

Estanqueidad en cubiertas planas

MANUAL PREVENCIÓN DE FALLOS

Estanqueidad en cubiertas planas

**GESTIÓN DE CALIDAD EN LA EDIFICACIÓN
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO
COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA REGIÓN DE MURCIA**

GRUPO DE TRABAJO

Vicente Rex Lario

Autor

Julián Pérez Navarro

**Colegio Oficial de Aparejadores,
Arquitectos Técnicos e Ingenieros
de Edificación de la Región de
Murcia**

MANUAL PREVENCIÓN DE FALLOS

Estanqueidad de cubiertas planas

GRUPO DE TRABAJO

Vicente Rex Lario

Julián Pérez Navarro

SUPERVISIÓN: Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio

D. Emilio Meseguer Peña

D^a. Teresa Barceló Clemares

EDITA:

Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de la Región de Murcia

Avda. Alfonso X el Sabio, 2. 30008 – Murcia

Tel. 968 274411 – Fax 968281354

www.coaatiemu.es – colegio@coaatiemu.es

I.S.B.N.: 978-84-89882-47-8

DISEÑO PORTADA:

Murcia Multimedia, S.L.

© Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio CARM y Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de la Región de Murcia.

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ningún formato por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. TIPOLOGÍAS Y COMPOSICIÓN DE LAS CUBIERTAS PLANAS	7
3. EXIGENCIAS BÁSICAS DE LA CUBIERTA PLANA SEGÚN EL CTE	17
4. MATERIALES	49
5. EJECUCIÓN	57
6. PATOLOGÍAS	93
7. BIBLIOGRAFÍA	117

CAPITULO 1
Introducción



INTRODUCCIÓN

Breve historia de la cubierta plana

Unida al concepto de habitar viene aparejada la cubierta, un elemento superior capaz de guardar al ser humano de las inclemencias del tiempo a la vez que le sirve para acotar su espacio privado. Como conocemos hoy día, las dos versiones generales de la cubierta, plana e inclinada, han sido creadas para tal fin y se alternan según la cultura en que nos fijemos.

El homo erectus buscó cavernas y construyó habitáculos para resguardarse, empleando hojas, cañas, paja y barro para protegerse del exterior. Los primeros edificios con cierto un carácter aceptado de monumentalidad son las construcciones megalíticas que se componían de vastas estructuras de material pétreo que conformaban la pared y techo necesarios para el hombre. Esto evolucionó posteriormente para albergar también al hombre durante su descanso eterno, y que vemos en el carácter funerario del dolmen.



Stonehenge

Pero esta definición de cubierta tan primigenia ha evolucionado a través de la historia en multitud de usos de los que se ha servido la humanidad para adaptarla a sus necesidades. En una de las versiones del mito de Semirámide, la nueva reina de Babilonia, añorando los vergeles de su antigua patria, hizo construir en el centro de la ciudad unas terrazas artificiales con jardines por donde pasear y explayar la vista. En el recuerdo mítico, la cubierta plana no es sólo un paraguas, ante todo recuerda el gesto de “salir afuera desde arriba”. Se convierte así en un espacio de retiro, de placeres privados, de dominio sobre el paisaje.



Los jardines de Babilonia según Athanasius Kircher (1602-1680)

Para el caso de las cubiertas planas encontramos por ejemplo en las sociedades preindustriales que la azotea, ante la ausencia de espacio propio por la masificación de las ciudades, sirve para la desecación del grano, tender la colada, dormir en las estaciones calurosas o celebración de actos cívicos.

En la arquitectura vernácula encontramos numerosos ejemplos de la construcción de techumbres planas con materiales de la región y ligados a la tradición constructiva de la sociedad. Un caso lo vemos en la cultura islámica de la antigüedad. El clima agresivo y la escasez de precipitaciones hicieron innecesaria la inclinación del plano superior de las casas y adoptaron una disposición casi horizontal simplemente con el argumento de la sencillez y funcionalidad como excusa. Obviamente existen más

factores que no es el momento de desarrollar pero sí mencionar por ejemplo que en la cultura islámica predominaba la austeridad por encima de todo, no mostrar el lujo, la ostentación hacia el exterior de la vivienda estaba vetada por la ley del Corán.

Durante el reinado de Luis XIV en el s.XVII, Claude Perrault ejecuta la azotea del Observatorio Astronómico de París siguiendo las directrices marcadas por Vitruvio en su tratado de *De Architectura* (Libro VII):

«Extendido el estatúmen, irá encima la ruderacion, que despues de apisonada debe tener de grueso un pie por lo menos. Sobrepuesto luego el núcleo como arriba, sientese el pavimento de dados grandes como de dos dedos, dandole en cada diez pies dos dedos de vertiente: lo qual observado debidamente, y la amoladura bien executada, quedará un pavimento sin defecto. Para que las heladas no perjudiquen al material de las juntas, se cubrirá con heces de aceyte todos los años antes que entre el invierno; pues con esto no se podrán introducir las escarchas. Pero queriendo asegurarlo mas, sobre la ruderacion se sentarán con mortero ladrillos de dos pies de magnitud, bien unidos por los lados, donde tendrán una canalita ancha un dedo, la qual se llenará de cal amasada con aceyte, y al sentarlos se confricarán bien por los cantos, para que unan con la pasta. Esta, metida en las canalitas, y endurecida en ellas, no dexará paso al agua ni á humedad alguna. Despues de todo esto irá el núcleo, el qual se batirá con pisones estrechos. Finalmente, de dado grande, ó de ladrillo cocido puesto á espiga, se hará la postrera capa, con el declivio que se dixo arriba; pues de esta manera serán permanentes los pavimentos.»

Vitruvio: *De Architectura*, Libro VII, Capítulo I, 5-6 [Traducción de José Ortiz, 1787]

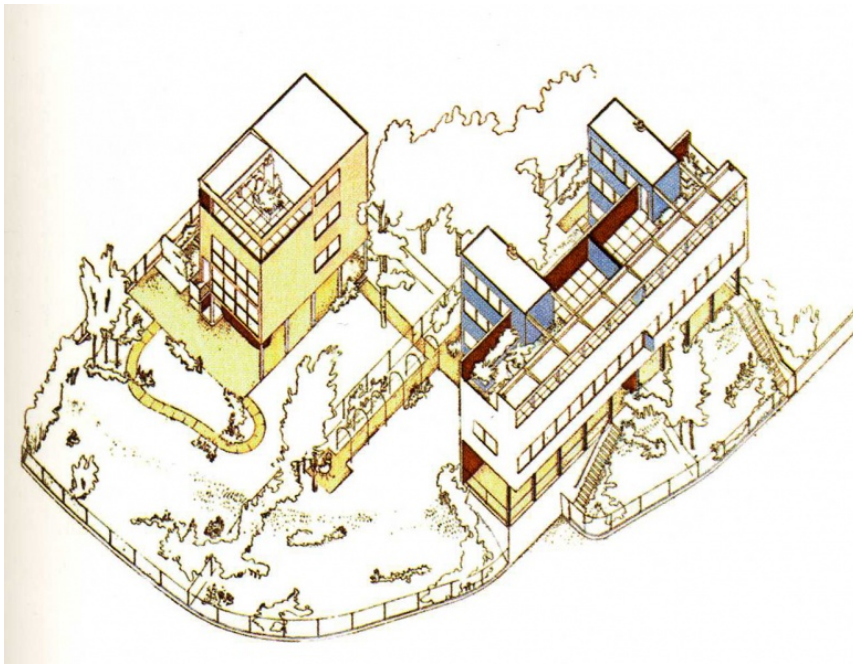


El observatorio astronómico y su terraza tal como se muestra en el fondo de la escena de "Colbert présente à Louis XIV les membres de l'Académie Royale des Sciences crée en 1667", Henri Testelin (s. XVII) [Châteaux de Versailles et de Trianon – ©Photo RMN, Gérard Blot].

Con la Revolución Industrial, todo el proceso de producción artesanal tiende a la desaparición, primando ahora los materiales producidos por medios mecánicos, optimización de los recursos y reducción de los tiempos. Esto por supuesto deriva en una mayor industrialización de la construcción que se ve necesitada de un gran número de viviendas para albergar a la clase obrera.

A principios del s.XX se busca el aire puro en las ciudades inundadas por la polución. De ahí que se popularicen los primeros apartamentos cerca de la playa con miradores y viviendas con terrazas y azoteas dentro de las ciudades.

Le Corbusier fue uno de los abanderados de la nueva arquitectura contemporánea, en la que los volúmenes puros se desligaban de la escuela clásica, y recuperaba la cubierta plana para sus construcciones más famosas (Villa Savoye, Weissenhofsiedlung de Stuttgart, etc...).



Weissenhofsiedlung, Le Corbusier, Stuttgart, 1927

La Revolución Industrial dio comienzo a la era de los nuevos materiales y que sigue vigente actualmente. La industria química lanzaba al mercado tras la Segunda Guerra Mundial nuevos subproductos del petróleo que derivaron, entre otras aplicaciones, a la aparición de las láminas bituminosas.

El desarrollo de estos productos, su expansión en el mercado, la mejora de calidad y la tecnificación de su proceso constructivo dieron lugar a la necesaria normalización de la construcción, que en España se tradujo en las famosas Normas Tecnológicas (NTE) entre otras.

Hoy día, la cubierta plana se ha convertido en un recurso constructivo y arquitectónico de primer orden, capaz de resolver las necesidades de cada edificio con multitud de soluciones reguladas para ello.

CAPITULO 2

**TIPOLOGÍAS Y COMPOSICIÓN DE LAS
CUBIERTAS PLANAS**

TIPOS DE CUBIERTAS PLANAS

Hoy en día, los avances tecnológicos en la manipulación de materiales y las distintas coyunturas a las que se tiene que enfrentar el proyectista a la hora de plantear una solución de cubierta plana, hacen que la clasificación de este tipo de elementos dependa de variables que dan como resultado multitud de composiciones constructivas.

No obstante, de cualquier bibliografía sobre esta materia que se consulte, se puede obtener un compendio de estas composiciones que abarca de manera genérica todas las soluciones constructivas de cubiertas planas. La más genérica, en cuanto a cubiertas planas se refiere, es la que atiende a su uso: *Transitable y No Transitable*.

Llamamos **Transitable** a la cubierta "accesible" que se utilizará para el tránsito normal de peatones, para el tránsito masivo de personas, para el desarrollo de actividades deportivas o para el tránsito de vehículos. Según el uso al que se destinen, se dividen en: Transitables para peatones y transitables para vehículos (tráfico rodado).

- **Cubierta transitable para peatones:** Puede ser de dos tipos, a saber: "las destinadas a ser usadas para un tránsito normal" y "las que se destinen al tránsito masivo de personas, al desarrollo de actividades deportivas y, esporádicamente, al tránsito de vehículos. Se puede emplear una cubierta convencional o una cubierta invertida, en cuyo caso, se incluye aislamiento térmico, poliestireno extrusionado, que por un lado contribuye a mantener las características de la impermeabilización y alarga su vida útil y, por otro, se puede evitar la necesidad de creación de una barra de vapor. Sus acabados pueden ser, entre otros, de pavimento continuo o capa de mortero, baldosas con aislamiento térmico incorporado; todos ellos sirven, además, de protección de la membrana impermeabilizante.

Cubierta transitable para vehículos: Es una cubierta con acabado de capa de rodadura, diseñada para la circulación de vehículos. La capa de rodadura puede ser aglomerado asfáltico o capa de hormigón:

Acabado de aglomerado: El acabado de la cubierta lo constituye una capa de aglomerado asfáltico que se puede llevar a cabo de las dos maneras siguientes:

a) extendiendo en caliente directamente sobre la impermeabilización

b) extendiendo sobre la protección auxiliar de la impermeabilización a base de una capa de mortero o sobre otra protección efectiva. La protección de mortero debe extenderse a todos los paramentos y elementos singulares revestidos con la impermeabilización.

Acabado de hormigón. El acabado de la cubierta lo constituye una capa de hormigón de al menos 8 cm. de espesor. El soporte base de la impermeabilización debe ser mortero/hormigón previamente regularizado con una capa de mortero.

La cubierta **No Transitible** Puede ser a su vez plana o inclinada. También llamadas "visitables" por cuanto "son cubiertas accesibles únicamente a efectos de conservación o reparación". Conviene por ello prever un acceso fácil a la cubierta, a la vez que proteja la membrana de posibles daños. Las hay de dos clases: autoprotegida y con protección pesada.

Otra clasificación que solemos encontrarnos es en *función de su comportamiento higrotérmico*:

1. **Cubierta no ventilada o caliente**, formada por la superposición de capas directamente sobre la base resistente y sin cámara de aire alguna y en la que la transmisión térmica hacia el interior del edificio depende exclusivamente del aislamiento térmico que ofrecen los materiales de las distintas capas de las que se compone. Destaca por su sencilla ejecución.
2. **Cubierta ventilada o fría**, formada por la superposición de capas sobre la base resistente intercalando una cámara de aire con ventilación al exterior que permite la renovación constante de aire, evitando posibles condensaciones que puedan mermar la eficacia del aislante térmico. En climas como el de la Región de Murcia, permite en verano disipar el aire caliente transmitido por radiación directa y así colaborar con la misión aislante del sistema de cobertura.

Atendiendo a la clasificación que establece en el *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE publicado por el Ministerio de Vivienda (versión Mayo 2008)*, se distinguen las siguientes:

- Plana transitible. No ventilada. Solado fijo
- Plana transitible. No ventilada. Solado flotante
- Plana transitible. Ventilada. Solado fijo.
- Plana transitible. Ventilada. Solado flotante.
- Plana no transitible. No ventilada. Grava.
- Plana no transitible. No ventilada. Autoprotegida.
- Plana no transitible. No ventilada. Ajardinada.
- Plana no transitible. Ventilada. Autoprotegida.

Al mismo tiempo, podemos establecer una subclasificación para cada una de las anteriores que irá en función de la **disposición de las capas**:

- Convencional: La impermeabilización se superpone sobre el aislamiento térmico de la cubierta.
- Invertida: El aislamiento se coloca sobre la capa impermeable.

COMPOSICIÓN DE LAS CUBIERTAS PLANAS

- **Base estructural:** Es el elemento resistente que sustenta todo el sistema de la cubierta. Conviene recordar que deberá con la normativa vigente en cuanto a cálculo de estructuras se refiere (DB-AE, EHE, NCSE-02, etc...)
- **Soporte:** Cumple las funciones de base de apoyo para las otras capas con un mayor grado de planeidad que la base estructural y define las pendientes de la cubierta. Así mismo esta es la capa más sensible a los movimientos transmitidos por la propia estructura del edificio y las acciones térmicas. Por esto, es una capa que debe ser resistente frente a sollicitaciones externas a la vez que flexible con las capas dispuestas directamente sobre esta.

Los materiales más comunes empleados como soporte son:

- Hormigón celular
 - Morteros de áridos ligeros
 - Arcilla expandida
-
- **Impermeabilización:** Es el elemento principal para garantizar la estanqueidad de la cubierta. Como se verá en el capítulo 5, su puesta en obra puede materializarse en forma de láminas prefabricadas o in situ.
 - **Aislamiento térmico:** Este material deberá preservar las condiciones climáticas de los espacios que encierra la “piel” del edificio y contribuir a la reducción de la demanda energética, tal como marca el CTE. Además debe reunir las siguientes condiciones:
 - Mínimo porcentaje de absorción de agua.
 - Resistencia a la intemperie y a las variaciones térmicas (ciclo hielo-deshielo).
 - Resistencia a su manipulación durante su transporte y puesta en obra.
 - Estabilidad dimensional
 - Resistente al fuego
 - Imputrescible
 - **Capa de protección / terminación:** Variará su tipología en función del uso de la cubierta pero deben cumplir con la misión de proteger la impermeabilización y el aislante de las acciones climáticas (succión del viento y radiación solar).

Dentro del Código Técnico de la Edificación, en Documento Básico HS de Salubridad, apartado 2.4, encontramos ya regulado las *condiciones de las soluciones constructivas* que debe reunir toda cubierta para garantizar un grado de impermeabilidad óptimo:

a) un sistema de formación de pendientes cuando la cubierta sea plana o cuando sea inclinada y su soporte resistente no tenga la pendiente adecuada al tipo de protección y de impermeabilización que se vaya a utilizar;

b) una barrera contra el vapor inmediatamente por debajo del aislante térmico cuando, según el cálculo descrito en la sección HE 1 del DB “Ahorro de energía”, se prevea que vayan a producirse condensaciones en dicho elemento;

c) una capa separadora bajo el aislante térmico, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles;

d) un aislante térmico, según se determine en la sección HE 1 del DB “Ahorro de energía”;

e) una capa separadora bajo la capa de impermeabilización, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles o la adherencia entre la impermeabilización y el elemento que sirve de soporte en sistemas no adheridos;

f) una capa de impermeabilización cuando la cubierta sea plana o cuando sea inclinada y el sistema de formación de pendientes no tenga la pendiente exigida en la tabla 2.10 del DB HS 1 o el solapo de las piezas de la protección sea insuficiente;

g) una capa separadora entre la capa de protección y la capa de impermeabilización, cuando

i) deba evitarse la adherencia entre ambas capas;

ii) La impermeabilización tenga una resistencia pequeña al punzonamiento estático;

iii) se utilice como capa de protección solado flotante colocado sobre soportes, grava, una capa de rodadura de hormigón, una capa de rodadura de aglomerado asfáltico dispuesta sobre una capa de mortero o tierra vegetal; en este último caso además debe disponerse inmediatamente por encima de la capa separadora, una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante; en el caso de utilizarse grava la capa separadora debe ser antipunzonante;

h) una capa separadora entre la capa de protección y el aislante térmico, cuando:

i) se utilice tierra vegetal como capa de protección; además debe disponerse inmediatamente por encima de esta capa separadora, una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante;

ii) la cubierta sea transitable para peatones; en este caso la capa separadora debe ser antipunzonante;

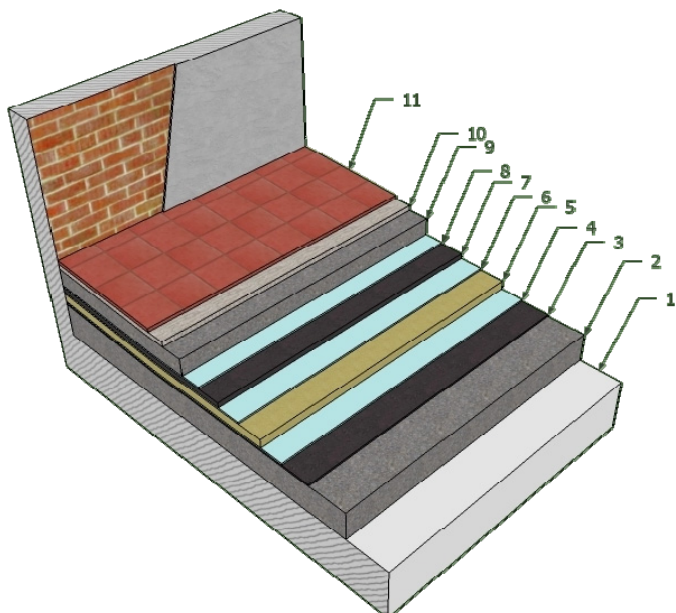
iii) se utilice grava como capa de protección; en este caso la capa separadora debe ser filtrante, capaz de impedir el paso de áridos finos y antipunzonante;

- i) una capa de protección, cuando la cubierta sea plana, salvo que la capa de impermeabilización sea autoprotegida;
- j) un tejado, cuando la cubierta sea inclinada, salvo que la capa de impermeabilización sea autoprotegida;
- k) un sistema de evacuación de aguas, que puede constar de canalones, sumideros y rebosaderos, dimensionado según el cálculo descrito en la sección HS 5 del DB HS.

CUBIERTA PLANA: Transitabile, convencional, solado fijo.

Descripción: Cubierta que se utilizará para el tránsito normal de peatones, para el tránsito masivo de personas, para el desarrollo de actividades deportivas o para el tránsito de vehículos.

