituminosos y bituminosos modificados. Láminas de oxiasfalto modificado.
- UNE-104242. Impermeabilización. Materiales bituminosos y bituminosos modificados. Láminas de betún modificado.
- UNE-104243. Impermeabilización. Materiales bituminosos y bituminosos modificados. Láminas extruidas de betún modificado con polímeros.
- UNE-104244. Impermeabilización. Materiales bituminosos y bituminosos modificados. Láminas de alquitrán modificado con polímeros.
- UNE-104301. Láminas de polietileno clorosulfonado con inserción de tejidos sintéticos para la impermeabilización de edificios. Características y métodos de ensayo.
- UNE-104302. Materiales sintéticos. Láminas de policloruro de vinilo plastificado para la impermeabilización de cubiertas de edificios. Características y métodos de ensayo.
- UNE-104308. Materiales sintéticos. Láminas de elastómeros, sin refuerzo ni armadura, para la impermeabilización. Características y métodos de ensayo.
- UNE-104400-2. Instrucciones para la colocación de placas asfálticas en cubiertas inclinadas para edificios.
- UNE-127100. Tejas de hormigón. Código de práctica para la concepción y el montaje de cubiertas con tejas de hormigón.
- UNE-136020. Tejas cerámicas. Código de práctica para la concepción y el montaje de cubiertas con tejas cerámicas.

CTE y DOCUMENTOS DE APLICACIÓN DEL CTE UTILIZADOS

Código Técnico de la Edificación. Parte I.

CTE-DB-SE Seguridad estructural.

CTE-DB-SE-AE Acciones en la edificación.

CTE-DB-SE-M Estructuras de madera.

CTE-DB-SI 1 Propagación interior.

CTE-DB-SI 2 Propagación exterior.

CTE-DB-SI 6 Resistencia al fuego de la estructura.

CTE-DB-SU 1 Seguridad frente al riesgo de caídas.

CTE-DB-HS 1 Protección frente a la humedad.

CTE-DB-HE 1 Limitación de demanda energética.

CTE-DAC-HR 1 Protección contra ruido aéreo (1.º borrador del CTE).

CTE-DAC-HR 2 Protección contra ruidos de impactos (1.º borrador del CTE).