COMPOSICIÓN DE LA CUBIERTA



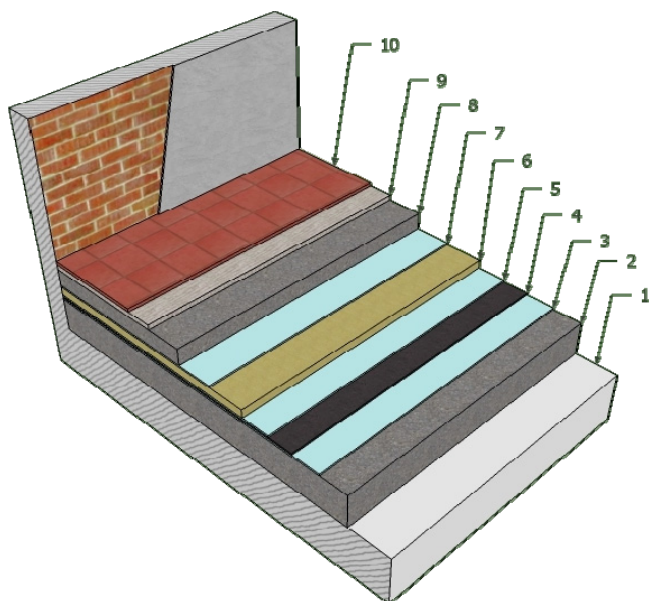
1. Soporte estructural
2. Formación de pendientes
3. Barrera de vapor
4. Capa separadora
5. Aislante térmico
6. Capa separadora
7. Impermeabilización
8. Capa separadora
9. Solera
10. Mortero de agarre
11. Pavimento

(Este gráfico no es un detalle constructivo, solo muestra las capas que componen la cubierta).

CUBIERTA PLANA: Transitabile, invertida, solado fijo.

Descripción: Cubierta que se utilizará para el tránsito normal de peatones, para el tránsito masivo de personas, para el desarrollo de actividades deportivas o para el tránsito de vehículos. A diferencia con la convencional, el aislante térmico se sitúa por encima de la impermeabilización.

COMPOSICIÓN DE LA CUBIERTA



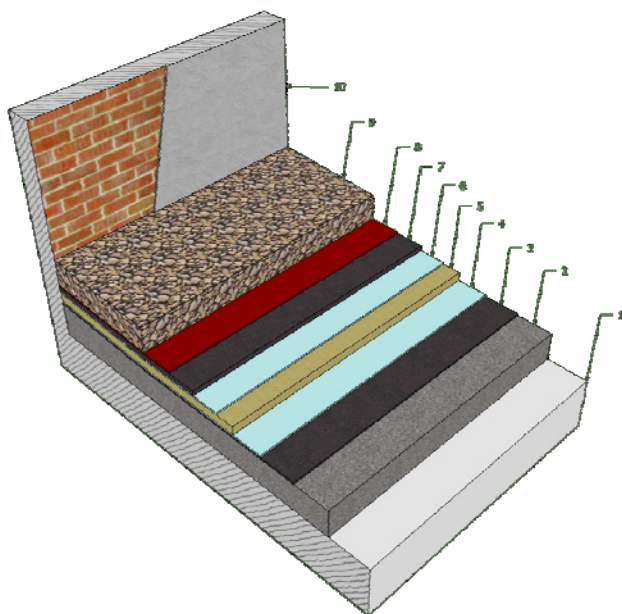
1. Soporte estructural
2. Formación de pendientes
3. Capa separadora
4. Impermeabilización
5. Capa separadora
6. Aislante térmico
7. Capa separadora
8. Solera
9. Mortero de agarre
10. Pavimento

(Este gráfico no es un detalle constructivo, solo muestra las capas que componen la cubierta).

CUBIERTA PLANA: No transitable, convencional, protección de grava.

Descripción: Cubierta que se utilizará para tareas de mantenimiento y reparaciones del edificio.

COMPOSICIÓN DE LA CUBIERTA



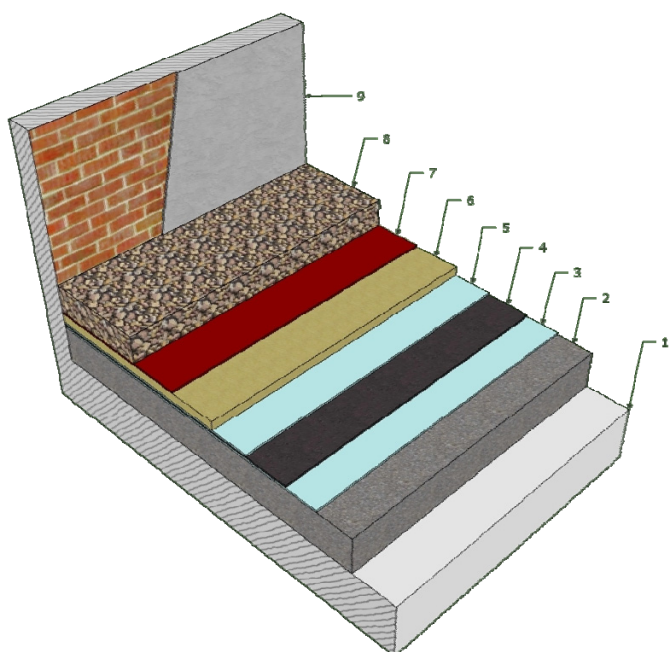
1. Soporte estructural
2. Formación de pendientes
3. Barrera de vapor
4. Capa separadora
5. Aislante térmico
6. Capa separadora
7. Impermeabilización
8. Geotextil
9. Protección de Grava
10. Revestimiento del antepecho

(Este gráfico no es un detalle constructivo, solo muestra las capas que componen la cubierta).

CUBIERTA PLANA: No Transitable, invertida, protección de grava.

Descripción: Cubierta que se utilizará para tareas de mantenimiento y reparaciones del edificio. A diferencia con la convencional, el aislante térmico se sitúa por encima de la impermeabilización.

COMPOSICIÓN DE LA CUBIERTA



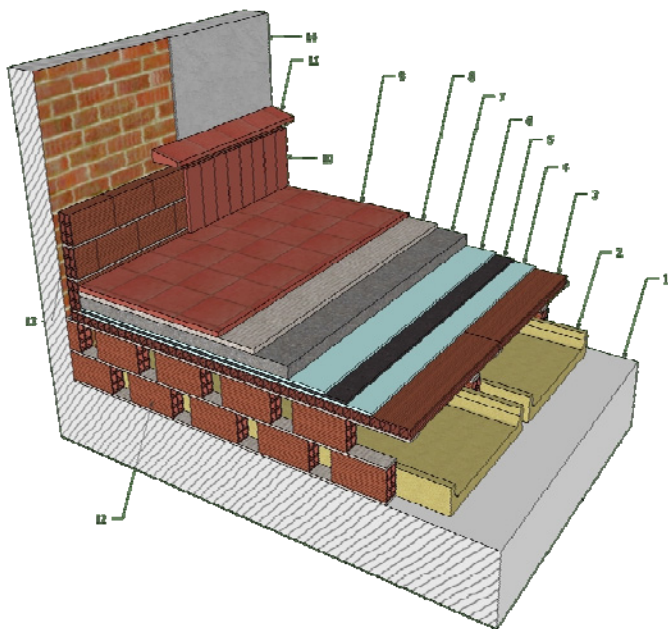
1. Soporte estructural
2. Formación de pendientes
3. Capa separadora
4. Impermeabilización
5. Capa separadora
6. Aislante térmico
7. Geotextil
8. Protección de Grava
9. Revestimiento del antepecho

(Este gráfico no es un detalle constructivo, solo muestra las capas que componen la cubierta).

CUBIERTA PLANA: Transitabile, ventilada, solado fijo.

Descripción: Cubierta que se utilizará para el tránsito normal de peatones, para el tránsito masivo de personas, para el desarrollo de actividades deportivas o para el tránsito de vehículos.

COMPOSICIÓN DE LA CUBIERTA



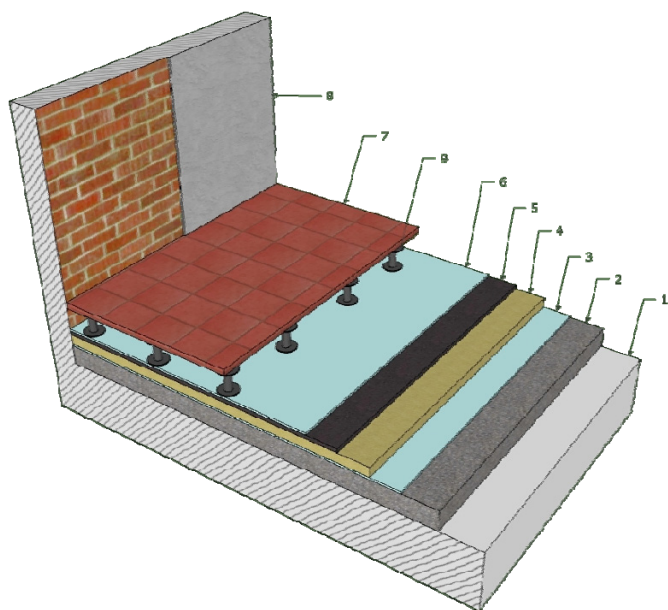
1. Soporte estructural
2. Aislante térmico
3. Formación de pendientes y cámara de aire
4. Capa separadora
5. Impermeabilización
6. Capa separadora
7. Solera
8. Mortero de agarre
9. Pavimento
10. Rodapié
11. Remate de la cámara de aire
12. Tabique palomero
13. Cámara de aire
14. Revestimiento del antepecho

(Este gráfico no es un detalle constructivo, solo muestra las capas que componen la cubierta).

CUBIERTA PLANA: Transitabile, convencional, pavimento flotante.

Descripción: Cubierta que se utilizará para el tránsito normal de peatones, para el tránsito masivo de personas, para el desarrollo de actividades deportivas o para el tránsito de vehículos.

COMPOSICIÓN DE LA CUBIERTA



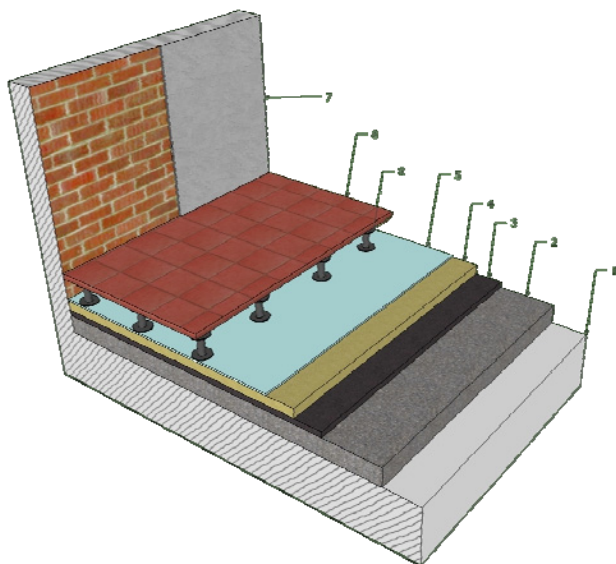
1. Soporte estructural
2. Formación de pendientes
3. Capa separadora
4. Aislante térmico
5. Impermeabilización
6. Geotextil
7. Pavimento
8. Revestimiento del antepecho
9. Soportes regulables

(Este gráfico no es un detalle constructivo, solo muestra las capas que componen la cubierta).

CUBIERTA PLANA: Transitabile, invertida, pavimento flotante.

Descripción: Cubierta que se utilizará para el tránsito normal de peatones, para el tránsito masivo de personas, para el desarrollo de actividades deportivas o para el tránsito de vehículos. A diferencia con la convencional, el aislante térmico se sitúa por encima de la impermeabilización.

COMPOSICIÓN DE LA CUBIERTA



1. Soporte estructural
2. Formación de pendientes
3. Impermeabilización
4. Aislante térmico
5. Geotextil
6. Pavimento
7. Revestimiento del antepecho
8. Soportes regulables

(Este gráfico no es un detalle constructivo, solo muestra las capas que componen la cubierta).

CAPITULO 3

EXIGENCIAS BÁSICAS DE LAS CUBIERTAS PLANAS SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE).

Con el fin de satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad que establece la LOE en los apartados 1b) y 1c) del artículo 3, el CTE desarrolla en su texto las exigencias básicas, de carácter cualitativo, necesarias para dar cumplimiento a los mencionados artículos.

Estas exigencias son el cimiento de los Documentos Básicos que estructuran todo el CTE, los cuales especifican y cuantifican *“la forma y condiciones en las que deben cumplirse las exigencias, mediante la fijación de niveles objetivos o valores límite de la prestación u otros parámetros. Dichos niveles o valores límite serán de obligado cumplimiento cuando así lo establezcan expresamente los Documentos Básicos correspondientes. Además, los DB incluyen procedimientos, no excluyentes, cuya aplicación implica el cumplimiento de las exigencias básicas con arreglo al estado actual de los conocimientos.”*

De forma genérica y esquemática, las exigencias básicas del CTE pueden resumirse en el siguiente cuadro:

Exigencia Básica		Documento Básico relacionado
Seguridad Estructural	Resistencia y estabilidad	DB-SE
		DB-SE-AE
	Aptitud al servicio	DB-SE-C
		DB-SE-A
		DB-SE-F
		DB-SE-M
Seguridad en caso de incendio	Propagación interior	DB-SI1
	Propagación exterior	DB-SI2
	Evacuación de ocupantes	DB-SI3
	Instalaciones de protección contra incendios	DB-SI4
	Intervención de bomberos	DB-SI5
	Resistencia estructural al incendio	DB-SI6
Seguridad de utilización	Seguridad frente al riesgo de caídas	DB-SU1
	Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento	DB-SU2
	Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento	DB-SU3
	Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada	DB-SU4
	Seguridad frente al riesgo causado por situación de alta ocupación	DB-SU5
	Seguridad frente al riesgo de ahogamiento	DB-SU6

	Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento	DB-SU7
	Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo	DB-SU8
Salubridad	Protección frente a la humedad	DB-HS1
	Recogida y evacuación de residuos	DB-HS2
	Calidad del aire interior	DB-HS3
	Suministro de agua	DB-HS4
	Evacuación de aguas	DB-HS5
Protección frente al ruido		DB-HR
Ahorro de Energía	Limitación de demanda energética	DB-HE1
	Rendimiento de las instalaciones térmicas	DB-HE2
	Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	DB-HE3
	Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria	DB-HE4
	Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica	DB-HE5

*Los DBs marcados en gris son de obligado cumplimiento para las cubiertas planas.

Obviamente, el diseño y ejecución de las cubiertas planas no deben cumplir todos los Documentos Básicos relacionados en el cuadro anterior, sino que serán de obligado cumplimiento aquellos cuyas especificaciones afecten a la solución del elemento que se adopte tanto en fase de proyecto como en fase de ejecución.

El objetivo que persigue este capítulo es la de extraer las especificaciones mínimas que exige el CTE para la proyección y ejecución de las cubiertas planas, así como su aplicación constructiva de manera que cumplan con los distintos Documentos Básicos del CTE. No obstante se pretende hacer especial incapié en aquellos requisitos normativos que nos atañen para la prevención de fallos desde el punto de vista constructivo y no tanto proyectual, aunque es conveniente tener una visión de conjunto a la hora de saber detectar cualquier error durante la ejecución, heredado del Proyecto o en la misma obra, y diagnosticar patologías en edificios terminados.

DB SE-AE. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN

Ámbito de aplicación

1.1 Ámbito de aplicación

- 1 El campo de aplicación de este Documento Básico es el de la determinación de las acciones sobre los edificios, para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad portante y estabilidad) y aptitud al servicio, establecidos en el DB-SE.
- 2 Están fuera del alcance de este Documento Básico las acciones y las fuerzas que actúan sobre elementos tales como aparatos elevadores o puentes grúa, o construcciones como los silos o los tanques.
- 3 En general, las fuerzas de rozamiento no se definen en este Documento Básico, ya que se consideran como efectos de las acciones.
- 4 Salvo que se indique lo contrario, todos los valores tienen el sentido de característicos.
- 5 Los tipos de acciones y su tratamiento se establecen en el DB-SE

Acciones permanentes

Los valores del *peso propio* se obtienen del Anejo C.

Tabla C.5 Peso propio de elementos constructivos

Elemento	Peso
Forjados	kN / m ²
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m	2
Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m	3
Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m	4
Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m	5
Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m	5
Cerramientos y particiones (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido	kN / m
Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m	3
Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m	5
Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m	7
Solados (incluyendo material de agarre)	kN / m ²
Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m	0,5
Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m	1,0
Placas de piedra, o peldañeado; grueso total < 0,15 m	1,5
Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)	kN / m ²
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5
Rellenos	kN / m ³
Agua en aljibes o piscinas	10
Terreno, como en jardinerías, incluyendo material de drenaje ⁽¹⁾	20

⁽¹⁾ El peso total debe tener en cuenta la posible desviación de grueso respecto a lo indicado en planos.

Acciones variables

El CTE las divide en las siguientes acciones:

1. Sobrecarga de uso
2. Acciones sobre las barandillas y otros elementos divisorios
3. Viento
4. Acciones Térmicas
5. Nieve
6. Acciones accidentales

La *sobrecarga de uso* recoge “todo lo que pueda gravitar sobre el edificio por razón de su uso”. Los valores de la sobrecarga se encuentran tabulados en el CTE en la tabla 3.1.

El resto de valores de sobrecargas correspondientes a equipos pesados, mobiliario específico, etc... que no se encuentren en las tablas se determinarán de acuerdo con “los valores del suministrador o las exigencias de la propiedad”. Sobre esto último, cabe destacar que alberga ciertas dudas. Se puede deducir que la propiedad, ya sea organismo público o privado, sociedad o persona física podrá advertir al proyectista el tipo de uso al que estará destinado el espacio, y en consecuencia deberán calcularse las cargas para ese espacio.

Por ejemplo para el caso de cubiertas, pudiera darse la situación en la que un edificio pueda albergar en su cubierta una discoteca u otro evento de pública concurrencia en la que la aglomeración de individuos puede ser significativa. Es muy típico, sobre todo en zona de costa y durante el periodo estival los casos en los que nos encontramos esta coyuntura. En este caso, bastaría para cumplir con el CTE con diseñar nuestra estructura con una sobrecarga de uso para una subcategoría C5 en vez de F o G.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Otro tipo de acción interesante que incluye el CTE es valor de las fuerzas horizontales ejercidas sobre petos, barandillas y elementos divisorios, cuyo valor varía según la categoría de uso del elemento. Por otro lado se considera que la fuerza estará aplicada a una altura de 1,20 m o sobre el borde superior del elemento si está situada a menor altura.

Tabla 3.3 Acciones sobre las barandillas y otros elementos divisorios	
Categoría de uso	Fuerza horizontal [kN/m]
C5	3,0
C3, C4, E, F	1,6
Resto de los casos	0,8

Hay que recordar que respecto a la norma AE-88, la sobrecarga lineal horizontal para “terrazas, balcones, escaleras, etc.”, actuando en su borde superior (la altura era indiferente) era de 50 kg/ml para viviendas y edificios de uso privado y de 100 kg/ml para locales de uso público. Se puede ver que el CTE es más restrictivo y específico en este tema.

Viento

El CTE establece dos métodos para calcular la acción del viento. La forma simplificada que se recoge en el apartado 3.3.2.1 y la forma compleja recogida en el Anejo D, que no vamos a comentar.

1	<p>La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e puede expresarse como:</p> $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (3.1)$ <p>siendo:</p> <p>q_b la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse 0,5 kN/m². Pueden obtenerse valores más precisos mediante el anejo D, en función del emplazamiento geográfico de la obra.</p> <p>c_e el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en 3.3.3. En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0.</p> <p>c_p el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. Su valor se establece en 3.3.4 y 3.3.5.</p>
---	--

Apartado 3.3.2.1

Sobre el método simplificado, para cubiertas planas en general se consideran los siguientes valores:

1. Presión dinámica: 0,5 kN/m² (válido para cualquier punto del territorio español).
2. Coeficiente de exposición: tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Su valor se puede tomar de la tabla 3.4, siendo la altura del punto considerado la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento. Para alturas superiores a 30 m los valores deben obtenerse de las expresiones generales que se recogen en el Anejo D.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

3. Coeficiente eólico o de presión: En edificios de cubierta plana la succión del viento opera normalmente del lado de la seguridad por lo que se puede despreciar su valor.

Según estos datos obtenidos del CTE, podríamos calcular fácilmente la acción del viento para cubiertas planas:

GRADO DE ASPEREZA	ALTURA DEL PUNTO CONSIDERADO (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I	1,1	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8
II	1,1	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8
III	0,8	1,0	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6
IV	0,7	0,7	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3
V	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	1,0	1,0
	q_e (kN/m ²)							

Acciones Térmicas

Conviene destacar que en este apartado el CTE expone que los edificios sometidos a variaciones de temperatura del ambiente exterior sufren deformaciones y cambios geométricos, tanto a nivel estructural como a nivel de componentes, pero sobre todo a nivel estructural. La magnitud de las mismas depende de las condiciones climáticas del lugar, la orientación y de la exposición del edificio, las características de los materiales constructivos y de los acabados o revestimientos, y del régimen de calefacción y ventilación interior, así como del aislamiento térmico.

También asume que estas acciones son causa de tensiones, por tanto de focos patológicos en potencia y que como solución principal a estas acciones para contrarrestar su efecto serán las juntas de dilatación.

Para el cálculo de la acción térmica el CTE sólo establece los datos para obtener la variación térmica ambiental ($T^{\circ}\text{max}$ y $T^{\circ}\text{min}$) que inciden sobre elementos estructurales, separados para los efectos de verano, dilatación, y para los de invierno, contracción y que pueden verse modificados por la radiación solar incidente según la tabla 3.7. Para el cálculo de las solicitaciones derivadas de la acción térmica se deberá recurrir a métodos no incluidos en el CTE.

Un método simplista para calcular la dilatación térmica de cualquier material es a partir de la fórmula:

$$\Delta L = \lambda L / \Delta T^{\circ}$$

en donde,

ΔL , es el incremento de longitud (mm).

λ , coeficiente de dilatación térmica lineal del material, adimensional.

ΔT° , es la variación térmica ambiental, t°_{int} , t°_{ext} , ($^{\circ}\text{C}$).

No obstante, la acción de la temperatura debe ser evaluada como la combinación de ésta y la rigidez de la estructura que se opone a la deformación, y que como se ha dicho anteriormente, es más complejo de calcular y no es objeto de este manual.

Tabla E.1 Temperatura mínima del aire exterior ($^{\circ}\text{C}$)							
Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-11	-6	-5	-6	6
200	-10	-13	-12	-8	-8	-8	5
400	-12	-15	-14	-10	-11	-9	3
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1.000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2
1.200	-23	-21	-20	-18	-23	-16	-3
1.400	-26	-23	-22	-20	-26	-17	-5
1.600	-28	-25	-23	-22	-29	-19	-7
1.800	-31	-26	-25	-24	-32	-21	-8
2.000	-33	-28	-27	-26	-35	-22	-10

Tabla 3.7 Incremento de temperatura debido a la radiación solar			
Orientación de la superficie	Color de la superficie		
	Muy claro	Claro	Oscuro
Norte y Este	0 $^{\circ}\text{C}$	2 $^{\circ}\text{C}$	4 $^{\circ}\text{C}$
Sur y Oeste	18 $^{\circ}\text{C}$	30 $^{\circ}\text{C}$	42 $^{\circ}\text{C}$

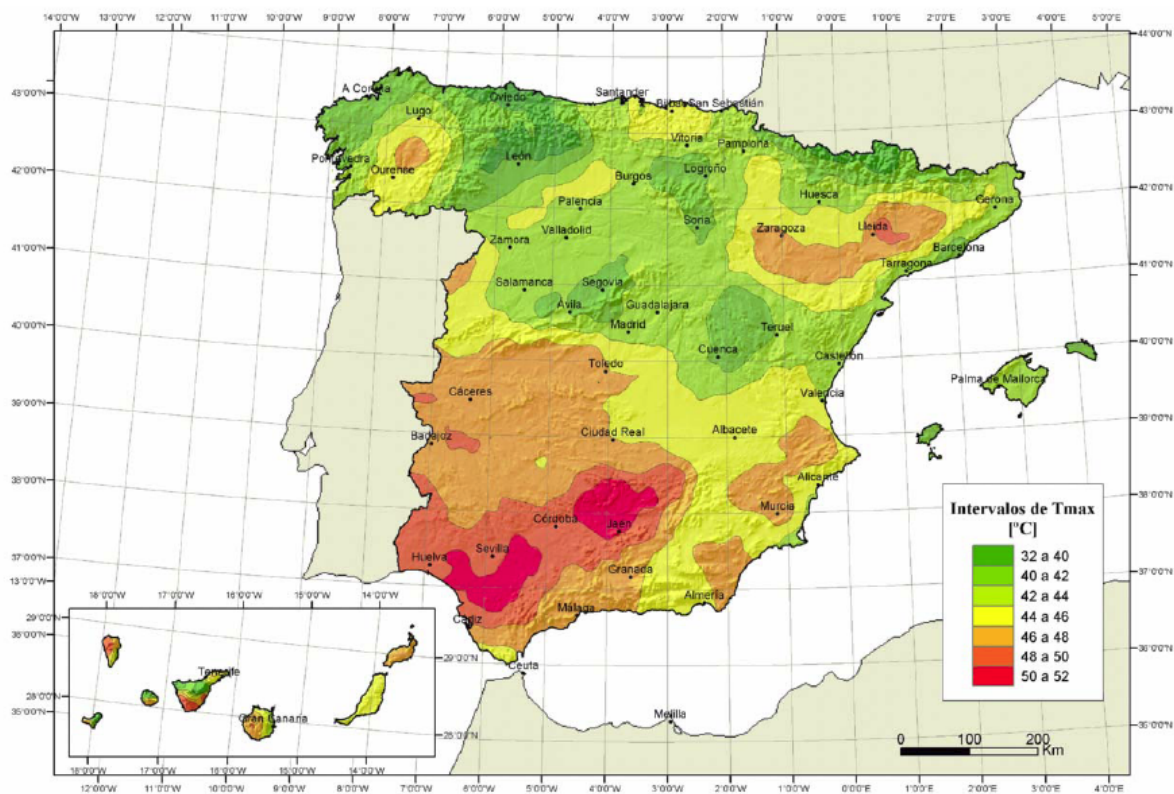


Figura E.1 Isothermas de la temperatura anual máxima del aire (T_{max} en °C)



Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

Nieve

El CTE expresa que para las cubiertas planas de edificios situados en localidades de altitud inferior a 1.000 m es suficiente considerar una carga de nieve de 1,0 kN/m².

Para otros casos establece el siguiente método de cálculo.

2	Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse:	
	$q_n = \mu \cdot s_k$	(3.2)
	siendo:	
	μ coeficiente de forma de la cubierta según 3.5.3	
	s_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según 3.5.2	

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / <i>Alacant</i>	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/ <i>Donostia</i>	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	820	0,4	Santander	1.000	0,7
Badajoz	180	0,2	León	150	1,2	Segovia	10	0,2
Barcelona	0	0,4	Lérida / <i>Lleida</i>	380	0,5	Sevilla	1.090	0,9
Bilbao / <i>Bilbo</i>	0	0,3	Logroño	470	0,6	Soria	0	0,4
Burgos	860	0,6	Lugo	660	0,7	Tarragona	0	0,2
Cáceres	440	0,4	Madrid	0	0,2	Tenerife	950	0,9
Cádiz	0	0,2	Málaga	40	0,2	Teruel	550	0,5
Castellón	0	0,2	Murcia	130	0,4	Toledo	0	0,2
Ciudad Real	640	0,6	Orense / <i>Ourense</i>	230	0,5	Valencia/ <i>València</i>	690	0,4
Córdoba	100	0,2	Oviedo	740	0,4	Valladolid	520	0,7
Coruña / <i>A Coruña</i>	0	0,3	Palencia	0	0,2	Vitoria / <i>Gasteiz</i>	650	0,4
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	210	0,5
Gerona / <i>Girona</i>	70	0,4	Palmas, Las	450	0,7	Zaragoza	0	0,2
Granada	690	0,5	Pamplona/ <i>Iruña</i>			Ceuta y Melilla		

Para otros casos se empleará el valor del anejo E

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-



Y en aquellos casos no recogidos por el Anejo E, se obtendrá a partir de datos municipales (Ordenanza) o bien a partir de datos empíricos.

En cuanto al *coeficiente de forma* μ , el CTE especifica que tendrá valor 1 para cubiertas con inclinación mayor o igual a 30°. Por tanto, para el caso de cubiertas planas no tiene influencia en la sobrecarga el factor de forma, a diferencia de las inclinadas y que no es objeto de este manual.

Acciones accidentales

El CTE hace referencia a acciones accidentales que, al estar regidas por otra normativa o Documentos Básicos del mismo CTE, traslada su consideración a dichos documentos. Es el caso de los sismos (NCSE) o incendios (DB-SI).

En general para cualquier otra acción accidental que se deba considerar para el cálculo de la cubierta, el CTE deja abierto a que el proyectista aporte los valores característicos a considerar.

DB SI. SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

Las exigencias que se reflejan en este documento para el caso de cubiertas son:

Artículo 11. Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (SI)

- 1 El objetivo del requisito básico "Seguridad en caso de incendio" consiste en 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, uso y mantenimiento*.
- 2 Para satisfacer este objetivo, los *edificios* se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que, en caso de incendio, se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
- 3 El Documento Básico DB-SI especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad en caso de incendio, excepto en el caso de los edificios, *establecimientos* y zonas de uso industrial a los que les sea de aplicación el "Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales", en los cuales las exigencias básicas se cumplen mediante dicha aplicación.⁽¹⁾

11.1 Exigencia básica SI 1 - Propagación interior

Se limitará el *riesgo* de propagación del incendio por el interior del *edificio*.

11.2 Exigencia básica SI 2 - Propagación exterior

Se limitará el *riesgo* de propagación del incendio por el exterior, tanto en el *edificio* considerado como a otros *edificios*.

11.3 Exigencia básica SI 3 – Evacuación de ocupantes

El *edificio* dispondrá de los medios de evacuación adecuados para que los ocupantes puedan abandonarlo o alcanzar un lugar seguro dentro del mismo en condiciones de seguridad.

11.4 Exigencia básica SI 4 - Instalaciones de protección contra incendios

El *edificio* dispondrá de los equipos e instalaciones adecuados para hacer posible la detección, el control y la extinción del incendio, así como la transmisión de la alarma a los ocupantes.

11.5 Exigencia básica SI 5 - Intervención de bomberos

Se facilitará la intervención de los equipos de rescate y de extinción de incendios.

11.6 Exigencia básica SI 6 – Resistencia al fuego de la estructura

La estructura portante mantendrá su *resistencia al fuego* durante el tiempo necesario para que puedan cumplirse las anteriores exigencias básicas.

Al respecto, el papel de la cubierta es fundamental. Para cumplir con estas exigencias, el CTE establece las condiciones mínimas que deben cumplirse en las cubiertas en cuanto a resistencia al fuego y propagación del incendio.

Propagación interior

En el caso de que la cubierta esté destinada a alguna actividad o esté previsto que vaya a ser utilizada en evacuación, precisa de una función de compartimentación de incendios, similar a la de las particiones interiores horizontales.

En caso de no darse las siguientes condiciones, es decir, no esté destinada a actividad alguna ni esté prevista para ser utilizada en evacuación, no precisa tener una función de compartimentación de incendios, por lo que sólo debe aportar la resistencia al fuego R que le corresponda como elemento estructural, excepto en las franjas que se señalan para cumplir frente a propagación exterior.

Dependiendo del uso de la zona colindante a la cubierta considerada, la superficie de acabado interior debe tener una clase de reacción al fuego igual o mejor que la establecida en la tabla 4.1 del DB SI 1:

Tabla 4.1 Clases de <i>reacción al fuego</i> de los elementos constructivos		
Situación del elemento	Revestimientos ⁽¹⁾	
	De techos y paredes ^{(2) (3)}	De suelos ⁽²⁾
Zonas ocupables ⁽⁴⁾	C-s2,d0	E _{FL}
<i>Pasillos y escaleras protegidos</i>	B-s1,d0	C _{FL} -s1
Aparcamientos y recintos de riesgo especial ⁽⁵⁾	B-s1,d0	B _{FL} -s1
Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos (excepto los existentes dentro de las viviendas), suelos elevados, etc.	B-s3,d0	B _{FL} -s2 ⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Siempre que superen el 5% de las superficies totales del conjunto de las paredes, del conjunto de los techos o del conjunto de los suelos del *recinto* considerado.

⁽²⁾ Incluye las tuberías y conductos que transcurren por las zonas que se indican sin recubrimiento resistente al fuego. Cuando se trate de tuberías con aislamiento térmico lineal, la clase de reacción al fuego será la que se indica, pero incorporando el subíndice L.

⁽³⁾ Incluye a aquellos materiales que constituyan una capa contenida en el interior del techo o pared y que no esté protegida por una capa que sea EI 30 como mínimo.

⁽⁴⁾ Incluye, tanto las de permanencia de personas, como las de circulación que no sean protegidas. Excluye el interior de viviendas. En *uso Hospitalario* se aplicarán las mismas condiciones que en *pasillos y escaleras protegidos*.

⁽⁵⁾ Véase el capítulo 2 de esta Sección.

⁽⁶⁾ Se refiere a la parte inferior de la cavidad. Por ejemplo, en la cámara de los falsos techos se refiere al material situado en la cara superior de la membrana. En espacios con clara configuración vertical (por ejemplo, patinillos) así como cuando el falso techo esté constituido por una celosía, retícula o entramado abierto, con una función acústica, decorativa, etc., esta condición no es aplicable.

Propagación exterior

Con el fin de limitar 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 0,50 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 medianería o el elemento compartimentador 0,60 m por encima del acabado de la cubierta.

En el encuentro entre una cubierta y una fachada que pertenezcan a sectores de incendio o a edificio 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 a continuación, 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.

d (m)	≥2,50	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0
h (m)	0	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00

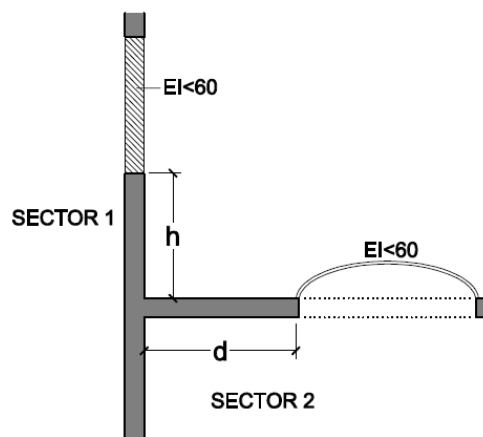


Figura 2.1 Encuentro cubierta-fachada

Los materiales que ocupen más de un 10 % de las zonas de cubierta situadas a menos de 5 m de distancia de la proyección vertical de cualquier zona de fachada, del mismo o de otro edificio, cuya resistencia al fuego no sea al menos EI 60, incluida la cara superior de los voladizos cuyo saliente exceda de 1 m, así como los lucernarios, claraboyas y cualquier otro elemento de iluminación o ventilación, deben pertenecer a la clase de reacción al fuego $B_{ROOF}(t1)$.

En el capítulo de materiales veremos con más detenimiento la clasificación de los materiales frente a la acción del fuego.

Resistencia al fuego de la estructura

Se considera que la resistencia al fuego de la cubierta es suficiente si:

1. alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 ó 3.2 del DB SI 6 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo temperatura, o
2. soporta dicha acción durante el tiempo equivalente de exposición al fuego.

Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Uso del sector de incendio considerado ⁽¹⁾	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante altura de evacuación del edificio		
		<15 m	<28 m	≥28 m
Vivienda unifamiliar ⁽²⁾	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 ⁽³⁾	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 ⁽⁴⁾		

⁽¹⁾ La *resistencia al fuego* suficiente de un suelo es la que resulte al considerarlo como techo del *sector de incendio* situado bajo dicho suelo.

⁽²⁾ En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la *resistencia al fuego* exigible a edificios de uso *Residencial Vivienda*.

⁽³⁾ R 180 si la *altura de evacuación* del edificio excede de 28 m.

⁽⁴⁾ R 180 cuando se trate de *aparcamientos robotizados*.

Tabla 3.2 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios ⁽¹⁾

Riesgo especial bajo	R 90
Riesgo especial medio	R 120
Riesgo especial alto	R 180

⁽¹⁾ No será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30.

La *resistencia al fuego* suficiente de un suelo es la que resulte al considerarlo como techo del *sector de incendio* situado bajo dicho suelo

DB-SU. SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN

Artículo 12. Exigencias básicas de seguridad de utilización (SU)

1. El objetivo del requisito básico "Seguridad de utilización" consiste en reducir a límites aceptables el *riesgo* de que los *usuarios* de un edificio sufran daños inmediatos durante el *uso previsto* del mismo, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.
2. Para satisfacer este objetivo, los *edificios* se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
3. El Documento Básico DB-SU Seguridad de Utilización especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad de utilización.

12.1. Exigencia básica SU 1: Seguridad frente al riesgo de caídas

Se limitará el *riesgo* de que los *usuarios* sufran caídas, para lo cual los suelos serán adecuados para favorecer que las personas no resbalen, tropiecen o se dificulte la movilidad. Asimismo se limitará el riesgo de caídas en huecos, en cambios de nivel y en escaleras y rampas, facilitándose la limpieza de los acristalamientos exteriores en condiciones de seguridad.

12.2. Exigencia básica SU 2: Seguridad frente al riesgo de impacto o de atrapamiento

Se limitará el *riesgo* de que los *usuarios* puedan sufrir impacto o atrapamiento con elementos fijos o practicables del edificio.

12.3. Exigencia básica SU 3: Seguridad frente al riesgo de aprisionamiento

Se limitará el *riesgo* de que los *usuarios* puedan quedar accidentalmente aprisionados en recintos.

12.4. Exigencia básica SU 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada

Se limitará el *riesgo* de daños a las personas como consecuencia de una iluminación inadecuada en zonas de circulación de los *edificios*, tanto interiores como exteriores, incluso en caso de emergencia o de fallo del alumbrado normal.

12.5. Exigencia básica SU 5: Seguridad frente al riesgo causado por situaciones con alta ocupación

Se limitará el *riesgo* causado por situaciones con alta ocupación facilitando la circulación de las personas y la sectorización con elementos de protección y contención en previsión del riesgo de aplastamiento.

12.6. Exigencia básica SU 6: Seguridad frente al riesgo de ahogamiento

Se limitará el *riesgo* de caídas que puedan derivar en ahogamiento en piscinas, depósitos, pozos y similares mediante elementos que restrinjan el acceso.

12.7. Exigencia básica SU 7: Seguridad frente al riesgo causado por vehículos en movimiento

Se limitará el *riesgo* causado por vehículos en movimiento atendiendo a los tipos de pavimentos y la señalización y protección de las zonas de circulación rodada y de las personas.

12.8. Exigencia básica SU 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo

Se limitará el *riesgo* de electrocución y de incendio causado por la acción del rayo, mediante instalaciones adecuadas de protección contra el rayo.

En cumplimiento con la exigencia básica SU1, el DB-SU establece 5 factores que afectan al riesgo de caídas:

1. Resbaladidad de los suelos
2. Discontinuidades en el pavimento
3. Desniveles
4. Escaleras y rampas
5. Limpieza de los acristalamientos exteriores

De todos ellos, para el caso de cubiertas nos afectan directamente los tres primeros aunque dado el caso, deben cumplir los cinco.

Resbaladidad de los suelos

El riesgo de resbalamiento es limitado por el CTE sol para los suelos de edificios de uso Sanitario, Docente, Comercial, Administrativo, Aparcamiento y Pública Concurrencia, excluidas las zonas de uso restringido. Por tanto se excluye también el uso Residencial.

Esta limitación viene determinada por el valor de Resistencia al deslizamiento R_d que se obtiene mediante el ensayo del péndulo descrito en el Anejo A de la norma UNE-ENV 12633:2003 empleando la escala C en probetas sin desgaste acelerado.

Resistencia al deslizamiento R_d	Clase
$R_d \leq 15$	0
$15 < R_d \leq 35$	1
$35 < R_d \leq 45$	2
$R_d > 45$	3

Así mismo la tabla 1.2 indica, en función de la localización del pavimento cual será su clase:

Localización y características del suelo	Clase
Zonas interiores secas	
- superficies con pendiente menor que el 6%	1
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	2
Zonas interiores húmedas, tales como las entradas a los edificios desde el espacio exterior ⁽¹⁾ , terrazas cubiertas, vestuarios, duchas, baños, aseos, cocinas, etc.	
- superficies con pendiente menor que el 6%	2
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	3
Zonas interiores donde, además de agua, pueda haber agentes (grasas, lubricantes, etc.) que reduzcan la resistencia al deslizamiento, tales como cocinas industriales, mataderos, aparcamientos, zonas de uso industrial, etc.	3
Zonas exteriores. Piscinas ⁽²⁾	3
⁽¹⁾ Excepto cuando se trate de accesos directos a zonas de <i>uso restringido</i> .	
⁽²⁾ En zonas previstas para usuarios descalzos y en el fondo de los vasos, en las zonas en las que la profundidad no exceda de 1,50 m.	

Para el caso de cubiertas, podemos adoptar las clases 2 y 3 según la tabla anterior.

Discontinuidades en el pavimento

Con respecto a este apartado el CTE dice lo siguiente:

- 1 Excepto en zonas de *uso restringido* y con el fin de limitar el riesgo de caídas como consecuencia de traspies o de tropiezos, el suelo debe cumplir las condiciones siguientes:
 - a) no presentará imperfecciones o irregularidades que supongan una diferencia de nivel de más de 6 mm;
 - b) los desniveles que no excedan de 50 mm se resolverán con una pendiente que no exceda el 25%;
 - c) en zonas interiores para circulación de personas, el suelo no presentará perforaciones o huecos por los que pueda introducirse una esfera de 15 mm de diámetro.
- 2 Cuando se dispongan barreras para delimitar zonas de circulación, tendrán una altura de 800 mm como mínimo.
- 3 En zonas de circulación no se podrá disponer un escalón aislado, ni dos consecutivos, excepto en los casos siguientes:
 - a) en zonas de *uso restringido*;
 - b) en las zonas comunes de los edificios de *uso Residencial Vivienda*;
 - c) en los accesos y en las salidas de los edificios;
 - d) en el acceso a un estrado o escenario.

Desniveles

El CTE regula en líneas generales cuales son las protecciones mínimas y sus características que deben cumplir para evitar el riesgo de caída en desniveles. Por supuesto esta situación puede encontrarse en las cubiertas planas: desniveles por el escalonamiento de la estructura del edificio que se adapta al terreno, huecos (por ejemplo patios interiores), miradores en cubiertas transitables, etc.

No obstante existe cierta duda en nuestro colectivo acerca de la aplicación o no de la protección en cubierta, sobre todo en las no transitables. El CTE lo deja muy claro en el ámbito de aplicación del DB-SU:

Artículo 12. Exigencias básicas de seguridad de utilización (SU)

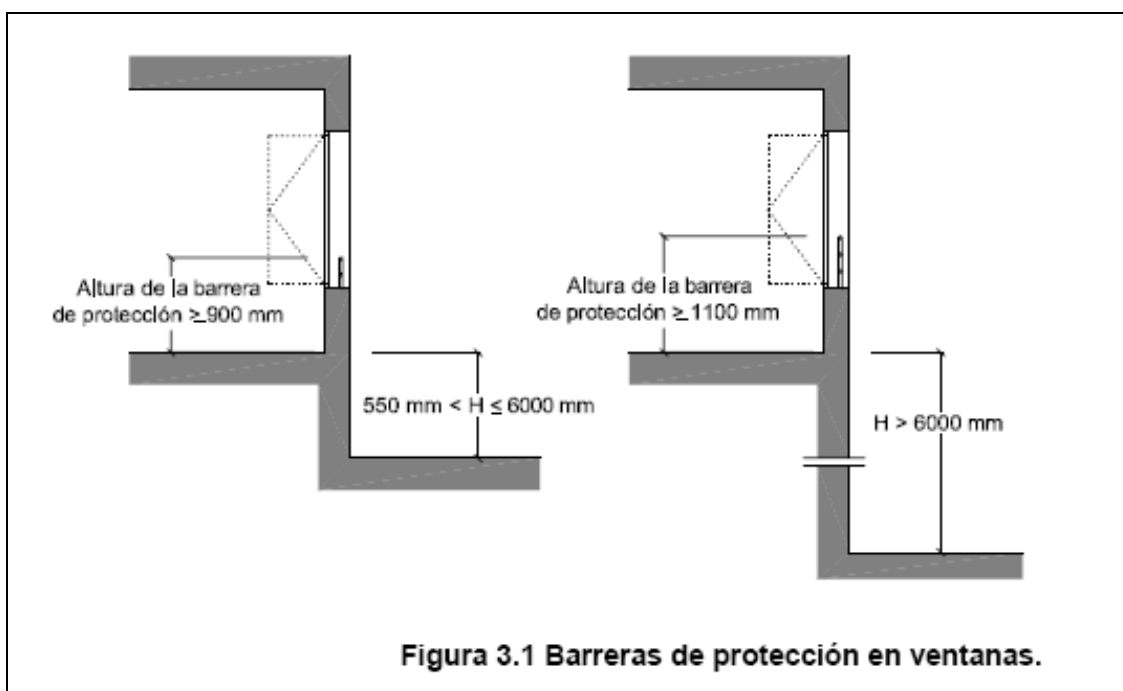
1. El objetivo del requisito básico "Seguridad de utilización" consiste en reducir a límites aceptables el *riesgo* de que los *usuarios* de un edificio sufran daños inmediatos durante el *uso previsto* del mismo, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.
2. Para satisfacer este objetivo, los *edificios* se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.

Volviendo a los desniveles, el Documento Básico dice lo siguiente:

3.1 Protección de los desniveles

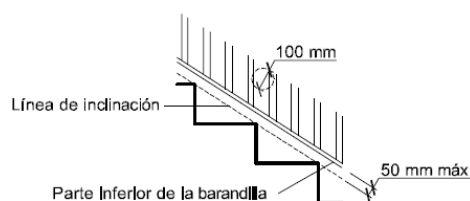
- 1 Con el fin de limitar el riesgo de caída, existirán barreras de protección en los desniveles, huecos y aberturas (tanto horizontales como verticales) balcones, ventanas, etc. con una diferencia de cota mayor que 550 mm, excepto cuando la disposición constructiva haga muy improbable la caída o cuando la barrera sea incompatible con el uso previsto.
- 2 En las zonas de público (personas no familiarizadas con el edificio) se facilitará la percepción de las diferencias de nivel que no excedan de 550 mm y que sean susceptibles de causar caídas, mediante diferenciación visual y táctil. La diferenciación estará a una distancia de 250 mm del borde, como mínimo.

En resumen, aquellos desniveles que superen los 0,55 m de diferencia de cota, se colocará barandilla de protección y cuando sean igual o menores se deberán diferenciar de forma visual y táctil a una distancia de 25 cms del borde del desnivel.



3.2.3 Características constructivas

- 1 En cualquier zona de los edificios de *uso Residencial Vivienda* o de escuelas infantiles, así como en las zonas de público de los establecimientos de *uso Comercial* o de *uso Pública Concurrencia*, las barreras de protección, incluidas las de las escaleras y rampas, estarán diseñadas de forma que:
 - a) 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 o sobre la línea de inclinación de una escalera;
 - b) no tengan aberturas que puedan ser atravesadas por una esfera de 100 mm de diámetro, exceptuándose las aberturas triangulares que forman la huella y la contrahuella de los peldaños con el límite inferior de la barandilla, siempre que la distancia entre este límite y la línea de inclinación de la escalera no exceda de 50 mm (véase figura 3.2).



La resistencia a fuerzas horizontales de estas barreras de protección sigue el mismo criterio que el comentado en el DB SE-AE.

Escaleras y rampas

Uno de los elementos que nos atañen directamente son las denominadas escalas fijas, muy presentes en zonas de cubierta intransitables para el mantenimiento y conservación de las instalaciones del edificio.

El apartado 4.5 del DB SU dice lo siguiente:

- 1 La anchura de las escalas estará comprendida entre 400 mm y 800 mm. La distancia entre peldaños será 300 mm como máximo.
- 2 Delante de la escala se dispondrá un espacio libre de 750 mm, como mínimo, medido desde el frente de los escalones. La distancia entre la parte posterior de los escalones y el objeto fijo más próximo será de 160 mm, como mínimo. Habrá un espacio libre de 400 mm a ambos lados del eje de la escala si no está provista de jaulas u otros dispositivos equivalentes (véase figura 4.5).
- 3 Cuando el paso desde el tramo final de una escala hasta la superficie a la que da acceso suponga un riesgo de caída por falta de apoyos, la barandilla o el lateral de la escala se prolongará al menos 1000 mm por encima del último peldaño. (véase figura 4.5)

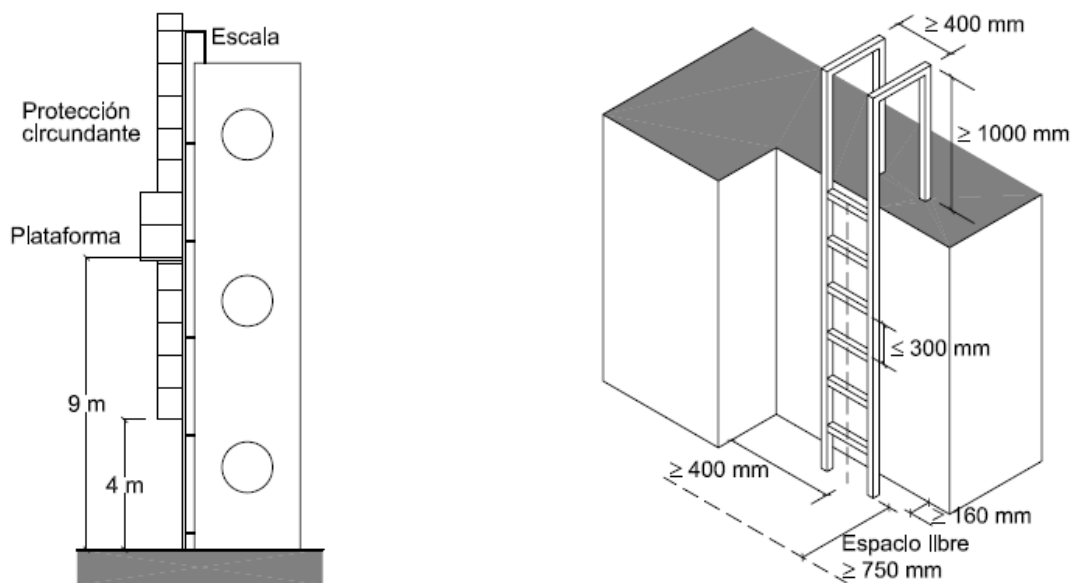


Figura 4.5 Escalas

- 4 Las escalas que tengan una altura mayor que 4 m dispondrán de una protección circundante a partir de dicha altura. Esta medida no será necesaria en conductos, pozos angostos y otras instalaciones que, por su configuración, ya proporcionen dicha protección.
- 5 Si se emplean escalas para alturas mayores de 9 m se instalarán plataformas de descanso al menos cada 9 m (véase figura 4.5).

DB-HR. PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO

Artículo 14. Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR)

El objetivo del requisito básico "Protección frente al ruido" consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán y mantendrán 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 ruido reverberante de los *recintos*.

El Documento Básico "DB HR Protección frente al ruido" especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de protección frente al ruido.

*El CTE define el término recinto como "espacio del edificio limitado por cerramientos, particiones o cualquier otro elemento de separación".

Para el caso de cubiertas planas que nos concierne, el cumplimiento de este Documento Básico basta con asegurar un adecuado aislamiento acústico frente a ruidos aéreos y de impactos.

1.1 Procedimiento de verificación

- 1 Para satisfacer las exigencias del CTE en lo referente a la protección frente al ruido deben:
 - a) alcanzarse los valores límite de *aislamiento acústico a ruido aéreo* y no superarse los valores límite de *nivel de presión de ruido de impactos (aislamiento acústico a ruido de impactos)* que se establecen en el apartado 2.1;
 - b) no superarse los valores límite de *tiempo de reverberación* que se establecen en el apartado 2.2;
 - c) cumplirse las especificaciones del apartado 2.3 referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones.
- 2 Para la correcta aplicación de este documento debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación:
 - a) cumplimiento de las condiciones de diseño y de dimensionado del *aislamiento acústico a ruido aéreo* y del *aislamiento acústico a ruido de impactos* de los *recintos* de los edificios; esta verificación puede llevarse a cabo por cualquiera de los procedimientos siguientes:
 - i) mediante la opción simplificada, comprobando que se adopta alguna de las soluciones de aislamiento propuestas en el apartado 3.1.2.
 - ii) mediante la opción general, aplicando los métodos de cálculo especificados para cada tipo de ruido, definidos en el apartado 3.1.3;Independientemente de la opción elegida, deben cumplirse las condiciones de diseño de las uniones entre elementos constructivos especificadas en el apartado 3.1.4.
 - b) cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del *tiempo de reverberación* y de absorción acústica de los *recintos* afectados por esta exigencia, mediante la aplicación del método de cálculo especificado en el apartado 3.2.
 - c) cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del apartado 3.3 referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones.
 - d) cumplimiento de las condiciones relativas a los productos de construcción expuestas en el apartado 4.
 - e) cumplimiento de las condiciones de construcción expuestas en el apartado 5.
 - f) cumplimiento de las condiciones de mantenimiento y conservación expuestas en el apartado 6.
- 3 Para satisfacer la justificación documental del proyecto, deben cumplimentarse las fichas justificativas del Anejo L, que se incluirán en la memoria del proyecto.

DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

Artículo 15. Exigencias básicas de ahorro de energía (HE)

1. El objetivo del requisito básico "Ahorro de energía" consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los *edificios*, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.
2. Para satisfacer este objetivo, los *edificios* se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
3. El Documento Básico "DB HE Ahorro de energía" especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

15.1 Exigencia básica HE 1: Limitación de demanda energética

Los *edificios* dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la *demanda energética* necesaria para alcanzar el *bienestar térmico* en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los *puentes térmicos* para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

15.2 Exigencia básica HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

Los *edificios* dispondrán de instalaciones térmicas apropiadas destinadas a proporcionar el *bienestar térmico* de sus ocupantes. Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, y su aplicación quedará definida en el *proyecto del edificio*.

15.3 Exigencia básica HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

Los *edificios* dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus *usuarios* y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

15.4 Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

En los *edificios*, con previsión de demanda de agua caliente sanitaria o de climatización de piscina cubierta, en los que así se establezca en este CTE, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio o de la piscina. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

15.5. Exigencia básica HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

En los *edificios* que así se establezca en este CTE se incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red. Los valores derivados de esta exigencia básica tendrán la consideración de mínimos, sin perjuicio de valores más estrictos que puedan ser establecidos por las administraciones competentes y que contribuyan a la sostenibilidad, atendiendo a las características propias de su localización y ámbito territorial.

El CTE limita la *transmitancia térmica máxima* (Es el flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.) de la envolvente del edificio en función de las zonas climáticas definidas en el apéndice D del DB HE-1.

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m²K

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

⁽²⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

⁽³⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Tabla D.1.- Zonas climáticas

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de Gran Canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	984	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

Los parámetros característicos promedio de las cubiertas no deben ser superior a los valores límites establecidos para cada zona climática, según la tabla 2.2

	Zonas A	Zonas B	Zonas C	Zonas D	Zonas E
Cubiertas	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35

* Valores límites de los parámetros característicos medios en cubiertas U (W/m²K)

Condensaciones

Respecto a las condensaciones, el CTE diferencia entre las superficiales y las intersticiales, redactando lo siguiente:

- 1 Las condensaciones superficiales en los *cerramientos y particiones interiores* que componen 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 susceptibles de degradarse y especialmente en los puentes térmicos de los mismos, la humedad relativa media mensual en dicha superficie será inferior al 80%.
- 2 Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los *cerramientos y particiones interiores* que componen 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 periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

Para la comprobación de las mismas el CTE establece un método simplificado en el que resulta sencillo de verificar.

La **comprobación de la limitación de condensaciones superficiales** se basa en la comparación del factor de temperatura de la superficie interior f_{Rsi} y el factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$ para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero y especificadas en el *apartado G.1* del documento HE-1, de forma que debe cumplirse:

$$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$$

Tabla 3.2 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$

Categoría del espacio	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Clase de higrometría 5	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90
Clase de higrometría 4	0.66	0.66	0.69	0.75	0.78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,50	0.52	0.56	0.61	0.64

El procedimiento para la **comprobación de la formación de condensaciones intersticiales** se basa en la comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación que existe en cada punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas, para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero y especificadas en el *apartado G.1* del documento HE-1.

Las condensaciones intersticiales que se produzcan en las cubiertas 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 periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

DB-HS. SALUBRIDAD

Artículo 13. Exigencias básicas de salubridad (HS)

1. El objetivo del requisito básico “Higiene, salud y protección del medio ambiente”, tratado en adelante bajo el término salubridad, consiste en reducir a límites aceptables el *riesgo* de que los *usuarios*, dentro de los *edificios* y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el *riesgo* de que los *edificios* se deterioren y de que deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.
2. Para satisfacer este objetivo, los *edificios* se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de tal forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
3. El Documento Básico “DB HS Salubridad” especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de salubridad.

13.1 Exigencia básica HS 1: Protección frente a la humedad

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.

13.2 Exigencia básica HS 2: Recogida y evacuación de residuos

Los *edificios* dispondrán de espacios y medios para extraer los residuos ordinarios generados en ellos de forma acorde con el sistema público de recogida de tal forma que se facilite la adecuada separación en origen de dichos residuos, la recogida selectiva de los mismos y su posterior gestión.

13.3 Exigencia básica HS 3: Calidad del aire interior

1. Los *edificios* dispondrán de medios para que sus *recintos* se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.
2. Para limitar el riesgo de contaminación del aire interior de los edificios y del entorno exterior en fachadas y patios, la evacuación de productos de combustión de las instalaciones térmicas se producirá, con carácter general, por la cubierta del edificio, con independencia del tipo de combustible y del aparato que se utilice, de acuerdo con la reglamentación específica sobre instalaciones térmicas.

13.4 Exigencia básica HS 4: Suministro de agua

Los *edificios* dispondrán de medios adecuados para suministrar al equipamiento higiénico previsto agua apta para el consumo de forma sostenible, aportando caudales suficientes para su funcionamiento, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que puedan contaminar la red, incorporando medios que permitan el ahorro y el control del agua.

Los equipos de producción de agua caliente dotados de sistemas de acumulación y los puntos terminales de utilización tendrán unas características tales que eviten el desarrollo de gérmenes patógenos.

13.5 Exigencia básica HS 5: Evacuación de aguas

Los *edificios* dispondrán de medios adecuados para extraer las aguas residuales generadas en ellos de forma independiente o conjunta con las precipitaciones atmosféricas y con las escorrentías.

A diferencia de los otros elementos descritos en el DB-HS1 (suelos, fachadas y muros), para el caso de cubiertas el grado de impermeabilidad es único y se alcanza siguiendo las condiciones que se indican en el apartado 2.4 de este documento tanto a

nivel de solución constructiva como de componentes, pero sin entrar en la obligatoriedad de escoger ninguno de ellos.

Con esto el CTE pretende definir cual es la composición básica de una cubierta para alcanzar el grado de impermeabilidad exigido y dar cierta libertad a la hora de escoger los materiales con los que se deben realizar y la solución constructiva, siempre y cuando cumplan con el mínimo exigido.

Condiciones de las soluciones constructivas

Las cubiertas deben disponer de los elementos siguientes:

- a) un sistema de formación de pendientes cuando la cubierta sea plana o cuando sea inclinada y su soporte resistente no tenga la pendiente adecuada al tipo de protección y de impermeabilización que se vaya a utilizar;
- b) una barrera contra el vapor inmediatamente por debajo del aislante térmico cuando, según el cálculo descrito en la sección HE 1 del DB “Ahorro de energía”, se prevea que vayan a producirse condensaciones en dicho elemento;
- c) una capa separadora bajo el aislante térmico, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles;
- d) un aislante térmico, según se determine en la sección HE 1 del DB “Ahorro de energía”;
- e) una capa separadora bajo la capa de impermeabilización, cuando deba evitarse el contacto entre materiales químicamente incompatibles o la adherencia entre la impermeabilización y el elemento que sirve de soporte en sistemas no adheridos;
- f) una capa de impermeabilización cuando la cubierta sea plana o cuando sea inclinada y el sistema de formación de pendientes no tenga la pendiente exigida en la tabla 2.10 del DB HS 1 o el solapo de las piezas de la protección sea insuficiente;
- g) una capa separadora entre la capa de protección y la capa de impermeabilización, cuando
 - i) deba evitarse la adherencia entre ambas capas;
 - ii) La impermeabilización tenga una resistencia pequeña al punzonamiento estático;
 - iii) se utilice como capa de protección solado flotante colocado sobre soportes, grava, una capa de rodadura de hormigón, una capa de rodadura de aglomerado asfáltico dispuesta sobre una capa de mortero o tierra vegetal; en este último caso además debe disponerse inmediatamente por encima de la capa separadora, una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante; en el caso de utilizarse grava la capa separadora debe ser antipunzonante;

h) una capa separadora entre la capa de protección y el aislante térmico, cuando:

i) se utilice tierra vegetal como capa de protección; además debe disponerse inmediatamente por encima de esta capa separadora, una capa drenante y sobre ésta una capa filtrante;

ii) la cubierta sea transitable para peatones; en este caso la capa separadora debe ser antipunzonante;

iii) se utilice grava como capa de protección; en este caso la capa separadora debe ser filtrante, capaz de impedir el paso de áridos finos y antipunzonante;

i) una capa de protección, cuando la cubierta sea plana, salvo que la capa de impermeabilización sea autoprotegida;

j) un tejado, cuando la cubierta sea inclinada, salvo que la capa de impermeabilización sea autoprotegida;

k) un sistema de evacuación de aguas, que puede constar de canalones, sumideros y rebosaderos, dimensionado según el cálculo descrito en la sección HS 5 del DB HS.

Condiciones de los componentes

1. FORMACIÓN DE PENDIENTES

- a. Debe tener cohesión y estabilidad suficientes frente a solicitaciones mecánicas y térmicas así como ser adecuado para recibir el resto de componentes del sistema de cubierta.
- b. En su caso, debe ser compatible con el material de la impermeabilización y con el sistema de unión.
- c. El sistema de formación de pendientes en cubiertas planas debe tener una pendiente hacia los elementos de evacuación de agua incluida dentro de los intervalos que figuran en la tabla 2.9 del DB HS 1 en función del uso de la cubierta y del tipo de protección.

Uso	Protección		Pendiente en %
Transitables	Peatones	Solado fijo	1-5 ⁽¹⁾
		Solado flotante	1-5
	Vehículos	Capa de rodadura	1-5 ⁽¹⁾
No transitables		Grava	1-5
		Lámina autoprotegida	1-15
Ajardinadas		Tierra vegetal	1-5

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

2. AISLANTE TÉRMICO

- a. Cohesión y estabilidad frente a solicitaciones mecánicas

- b. Compatible con el material impermeabilizante. En caso contrario se dispondrá de una capa separadora.
- c. Cuando el aislante térmico quede expuesto al contacto de agua, el material del aislante será adecuado para esta situación.
3. CAPA DE IMPERMEABILIZACIÓN: El documento establece una relación de materiales a emplear para la impermeabilización, permitiendo cualquier otro que produzca en mismo efecto. En el Capítulo de MATERIALES se desarrollarán estos materiales.
- a. Impermeabilización con materiales bituminosos y bituminosos modificados
- b. Impermeabilización con policloruro de vinilo plastificado
- c. Impermeabilización con etileno propileno dieno monómero.
- d. Impermeabilización con poliolefinas.
- e. Impermeabilización con sistemas de placas.

Por otro lado, es conveniente mencionar en este apartado las condiciones que marca el Catálogo de Elementos Constructivos vinculante al CTE para el caso de cubiertas planas:

CUBIERTA PLANA CONVENCIONAL					
Con capa de protección. Transitable/ no transitable					
Propiedades de la capa de impermeabilización	Tipo de capa de impermeabilización				
	material bituminoso		PVC	EPDM	poliolefina
	monocapa ⁽¹⁾⁽⁹⁾	bicapa ⁽²⁾⁽³⁾			
– espesor efectivo (mm)	–	–	≥ 1,2	≥ 1,2	≥ 1,2
– masa nominal (kg/m ²) ⁽⁴⁾	4	6 ⁽⁹⁾	–	–	–
– estanqueidad	pasa	pasa	pasa	pasa	pasa
– comportamiento frente a un fuego externo	–	–	–	–	–
– resistencia a la penetración de raíces ⁽⁵⁾	pasa	pasa	pasa	pasa	pasa
– flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	≤ -15	≤ -15	≤ -25	≤ -45	≤ -30
– resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	≥ 100 ⁽⁶⁾	≥ 100 ⁽⁶⁾	–	–	–
– estabilidad dimensional (%)	≤ 0,6 ⁽⁷⁾	≤ 0,6 ⁽⁷⁾	Tipo I ≤ 2 ⁽¹⁰⁾ Tipo II ≤ 0,2 ⁽¹¹⁾ Tipo III ≤ 0,3 ⁽¹²⁾	≤ 0,5	Tipo I ≤ 2 ⁽¹⁰⁾ Tipo II ≤ 0,2 ⁽¹¹⁾ Tipo III ≤ 0,3 ⁽¹²⁾
– envejecimiento artificial por exposición prolongada a temperatura elevada:	–	–	–	–	–
– flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	–	–	–	–	–
– resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	–	–	–	–	–
– resistencia a una carga estática (kg)	≥ 15 ⁽⁹⁾	≥ 15 ⁽⁹⁾	MLV	MLV	MLV
– resistencia al impacto (mm)	≥ 1000 ⁽⁹⁾	≥ 1000 ⁽⁹⁾	MLV	MLV	MLV
– propiedades de tracción: elongación (%)	45 ± 15	45 ± 15	Tipo I ≥ 250 ⁽¹⁰⁾ Tipo II ≥ 200 ⁽¹¹⁾ Tipo III ≥ 15 ⁽¹²⁾	≥ 500 ⁽¹⁰⁾	Tipo I ≥ 250 ⁽¹⁰⁾ Tipo II ≥ 200 ⁽¹¹⁾ Tipo III ≥ 15 ⁽¹²⁾
– propiedades de tracción: fuerza máxima de tracción (N/50 mm)	≥ 300 ⁽⁹⁾	≥ 300 ⁽⁹⁾	Tipo III ≥ 1000	–	Tipo III ≥ 1000

CUBIERTA PLANA INVERTIDA					
Con capa de protección. Transitable/ no transitable					
Propiedades de la capa de impermeabilización	Tipo de capa de impermeabilización				
	material bituminoso		PVC	EPDM	poliolefina
monocapa ⁽¹⁾	bicapa ⁽²⁾⁽³⁾				
- espesor efectivo (mm)	-	-	≥ 1,2	≥ 1,2	≥ 1,2
- masa nominal (kg/m ²) ⁽⁴⁾	4	6 ⁽⁸⁾	-	-	-
- estanqueidad	pasa	pasa	pasa	pasa	pasa
- comportamiento frente a un fuego externo	-	-	-	-	-
- resistencia a la penetración de raíces ⁽⁵⁾	pasa	pasa	pasa	pasa	pasa
- flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	≤ -15	≤ -15	≤ -25	≤ -45	≤ -30
- resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	≥ 100 ⁽⁶⁾	≥ 100 ⁽⁶⁾	-	-	-
- estabilidad dimensional (%)	≤ MLV	≤ 0,6 ⁽⁷⁾	Tipo I ≤ 2 ⁽¹⁰⁾ Tipo II ≤ 0,2 ⁽¹¹⁾ Tipo III ≤ 0,3 ⁽¹²⁾	≤ 0,5	Tipo I ≤ 2 ⁽¹⁰⁾ Tipo II ≤ 0,2 ⁽¹¹⁾ Tipo III ≤ 0,3 ⁽¹²⁾
- envejecimiento artificial por exposición prolongada a temperatura elevada:	-	-	-	-	-
- flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	-	-	-	-	-
- resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	-	-	-	-	-
- resistencia a una carga estática (kg)	≥ MLV	≥ 15	MLV	MLV	MLV
- resistencia al impacto (mm)	≤ MLV	≥ 1000	MLV	MLV	MLV
- propiedades de tracción: elongación (%)	≥ MDV	45 ± 15	Tipo I ≥ 250 ⁽¹⁰⁾ Tipo II ≥ 200 ⁽¹¹⁾ Tipo III ≥ 15 ⁽¹²⁾	≥ 500 ⁽¹⁰⁾	Tipo I ≥ 250 ⁽¹⁰⁾ Tipo II ≥ 200 ⁽¹¹⁾ Tipo III ≥ 15 ⁽¹²⁾
- propiedades de tracción: fuerza máxima de tracción (N/50 mm)	≥ MDV	≥ 300	Tipo III ≥ 1000	-	Tipo III ≥ 1000

CUBIERTA PLANA CONVENCIONAL		
Autoprotegida. No transitable		
Propiedades de la capa de impermeabilización	Capa de impermeabilización bituminosa	
	monocapa ⁽¹⁾	bicapa ⁽²⁾⁽³⁾
- masa nominal (kg/m ²) ⁽⁴⁾	4	6 ⁽⁸⁾
- estanqueidad ⁽¹⁾	pasa	pasa
- comportamiento frente a un fuego externo	B _{ROOF} (t1)	B _{ROOF} (t1)
- resistencia a la penetración de raíces ⁽⁵⁾	pasa	pasa
- flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	≤ -15	≤ -15
- resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	≥ 100 ⁽⁶⁾	≥ 100 ⁽⁶⁾
- estabilidad dimensional (%)	≤ 0,5 ⁽⁷⁾	≤ 0,5 ⁽⁷⁾
- envejecimiento artificial por exposición prolongada a temperatura elevada	-	-
- flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	-5 ± 5	-5 ± 5
- resistencia a la fluencia a elevadas temperaturas (°C)	100 ± 10 ⁽⁸⁾	100 ± 10 ⁽⁸⁾
- resistencia a una carga estática (kg)	≥ 15	≥ 15
- resistencia al impacto (mm)	≥ 1000	≥ 1000
- propiedades de tracción: elongación (%)	45 ± 15	45 ± 15
- propiedades de tracción: fuerza máxima de tracción (N/50 mm)	≥ 300	≥ 300

CUBIERTA PLANA CONVENCIONAL		
Con lámina vista. No transitable		
Propiedades de la capa de impermeabilización	Tipo de capa de impermeabilización	
	PVC	poliolefina
- espesor efectivo (mm)	≥ 1,2	≥ 1,2
- masa nominal (kg/m ²) ⁽⁴⁾	-	-
- estanqueidad ⁽¹⁾	pasa	pasa
- comportamiento frente a un fuego externo	B _{ROOF} (t1)	B _{ROOF} (t1)
- resistencia a la penetración de raíces ⁽⁵⁾	pasa	pasa
- flexibilidad a bajas temperaturas (°C)	≤ -25	≤ -30
- estabilidad dimensional (%)	Tipo I ≤ 2 ⁽¹⁰⁾ Tipo II ≤ 0,2 ⁽¹¹⁾ Tipo III ≤ 0,3 ⁽¹²⁾	Tipo I ≤ 2 ⁽¹⁰⁾ Tipo II ≤ 0,2 ⁽¹¹⁾ Tipo III ≤ 0,3 ⁽¹²⁾
- exposición UV 5000 h variación alargamiento %	-	-
- resistencia a una carga estática (kg)	MLV	MLV
- resistencia al impacto (mm)	MLV	MLV
- propiedades de tracción: elongación (%)	Tipo I ≥ 250 ⁽¹⁰⁾ Tipo II ≥ 200 ⁽¹¹⁾ Tipo III ≥ 15 ⁽¹²⁾	Tipo I ≥ 250 ⁽¹⁰⁾ Tipo II ≥ 200 ⁽¹¹⁾ Tipo III ≥ 15 ⁽¹²⁾
- propiedades de tracción: fuerza máxima de tracción (N/50 mm)	Tipo III ≥ 1000	Tipo III ≥ 1000

(1)	Puede realizarse una monocapa mejorada mediante la colocación adicional de una lámina de oxiasfalto de masa nominal $\geq 3 \text{ kg/m}^2$
(2)	Una de las láminas debe tener al menos una armadura de fieltro de poliéster.
(3)	Los valores especificados deben cumplirse por al menos una de las láminas del sistema.
(4)	La masa de las láminas acabadas con gránulos minerales se incrementará en 1 kg/m^2 sobre la nominal indicada.
(5)	Valor sólo aplicable a la lámina superior en cubiertas ajardinadas
(6)	La resistencia a la fluencia será: Para láminas de betún modificado con APP y armadura de FP (fieltro de poliéster) o FV (fieltro de fibra de vidrio) $\geq 120 \text{ }^\circ\text{C}$ Para láminas de betún modificado con armadura de filme de poliéster o poliolefinas $\geq 80^\circ\text{C}$ Para láminas de oxiasfalto $\geq 70 \text{ }^\circ\text{C}$
(7)	Para láminas de armadura reforzada, la estabilidad dimensional debe ser $\leq 0,4 \%$
(8)	Para láminas de betún modificado con APP la resistencia al a fluencia tras envejecimiento será $120 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$
(9)	En el caso de cubiertas planas transitables para vehículos, la capa de impermeabilización bituminosa ha de ser bicapa y cumplirá con las siguientes propiedades: - Cuando se utilice una membrana monocapa, ésta ha de ser mejorada - Cuando se utilice una membrana bicapa, ésta debe tener una masa nominal $\geq 7,0 \text{ kg/m}^2$ - La resistencia a una carga estática debe ser $\geq 25 \text{ kg}$ - La resistencia al impacto debe ser $\geq 2000 \text{ mm}$ - La resistencia a tracción debe ser $\geq 400 \text{ N/50mm}$
(10)	Lámina sin armadura
(11)	Lámina con armadura de fibra de vidrio
(12)	Lámina con armadura de fibra de poliéster
pasa: Debe cumplir con el ensayo especificado para cada caso	
MLV (Valor límite del fabricante): Valor establecido por el fabricante, obtenido durante los ensayos, que podrá ser un valor mínimo o máximo.	
MDV (Valor declarado por el fabricante): Debe ir acompañado por la tolerancia declarada	

4. **CÁMARA DE AIRE VENTIDADA:** En aquellos casos que nos encontremos con cubiertas planas ventiladas, el CTE establece que deberá existir una cámara de aire en el lado exterior del aislante térmico y se ventilará a través de un conjunto de aberturas que cumplan un cierto intervalo dado por el cociente entre el área efectiva total de las aberturas $S_s(\text{cm}^2)$ y la superficie de la cubierta $A_c (\text{m}^2)$ de forma que

$$30 > S_s / A_c > 3$$

5. **CAPA DE PROTECCIÓN:** A modo orientativo, se ponen en relación los materiales que deben emplearse para la protección en función de cada tipo de cubierta.

Cubiertas no transitables		- Grava - Solado fijo o flotante - Mortero - Tejas - Otros materiales que conformen una capa pesada y estable.
	Cubiertas transitables	
	Peatonal	- Solado fijo o flotante - Capa de rodadura
	Vehículos	- Capa de rodadura

Así mismo, se establecen las condiciones mínimas para cada tipo de material, que en nuestro caso podemos resumir en el siguiente cuadro.

GRAVA	- Puede ser suelta (pendientes $< 5\%$) o aglomerada con mortero. - TA entre 16 y 32 mm - 5 cms de espesor mínimo de capa. - Habilitar zonas de tránsito (pasillos) para operaciones de mantenimiento con solados transitables.
--------------	---

<p>SOLADO FIJO</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales orientativos: <ul style="list-style-type: none"> o Baldosas recibidas con mortero o Capa de mortero o Piedra natural recibida con mortero o Hormigón o Adoquín sobre lecho de arena o Mortero filtrante o Aglomerado asfáltico - No deben colocarse las piezas a hueso
<p>SOLADO FLOTANTE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Baldosas sobre soportes o baldosas sueltas con aislante térmico incorporado. - El sistema de soportes debe ser diseñado y fabricado expresamente para tal fin. Se colocarán sobre la capa separadora en el plano inclinado de escorrentía. - Deberán colocarse con junta abierta.
<p>CAPA RODADURA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales orientativos: <ul style="list-style-type: none"> o Aglomerado asfáltico o Hormigón o Adoquinado - Cuando sea aglomerado asfáltico: <ul style="list-style-type: none"> o Capa de 8 cms si se vierte directamente sobre la impermeabilización. o Cuando se vierta sobre una capa de mortero sobre la impermeabilización deberá ejecutarse una capa de mortero para la desolidarización entre ambos materiales de 4 cms como máximo y armada.

CAPITULO 4
MATERIALES



Dentro de este apartado se describe los materiales disponibles en el mercado actual para una correcta impermeabilización de las cubiertas planas, excluyendo el resto de componentes de la cubierta ya que no son objeto de este manual.

Para la impermeabilización de cubiertas planas, se disponen básicamente de dos sistemas: por láminas prefabricadas o impermeabilizaciones “in situ”.

Entendemos por *láminas prefabricadas* aquellas láminas que han sufrido un proceso de transformación industrial y cuyo suministro se realiza en lotes indivisibles totalmente terminados y preparados para su colocación directa en obra.

En cuanto a las impermeabilizaciones “*in situ*” son aquellas que se realizan a base de componentes suministrados a granel y sin un proceso de prefabricación previo, aplicados directamente sobre el elemento a impermeabilizar y para la que es necesaria la intervención de mano de obra especializada.

Lógicamente, el ritmo de trabajo de cualquier obra actual hace que las láminas prefabricadas hayan hecho que su uso sea el más extendido dentro del sector, ya que reducen notablemente la mano de obra y aumenta el rendimiento de la obra. Los tratamientos “*in situ*” son empleados para pequeñas intervenciones y elementos cuya complejidad hacen inviable el uso de las láminas prefabricadas.

5.1.- Láminas prefabricadas

Dentro de este grupo podemos distinguir entre *láminas bituminosas* y *sintéticas*.

5.1.1.- Láminas bituminosas

Son láminas armadas compuestas por asfaltos naturales, betunes asfálticos de penetración de oxidación, alquitranes o breas. Pueden ser autoprotegidas G o M (granulos minerales o lámina metálica, respectivamente) o ir sin protección.

El **betún asfáltico** es el elemento que confiere a la lámina su carácter impermeabilizante, y su formulación consta de:

- Asfaltenos
- Resinas
- Hidrocarburos aromáticos
- Hidrocarburos saturados

Cuando el betún asfáltico se somete a un proceso de oxidación catalítica se obtienen los denominados másticos de oxiasfalto, material base para la fabricación de las **láminas de oxiasfalto**.

Cuando el betún asfáltico se combina en la proporción adecuada con un polímero modificador tal como el Estireno-Butadieno-Estireno (SBS) ó Polipropileno Atáctico (APP), se obtiene lo que se conoce como másticos de betún modificado, material base para la fabricación de las **láminas de betún modificado con polímeros (Poliméricas)**. Estos másticos, además, pueden contener cargas minerales, así como otro tipo de aditivos,

antioxidantes, herbicidas, etc...

La **armadura** tiene como finalidad servir de soporte y dar resistencia mecánica y/o estabilidad dimensional a la lámina impermeabilizante. Entre las armaduras principales podemos destacar las siguientes características.

- 1.- Filtro de poliéster no tejido (**FP**): resistente a la tracción, desgarro y punzonamiento.
- 2.- Filtro de fibra de vidrio (**FV**): elevada estabilidad dimensional.
- 3.- Film de polietileno (**PE**): elevados valores de alargamiento a la rotura.

Se utilizan también dobles armaduras, así como complejos filtro-malla, con las cuales se trata de combinar varias de estas propiedades.

Los **materiales de protección** son materiales que recubren la superficie externa de la lámina, su finalidad puede ser la de antiadherente o protección.

Antiadherente

Se trata de materiales que impiden que la lámina se adhiera durante su almacenamiento y manipulación y pueden ser:

- a) Película fina de polietileno: se utiliza cuando la aplicación se va a realizar mediante soldadura con soplete.
- b) Arena: se utiliza cuando la aplicación se va a realizar con oxiasfalto en caliente.

Protección:

Son materiales de terminación que además protegen la superficie externa de las láminas que se van a colocar expuestas a la intemperie. Esta protección puede ser:

- a) Mineral: Se consigue mediante la colocación en la cara externa de pizarra o gránulo cerámico.
- b) Metálica. Se utiliza una lámina de aluminio o cobre con un gofrado que compense los movimientos.



COD.	DEFINICIÓN	NORMA UNE	TIPOS	
LO	LÁMINA DE OXIASFALTO	104238	LO-20 LO-30 LO-40 LO-50	No protegida
			LO-40/G	Protección de gránulos minerales
			LO-30/M LO-40/M	Protección metálica
			LO-40/P	Perforada
LOM	LÁMINA DE OXIASFALTO MODIFICACIÓN	104239	LOM-40	No protegida
			LOM-40/M	Protección metálica
LBM	LÁMINA DE BETÚN MODIFICADO CON ELASTÓMERO O PLASTÓMEROS	104242/1-2	LBM-24 LBM-30 LBM-40 LBM-48	No protegida
			LBM-40/G LBM-50/G	Protección de gránulos minerales
			LBM-30/M LBM-30/NA LBM-48/M	Protección metálica
LBME	LÁMINA DE BETÚN MODIFICADO CON POLÍMEROS	104243	LBME-20/NA	Sin reforzar
			LBME-15FV LBME-20FV	Reforzada con fibra de vidrio
LAM	LÁMINA DE ALQUITRAN MODIFICADO CON POLÍMEROS	104244	LAM-2 LAM-3	No protegida

SISTEMAS DE FIJACIÓN DE LA LÁMINA IMPERMEABILIZANTE

- **Adherido:** La impermeabilización se adhiere al soporte en toda su superficie. Se utilizarán sistemas adheridos cuando se quiera solidarizar la membrana al soporte o evitar su deslizamiento en pendientes superiores al 5%

Es recomendable el sistema adherido para aumentar la seguridad en el caso de

pavimentos fijos y cubiertas ajardinadas, al presentar mayor facilidad de detección de los puntos de la membrana a reparar por problemas de estanqueidad (se localizan donde aparece la humedad).

-**No adherido**: La impermeabilización se coloca sobre el soporte base sin adherirse al mismo salvo en elementos singulares tales como juntas, desagües, petos, bordes perimétricos, etc. y en el perímetro de elementos sobresalientes de la cubierta, tales como chimeneas, claraboyas, mástiles, etc.

Se utilizarán sistemas no adheridos cuando se quiera asegurar la independencia de la membrana respecto al soporte y mejorar así la absorción de movimientos estructurales.

Es recomendable el sistema no adherido en el caso de pavimentos no fijos, como el pavimento flotante o la grava, por la facilidad de sustitución de la membrana y facilitar el pavimento su levantado para la detección de los puntos de la membrana que presentan problemas de estanqueidad.

- **Semiadherido**: la impermeabilización se adhiere al soporte base en una extensión comprendida entre el 15 y el 50 %.

- **Fijado mecánicamente**: La impermeabilización se sujeta al soporte mediante fijaciones mecánicas.

Se utilizarán sistemas fijados mecánicamente cuando la pendiente sea superior al 15 % (p.e. Placa bituminosa) o cuando el soporte base sea de chapa metálica con aislamiento térmico (cubierta tipo Deck).

SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN MONOCAPA O MULTICAPA.

El sistema monocapa está formado por una lámina impermeabilizante solamente.

El sistema multicapa está formado por dos o más láminas impermeabilizantes.

La elección dependerá de criterios de ejecución y seguridad, y siempre cumpliendo la normativa vigente.

Se utilizarán membranas monocapa cuando se desee sencillez y rapidez de ejecución, mientras que si se precisa un mayor nivel de seguridad, se utilizarán membranas bicapa.

5.1.2.- Láminas sintéticas

Las láminas sintéticas que se presentan en el mercado podemos clasificarlas en las siguientes:

- Policloruro de Vinilo (PVC) plastificado, armada o sin armar y resistente o no al betún. (UNE 104302)
- Polietileno clorado o clorosulfonado (UNE 53411, 104301).
- Elastómeros, caucho butílico (IIR), etileno propileno dieno (EPDM) o caucho de cloropreno (CR). (UNE 104308).
- Poliolefinas



Entre las ventajas de este tipo de láminas podemos destacar:

- Gran estabilidad dimensional.
- Elevada resistencia a la tracción
- Elevada resistencia al punzonamiento
- Muy buena resistencia a: putrefacción; envejecimiento natural; intemperie; radiaciones ultravioleta y al hinchado.
- Excelente flexibilidad
- Limita las deformaciones y las tensiones en la membrana impermeabilizante consecuencia de las elevadas temperaturas y los saltos térmicos a las que se van a ver sometidas las cubiertas planas.
- Absorbe bien los movimientos estructurales.
- Presenta una buena protección antipunzonante frente a posibles daños mecánicos, derivados del tránsito peatonal ocasional propio de las cubiertas planas.
- Muy alta durabilidad con respecto a posibles degradaciones debidas a causa de

tipo químico.

- Elevada capacidad de adaptación a las diferentes formas del soporte.

CAPITULO 5
EJECUCIÓN

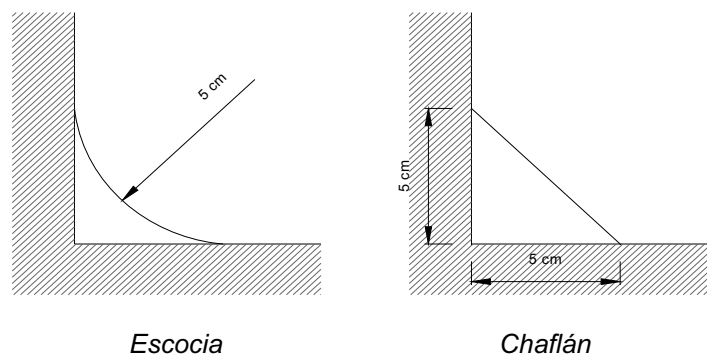


5.1.- Condiciones generales de puesta en obra

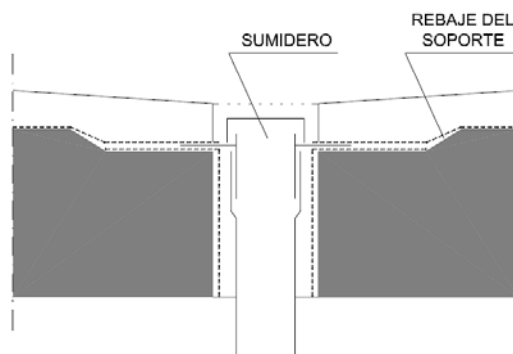
- No deben realizarse trabajos de impermeabilización cuando las condiciones climatológicas puedan resultar perjudiciales, en particular cuando esté nevando o exista nieve o hielo sobre la cubierta, cuando llueva o la cubierta esté mojada, o cuando sople viento fuerte. Tampoco deben realizarse trabajos cuando la temperatura ambiente sea menor que:
 - a) 5 °C para láminas de oxiasfalto.
 - b) -5 °C para láminas de betún modificado.
- Antes de comenzar o reanudar los trabajos de impermeabilización, debe comprobarse si el soporte base reúne las condiciones necesarias. En caso contrario, debe esperarse el tiempo necesario o procederse a su adecuación.
- Las interrupciones en la ejecución de la cubierta deben hacerse de forma tal que no se deterioren los materiales componentes de la misma de manera que los elementos queden bien instalados antes de la finalización de los trabajos.
- En la medida de lo posible se evitará el almacenamiento en cubierta con el fin de que no sobrepase la carga máxima que la cubierta pueda soportar y se protegerá en todo momento la impermeabilización.
- Se debe evitar el vertido de productos químicos agresivos sobre la impermeabilización (aceites, disolventes, etc...).
- Cualquier instalación que atraviese la impermeabilización será realizada con anterioridad a dicha impermeabilización.
- En cubiertas no transitables, se dispondrá de una protección adecuada sobre la impermeabilización para las operaciones de mantenimiento en todo su recorrido, con un ancho mínimo de 60 cms.

5.2.- Preparación del soporte base

- La superficie del soporte base debe ser resistente, uniforme, lisa, estar limpia, seca y carecer de cuerpos extraños.
- Los encuentros con elementos verticales, tales como petos, chimeneas de ventilación, torreones, etc., deben estar acabados con una escocia o un chaflán.



- Estos elementos verticales deben estar preparados de la misma forma que el faldón, para permitir una terminación correcta de la impermeabilización.
- Antes de comenzar la colocación de la impermeabilización, deben instalarse las cazoletas de desagüe y prepararse las juntas de dilatación.
- En el encuentro con los sumideros se realizará un rebaje del soporte alrededor de estos con el fin de garantizar una pendiente adecuada en el sentido de evacuación tras colocar el impermeabilizante.



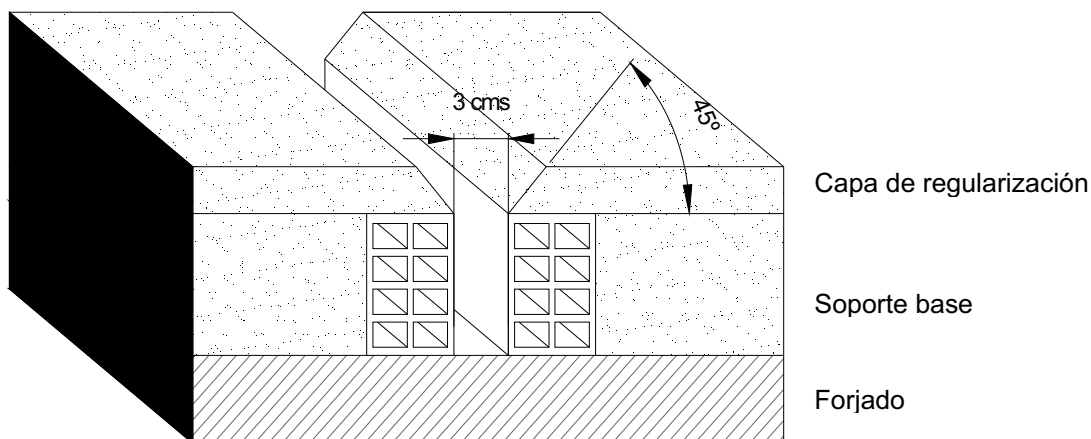
Esquema del rebaje del soporte alrededor de los sumideros (CTE HS1 figura 2.14)

- Cuando el soporte base sea de hormigón, de mortero de cemento, de hormigón celular o de mortero de áridos ligeros, su superficie debe estar fraguada y seca, sin huecos ni resaltes mayores que el 20% del espesor de la impermeabilización prevista.
- Cuando el soporte base sea de placas aislantes, éstas deben colocarse a rompe juntas y sin huecos entre ellas.

5.3.- Preparación de juntas del soporte base

- La distancia máxima entre juntas paralelas será de 15 metros.
- Siempre que exista una junta estructural o un encuentro con un paramento vertical se dispondrá una junta de dilatación en dicho encuentro.
- Los bordes de la junta deberán ser romos, con un ángulo de 45° y la anchura de la junta no será mayor de 3 cms.
- Se evitarán en la medida de lo posible paños de cubierta con formas

irregulares.



Junta de dilatación del soporte base

5.4- Ejecución de la impermeabilización

En general para cubiertas planas el sistema de fijación de la lámina impermeable será mediante el sistema adherido, aunque conviene mencionar las especificaciones del CTE HS1 apartado 2.4.3.3 para casos particulares.

Oxiasfalto o betún modificado	$p \geq 15\%$	Sistema mecánico
	$5\% \leq p \leq 15\%$	Sistema adherido
PVCP	$p \geq 15\%$	Sistema mecánico
EPDM	$p \geq 15\%$	Sistema mecánico

Por debajo del 5% de pendiente se usarán sistemas adheridos o no adheridos, según el grado de solidaridad entre capas que se pretenda.

5.4.1- Aplicación de la capa de imprimación

- Los materiales de imprimación deben aplicarse mediante brocha, cepillo o pulverizador. La aplicación debe realizarse en todas las zonas en las que la impermeabilización deba adherirse y en las zonas de los remates.
- La temperatura de aplicación no será menor a 5°C. Tampoco se aplicará cuando esté lloviendo, nevando, granizando o cuando se prevean unas condiciones que afecten al tiempo de secado.
- La temperatura de aplicación no será menor a 5°C.



Imprimación total de la cubierta

- Según el sistema de impermeabilización a ejecutar se imprimirán las siguientes zonas:

Sistemas fijados mecánicamente y Sistemas no adheridos	Perímetro de la cubierta	Ancho de 15 cms mínimo sobre el faldón y hasta 20 cms sobre la capa de protección.
	Encuentros con elementos verticales	Ancho de 15 cms mínimo sobre el faldón y hasta verticalmente hasta la altura de la banda de terminación.
	Juntas, extremos de faldón, sumideros, etc.	Una banda de 30 cms de ancho en toda su longitud o perímetro.
Sistemas Adheridos	Toda la superficie de cubierta	
	Perímetro de la cubierta	Ancho de 15 cms mínimo sobre el faldón y hasta 20 cms sobre la capa de protección.
	Encuentros con elementos verticales	Ancho de 15 cms mínimo sobre el faldón y hasta verticalmente hasta la altura de la banda de terminación.
	Juntas, extremos de faldón, sumideros, etc.	Una banda de 30 cms de ancho en toda su longitud o perímetro.
Sistemas semiadheridos	Toda la superficie de cubierta o por bandas	
	Perímetro de la cubierta	Ancho de 15 cms mínimo sobre el faldón y hasta 20 cms sobre la capa de protección.
	Encuentros con elementos verticales	Ancho de 15 cms mínimo sobre el faldón y hasta verticalmente hasta la altura de la banda de terminación.
	Juntas, extremos de faldón, sumideros, etc.	Una banda de 30 cms de ancho en toda su longitud o perímetro.

Cuadro resumen basado en la norma UNE 104400-3:1999

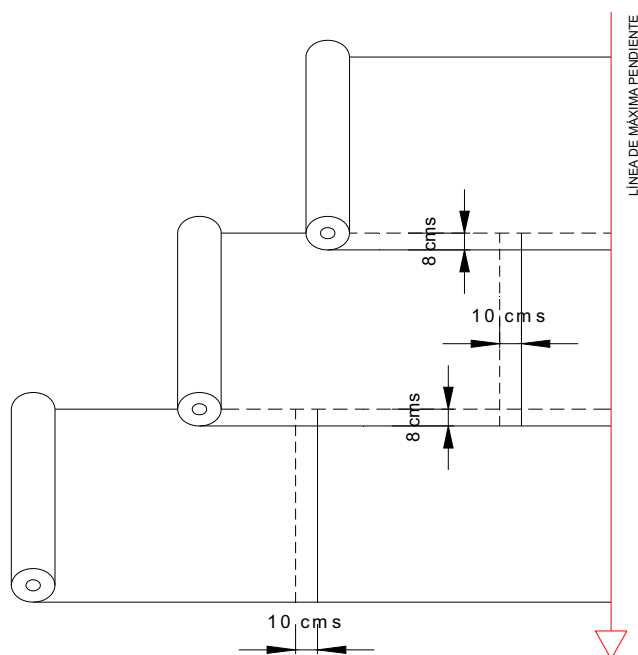
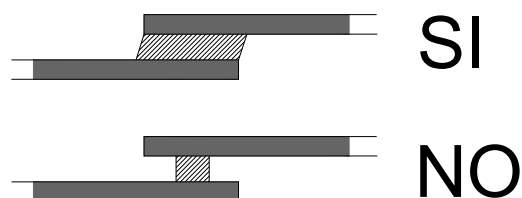
- El consumo de imprimación orientativo es de 0,3 kg/m² de superficie como mínimo.
- Antes de la colocación de la impermeabilización se colocarán **bandas de refuerzo** en los puntos singulares, según veremos más adelante.

5.4.2- Colocación de la impermeabilización

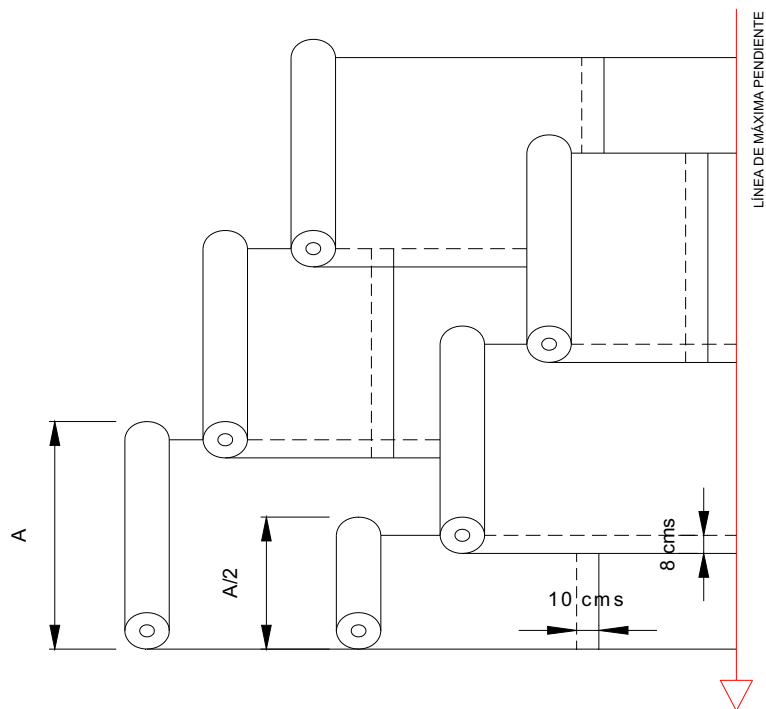
- En cada faldón las láminas de cada capa de impermeabilización deben empezar a colocarse por la parte más baja del mismo, preferentemente en dirección perpendicular a la línea de máxima pendiente del faldón, debe continuarse hasta terminar una hilera, realizando solapes de 8 cm como mínimo en las uniones entre piezas en sentido vertical y 10 cms como mínimo en sentido horizontal.
- Debe continuarse colocando nuevas hileras en sentido ascendente hasta la limatesa, de manera tal que cada hilera solape sobre la anterior 8 cm, como mínimo.
- La colocación de las piezas debe hacerse de tal forma que ninguna junta entre piezas de cada hilera resulte alineada con las de las hileras contiguas.



Solape de las láminas



Colocación de láminas (sistema monocapa) y solapes.



Colocación de láminas (sistema multicapa) y solapes.

- Para su colocación mediante el **sistema adherido** se deberá colocar la lámina soldándola por calentamiento sobre la imprimación de la base a medida que se va extendiendo el rollo. Se calienta la lámina con ayuda del soplete hasta que se funda el material antiadherente y que el mástico de la lámina esté suficientemente reblandecido, al mismo tiempo se va desenrollando la lámina y se presiona contra el soporte hasta que el mástico fundido sobresalga por los bordes. El procedimiento se repetirá igualmente para cada hilera con sus solapes correspondientes.
- Con el sistema **no adherido**, las láminas se deben adherir sólo en la banda de los solapes y en los puntos singulares al soporte. Se podrá realizar con oxiasfalto fundido o soldadura por calentamiento. Una vez realizada la adherencia se repararán los bordes calentándolos y sellándolos con el paletín.



5.5- Elementos singulares de la cubierta

Se consideran elementos singulares de la cubierta aquellos que, por sus características, requieran un tratamiento especial en el proyecto y en la ejecución de la misma.

Entre estos elementos pueden incluirse:

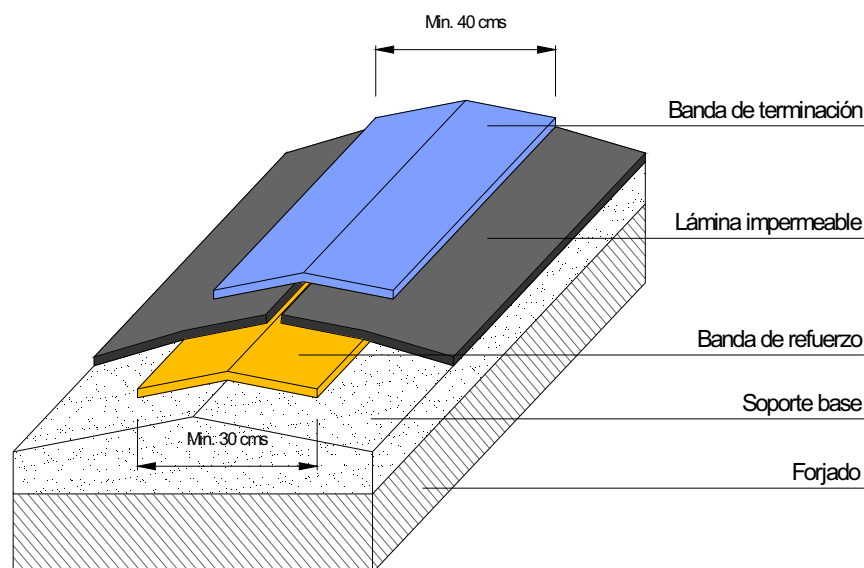
- Encuentros entre dos faldones,
- Encuentros de un faldón con un elemento vertical,
- Encuentros de un faldón con un elemento pasante,
- Encuentros de un faldón con un desagüe,
- Bordes extremos de un faldón,
- Juntas,
- Rebosaderos,
- puertas de acceso a la cubierta,
- anclajes y apoyos de otros elementos.

Para el tratamiento de todos estos puntos se utilizan una serie de piezas, prefabricadas o hechas in situ que definimos a continuación:

- *Bandas de adherencia:* Se emplean para asegurar la adherencia de la lámina al soporte. Deberán tener al menos un ancho de 30 cms.
- *Bandas y piezas de refuerzo:* Se utilizan como refuerzo de la lámina en los puntos débiles, en donde puedan aparecer esfuerzos mecánicos capaces de fisurar la lámina. Deberán tener al menos un ancho de 30 cms.
- *Bandas de terminación:* Se utilizan para impermeabilizar puntos singulares. Serán del tipo LBM-30 mínimo con un ancho adaptado al elemento en particular.
- *Piezas especiales:* Son elementos destinados a conectar la lámina a determinados puntos singulares, tales como desagües, sumideros, anclajes, elementos pasantes, etc.

5.5.1- Encuentros entre dos faldones: limatesas y limahoyas

- En los encuentros entre dos faldones cuya pendiente sea mayor o igual que el 5% debe reforzarse, tanto en limatesas como en limahoyas, la impermeabilización con una capa del mismo tipo de material y del mismo tipo de armadura que los que componen la impermeabilización de la cubierta y cuya anchura sea de 30 cm como mínimo.
- En las limatesas de las cubiertas autoprotegidas se dispondrán una banda de terminación sobre la lámina impermeable de 40 cms de ancho mínimo cuando en dicha limatesa se realice un corte de la lámina.



Refuerzo de lámina impermeable autoprotégida

5.5.2- Encuentros de un faldón con un elemento vertical

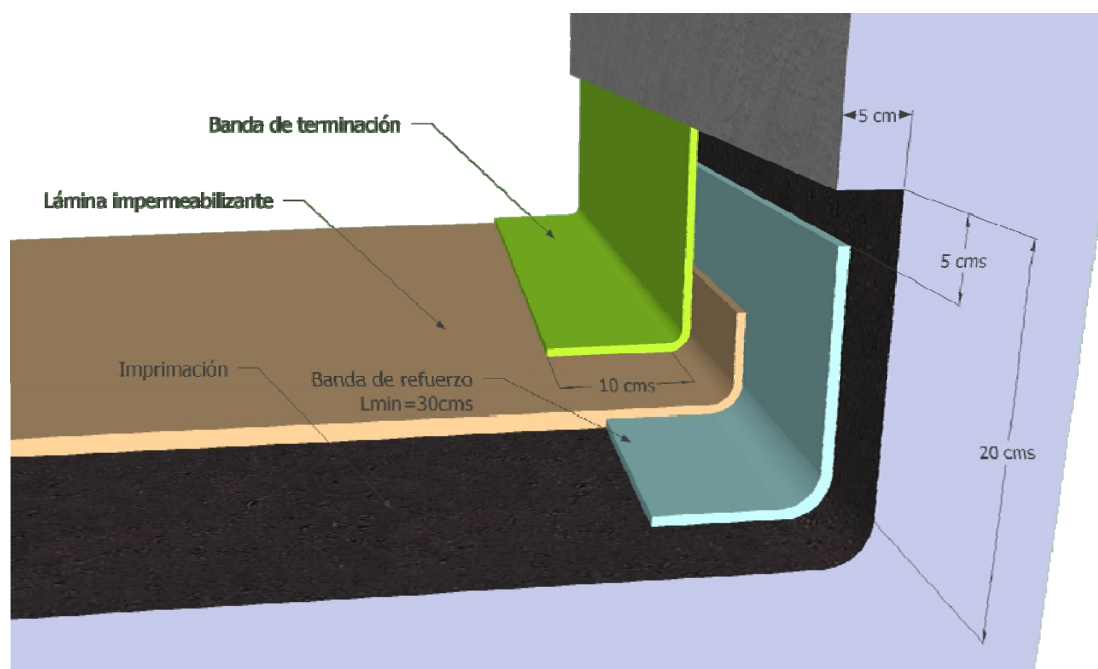
- La impermeabilización debe tener una entrega al elemento vertical que sea suficiente para proteger el encuentro en caso de embalsamiento, la entrega por encima de la protección de la cubierta no debe ser menor que 20 cms (CTE HS1).



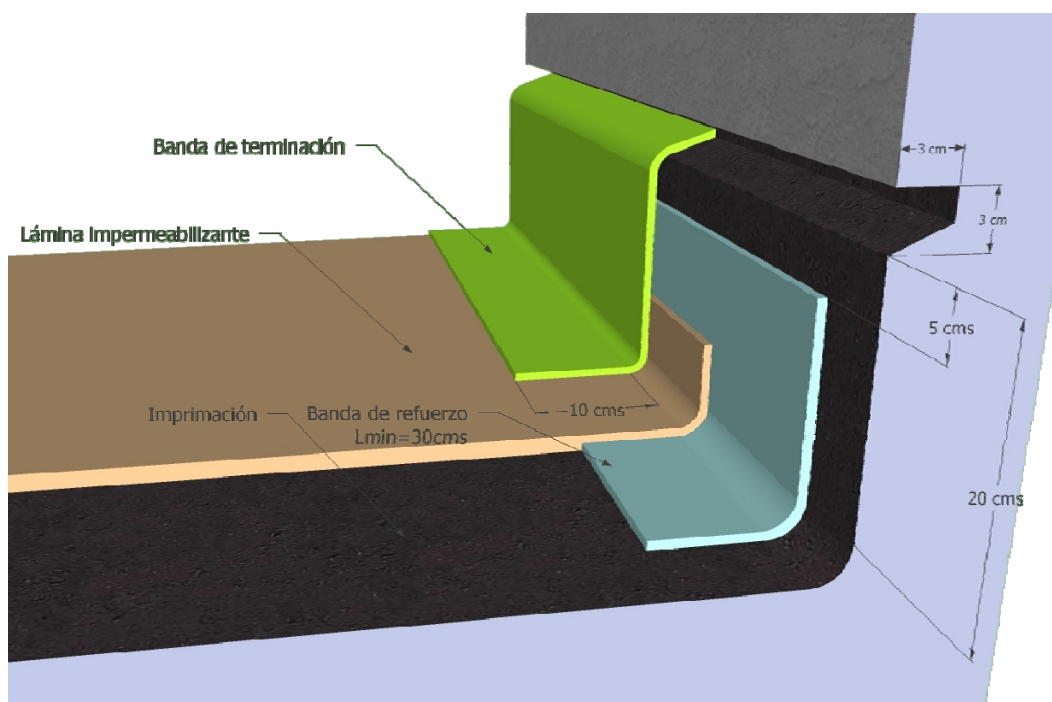
- La impermeabilización de estos puntos constará de los siguientes elementos:
 - Capa de imprimación, ya mencionada anteriormente.
 - Banda de refuerzo, con un ancho mínimo de 30 cms doblado sobre el faldón y el elemento y adherida a ellos.
 - Lámina impermeable que debe llegar hasta el borde del faldón y adherirse a la banda de refuerzo
 - Banda de terminación, autoprotégida si está expuesta a la intemperie, totalmente adherida al elemento, del tipo LBM-30 o superior. Se

extenderá 20 cms por encima de la protección de cubierta y 10 cms sobre el faldón.

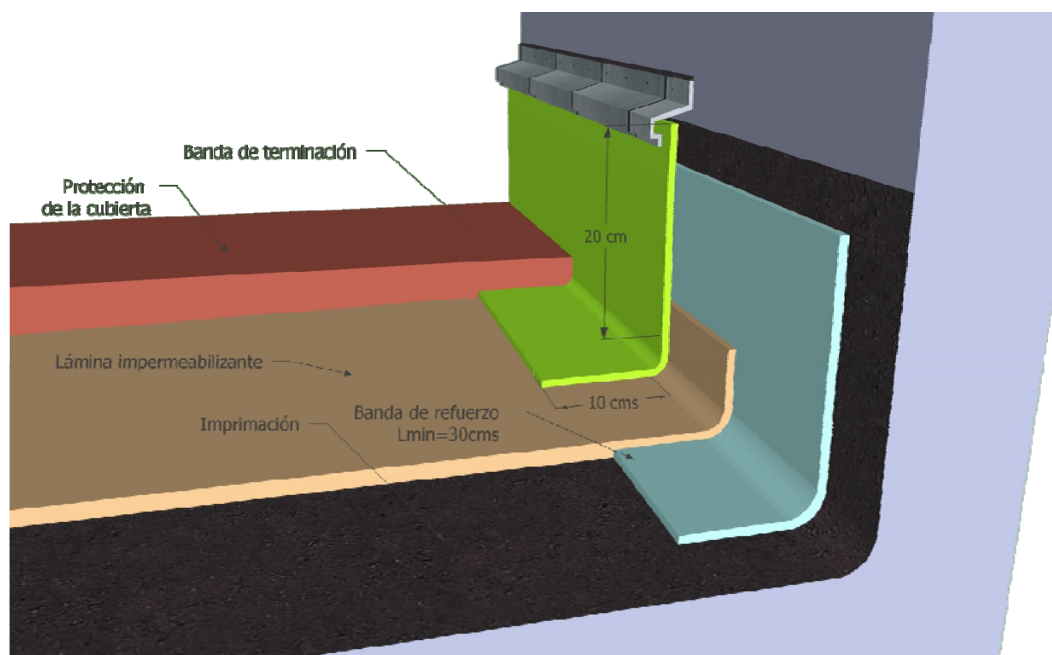
- El CTE DB-HS1 también especifica que con el fin de que el agua no penetre por el remate superior de la impermeabilización, se podrá terminar de la siguiente forma:
 - Mediante roza de 3x3 cms. como mínimo, en la que debe recibirse la impermeabilización con mortero en bisel formando aproximadamente un ángulo de 30° con la horizontal y redondeándose la arista del paramento.
 - Mediante retranqueo del paramento vertical con un mínimo de unos 5 cms de ancho respecto del plano del elemento vertical y 20 cms de alto sobre la cota de la protección de la cubierta.
 - Mediante un perfil metálico inoxidable 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. Este perfil se fijará al elemento vertical cada 25 cms como máximo y el borde inferior solapará 4 cms como mínimo la banda de terminación.
- Si la impermeabilización es susceptible de tener retracciones en el encuentro que puedan producir arranques o agrietamientos, para romper la continuidad entre la impermeabilización del faldón y la entrega, debe hacerse un corte en dicha impermeabilización en las proximidades del encuentro. Cuando la entrega de la impermeabilización al elemento vertical sea mayor que 0,5 m. en el material aislante o mayor que 1 m. en el resto de los casos, puede necesitarse la fijación mecánica de la parte vertical de la impermeabilización.



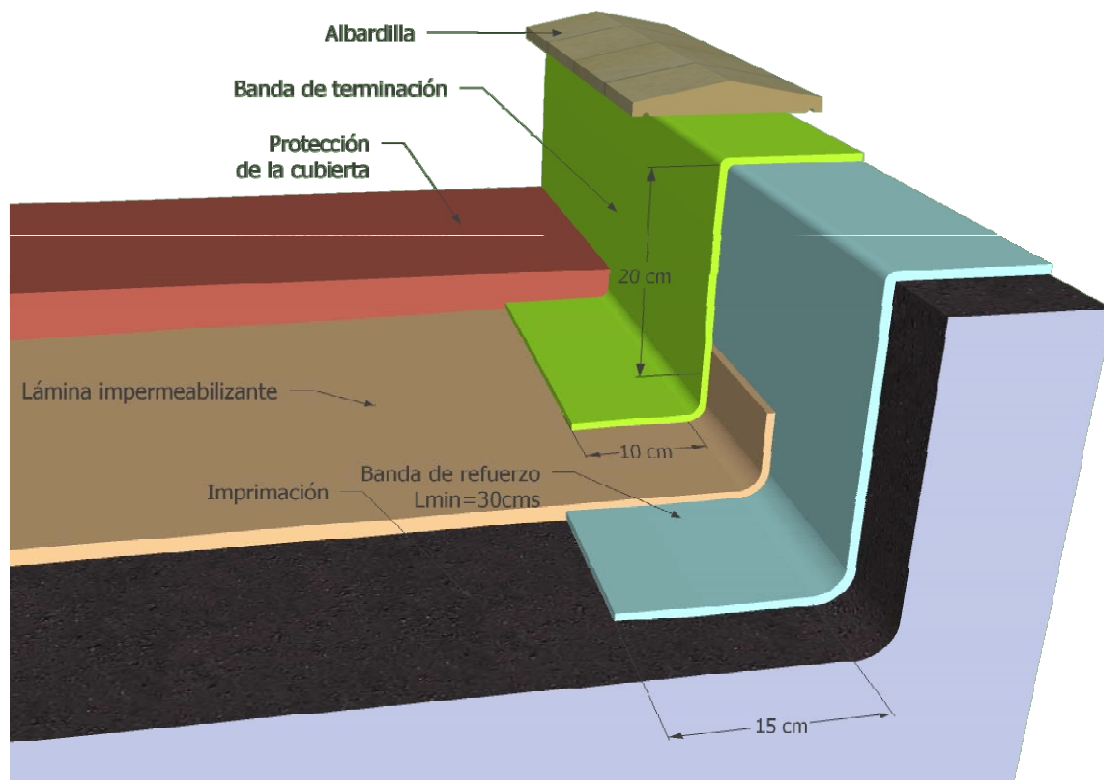
Ejemplo de colocación de lámina impermeable en el encuentro con un peto. Solución con el rebaje de 5 cms.



Ejemplo de colocación de lámina impermeable en el encuentro con un peto. Solución con roza.



Ejemplo de colocación de la lámina impermeable en el encuentro con un peto. Solución con perfil metálico



Ejemplo de colocación de la lámina impermeable en el encuentro con un peto bajo. (Cubiertas intransitables)

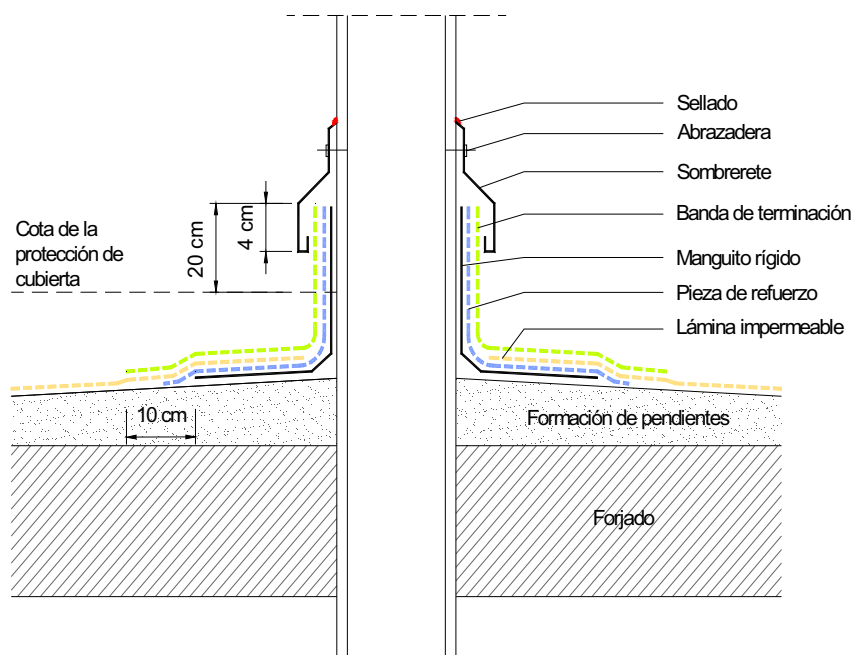
- Los rincones y esquinas que forman los petos de cubierta es conveniente reforzarlos con bandas de refuerzo con el fin de evitar tensiones que produzcan en un futuro agrietamientos de la impermeabilización. Estas piezas se colocarán centradas en el punto de encuentro de los tres planos de los petos que forman la esquina o rincón.



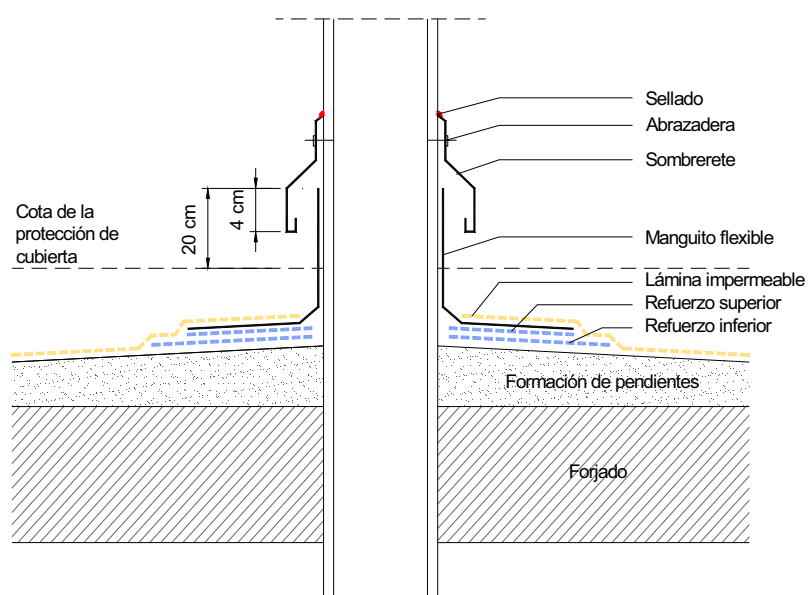
Pieza de refuerzo en rincón

5.5.3- Encuentros de un faldón con un elemento pasante

- Cuando el elemento vertical de encuentro con el faldón sea una chimenea o un conducto de ventilación, la entrega de la impermeabilización debe protegerse con un manguito rígido o flexible fijado al soporte y cuyo material sea compatible con el empleado para la impermeabilización. 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 que impida la penetración del agua. Este sombrerete deberá solapar al menos 4 cms sobre la banda de terminación.



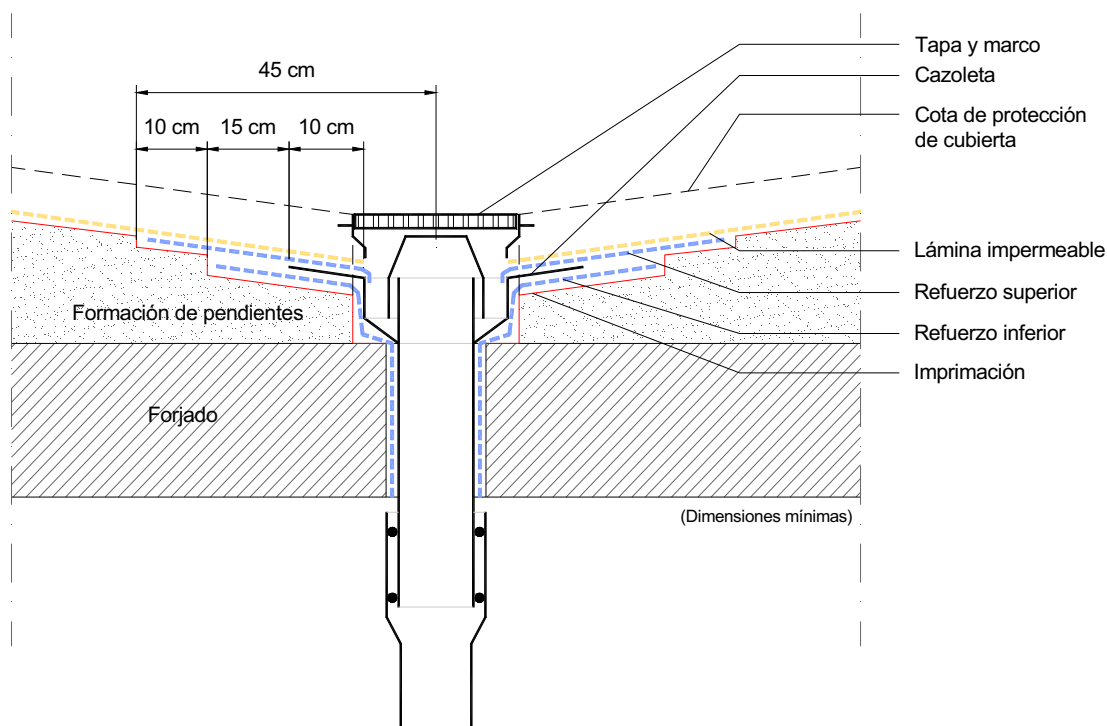
Solución con manguito rígido. (Las dimensiones son las mínimas)



Solución con manguito flexible. (Las dimensiones son las mínimas)

5.5.4- Encuentros de un faldón con un desagüe

- Todos los desagües deben estar dotados de un dispositivo (rejilla, alcachofa, etc.) para retener los residuos que puedan obturar las bajantes. En cubiertas transitables este elemento debe estar enrasado con la capa de protección y en cubiertas no transitables, este elemento debe sobresalir de la capa de protección.
- La unión del faldón con el sumidero y la de éste con la bajante deben ser estancas.
- Las cazoletas de desagüe a emplear deben ser de material compatible con las láminas bituminosas. No pueden ser de P.V.C. Deben ser de caucho EPDM. También deberán disponer de un ala de 10 cm de anchura como mínimo en el borde superior.
- El borde superior del sumidero debe estar colocado por debajo del nivel de escorrentía de la cubierta.
- La capa superior de la impermeabilización debe solapar 10 cm. sobre la parte superior del sumidero.
- Es recomendable situar los desagües de tal forma que queden separados, como mínimo, 1 m. de los encuentros entre paramentos y 50 cm. de los paramentos, para facilitar la entrega de la impermeabilización al desagüe y evitar que los residuos puedan obturarlos. En aquellos casos en los que el sumidero se encuentre junto a un paramento vertical, el sumidero tendrá sección rectangular y el ala vertical será cubierto por una impermeabilización que se extienda hasta 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta, con el mismo tratamiento que el comentado en el apartado 5.5.2.



Encuentro tipo con sumidero vertical

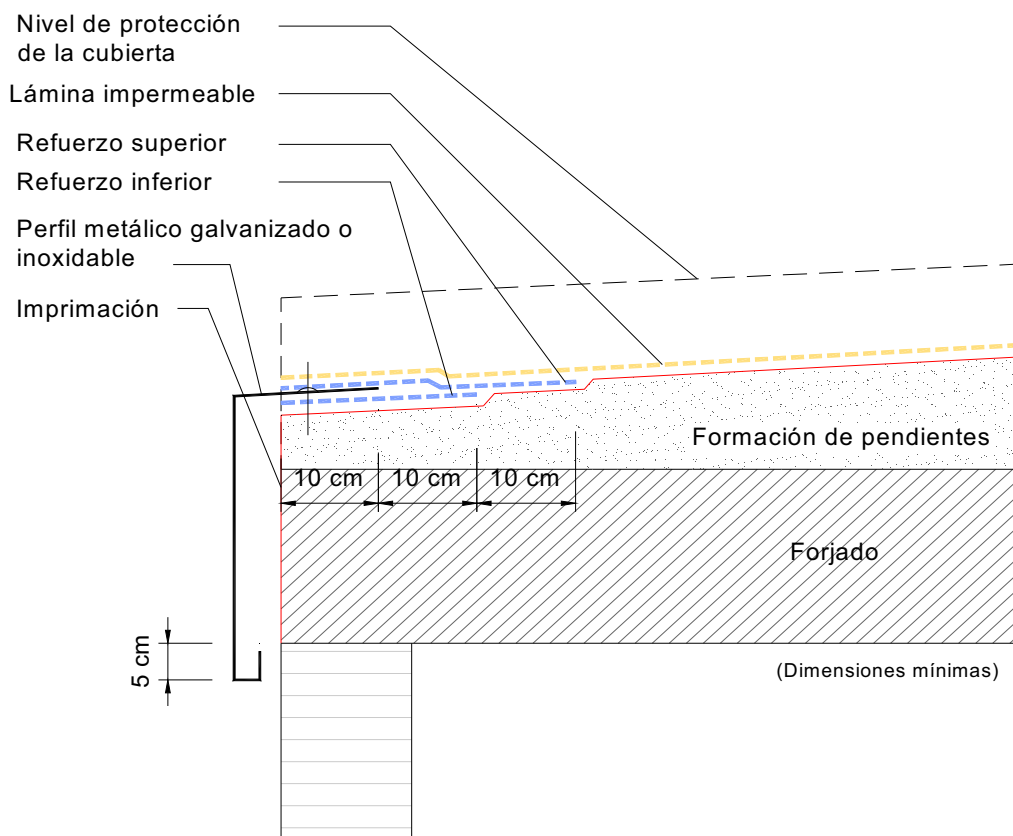


Ejemplo de colocación de la impermeabilización en el encuentro con un sumidero

- Cuando el desagüe se realice mediante canalones, su borde superior debe quedar por debajo del nivel de esorrentía de la cubierta y debe estar fijado al elemento que sirve de soporte. Cuando éste se sitúe junto a un elemento vertical, el ala del canalón en su encuentro debe ascender por el paramento y se dispondrá una banda de impermeabilización que cubra el borde superior del ala unos 10 cm de ancho mínimo centrada sobre dicho borde y resuelto según lo dicho en el apartado 5.5.2.

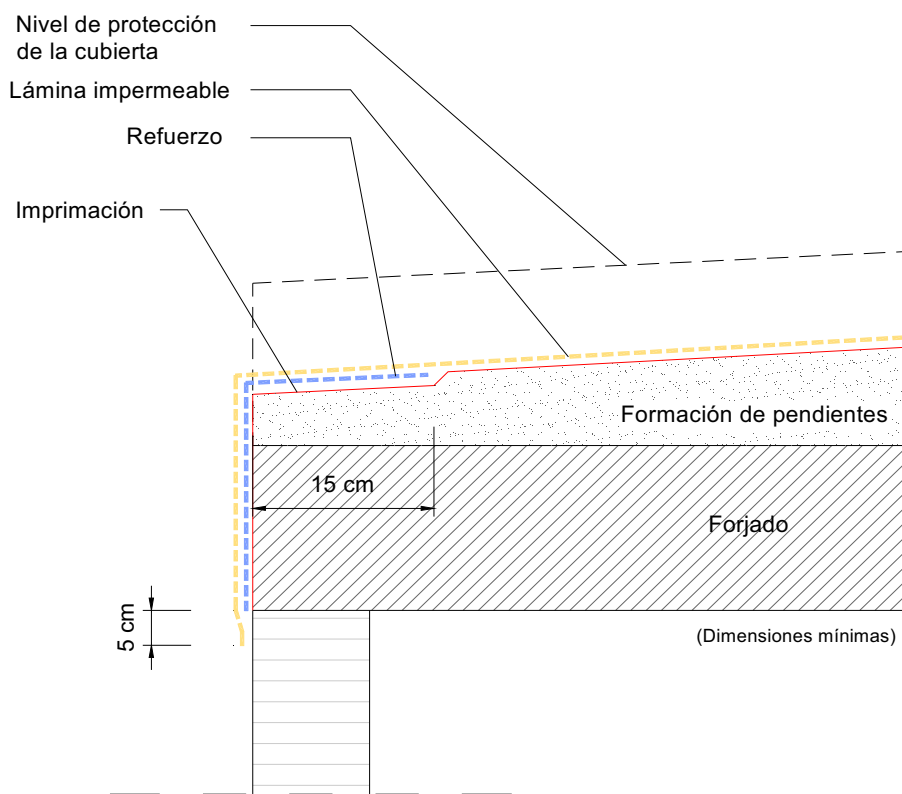
5.5.5- Bordes extremos de un faldón

- Solución con perfil metálico.
 - Cuando el borde extremo de un faldón se realice con perfiles metálicos, éstos deben ir embutidos en la impermeabilización y fijados cada 10 cm.
 - El borde debe reforzarse inferiormente con una banda de 30 cm. de ancho, como mínimo, constituida por una lámina del mismo tipo de material y del mismo tipo de armadura que los de la impermeabilización, y en cualquier caso de dimensiones tales que sobrepase en 10 cm el ala del perfil.
 - Sobre esta banda inferior y el ala del perfil se colocará una segunda banda de refuerzo superior que sobrepase al menos 10 cm por encima de la banda inferior.



Solución de borde lateral con perfil metálico

- Solución por prolongación de la lámina.
 - En este caso la lámina impermeable bordeará el canto del forjado sobrepasando al menos en 5 cm el borde inferior del mismo.



Solución de borde lateral por prolongación de la lámina impermeable.

5.5.6- Impermeabilización de las juntas

Dentro de la cubierta planta nos podemos encontrar con distintos tipos de juntas, de las cuales consideramos para la impermeabilización las siguientes:

- Juntas estructurales
- Juntas del soporte base o de cubierta
- Juntas de la capa de protección o del pavimento.

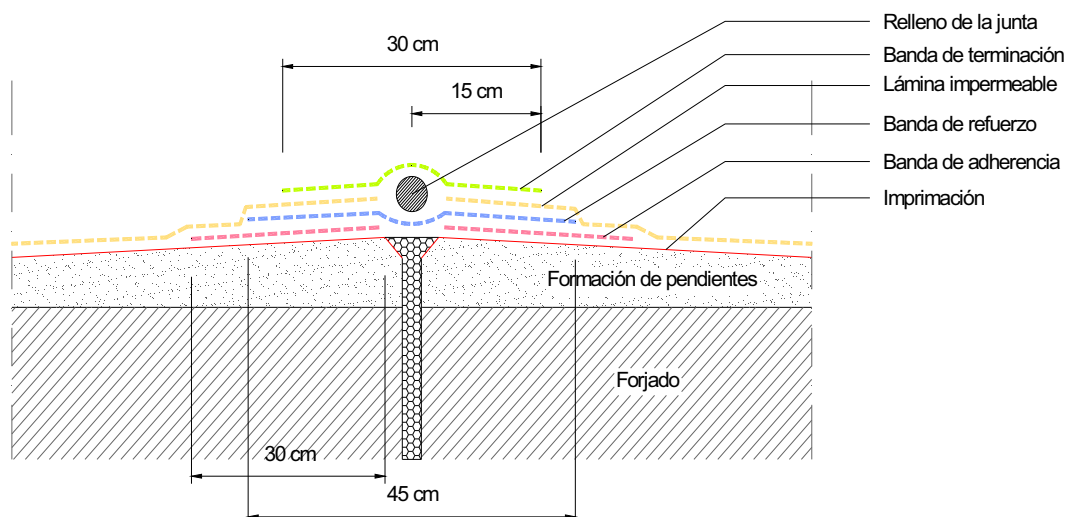
5.5.6.1- Juntas estructurales

- La impermeabilización y todos los elementos de la cubierta deben respetar las juntas de dilatación del edificio o del soporte resistente de la cubierta.
- Las juntas estructurales es conveniente que coincidan con las limatesas de la cubierta para absorber mejor los esfuerzos de compresión.



Junta de dilatación estructural. Como se puede observar en la fotografía, es de buena práctica rematar las limatesas de las cubiertas transitables de pavimento fijo con un cambio en el sentido de las piezas a lo largo de la junta ya que por un lado simplifican el replanteo y colocación del pavimento y por otro se le dota al pavimento de una mayor resistencia frente a las compresiones producidas por la dilatación de la estructura.

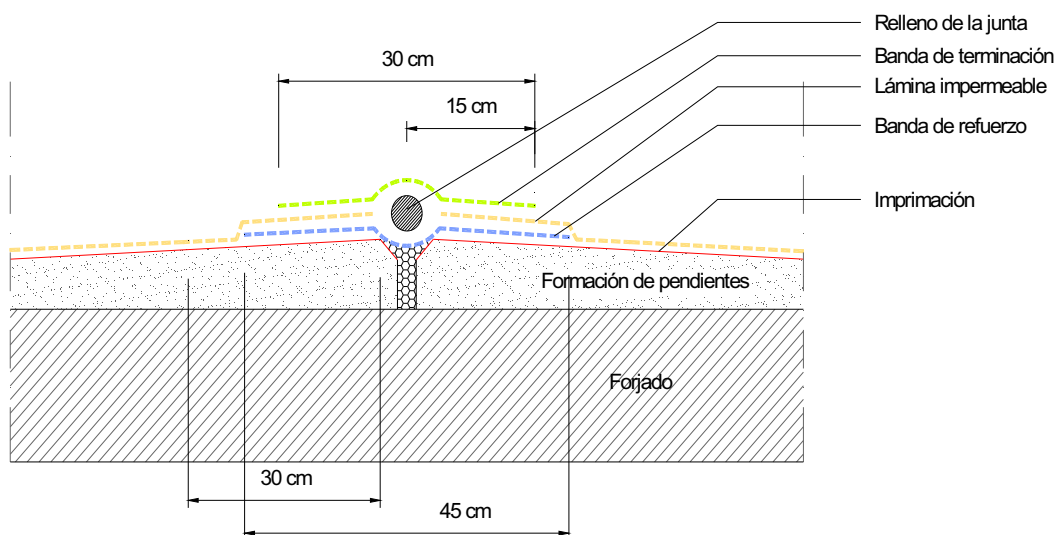
- Las bandas de refuerzo y de terminación a colocar serán del tipo LBM-40-FP u otro similar o superior.
- El material de relleno de la junta deberá ser elástico, compresible y compatible químicamente con la impermeabilización. Dicho relleno sobrepasará 2 cm como mínimo la altura de la impermeabilización en el borde de la junta.
- En determinados casos se pueden colocar las bandas de refuerzo y de terminación sobre la membrana impermeabilizante.



Solución tipo de impermeabilización de junta estructural. También conocida como tipo "fuelle".

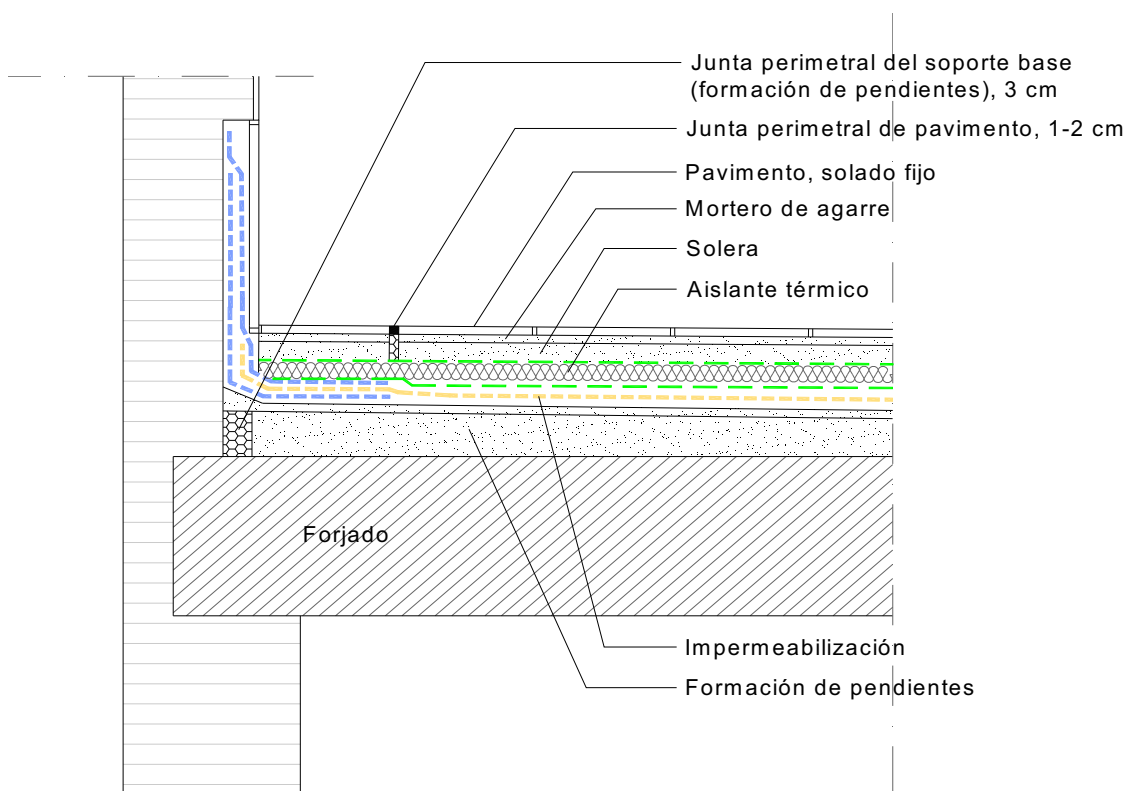
5.5.6.2- Juntas del soporte base o de cubierta

- Véase lo comentado en el apartado 5.3.
- Como norma general deberán colocarse en las limatesas.
- Se evitarán en la medida de lo posible paños de cubierta con formas irregulares.



5.5.6.3- Juntas de la capa de protección

- La capa de protección debe disponer de una junta perimétrica capaz de absorber la dilatación del pavimento, sobre todo cuando se trata de material cerámico. Igualmente se dispondrá esta junta en los encuentros con paramentos verticales.
- Se dispondrán juntas en el pavimento en paños cuadrados de 5 m de lado máximo en cubiertas no ventiladas y 7 m en cubiertas ventiladas. En cualquier caso sus lados deberán tener una relación máxima de 1:1,5.
- El ancho de las juntas y la distancia entre ellas deben establecerse de acuerdo con el movimiento previsto y la capacidad de deformación del material de sellado. Es recomendable hacer un estudio previo de los movimientos térmicos de los elementos que forman la capa de protección.
- Las juntas deben limpiarse antes de sellarse. El material de sellado debe colocarse en las juntas de tal manera que la superficie del mismo no sobresalga por encima de la superficie de la cubierta.



Solución tipo de junta perimetral

5.5.7- Rebosaderos

- Según el CTE establece en el DB-HS1 apto. 2.4.4.1.5, deben colocarse rebosaderos en los casos siguientes:
 - cuando en la cubierta exista una sola bajante.
 - cuando se prevea que el agua acumulada al obturarse una bajante no pueda evacuarse por otras, debido a las disposiciones de las bajantes o de la cubierta.
 - cuando la obturación de una bajante pueda producir una carga en la cubierta que comprometa la estabilidad del soporte resistente.
- En aquellos casos que existan rebosaderos, deberán cumplir:
 - El área total de las secciones de los rebosaderos será igual o mayor al de las bajantes de pluviales existentes de la cubierta a la que sirvan.
 - Se colocarán a la altura intermedia entre el nivel de protección de la cubierta y la parte superior de la entrega de la impermeabilización al paramento vertical. En cualquier caso siempre este nivel será inferior al de cualquier acceso a la cubierta para garantizar la evacuación antes de que el agua pueda penetrar por dichos accesos.
 - El rebosadero debe sobresalir 5 cm como mínimo de la cara exterior del peto.
 - Preferentemente, la sección del rebosadero será rectangular, con su máxima dimensión de abertura en horizontal y dispondrá de un ala mínima de 10 cm que se adherirá a la pieza de refuerzo.

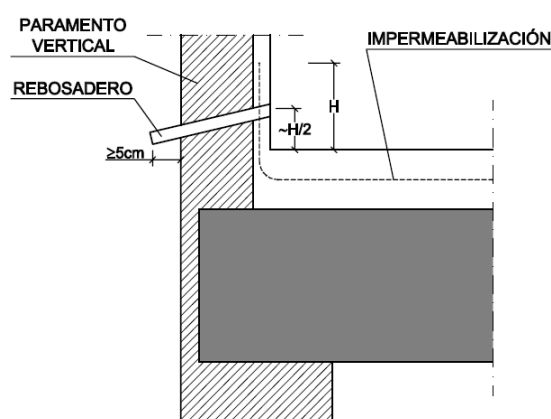
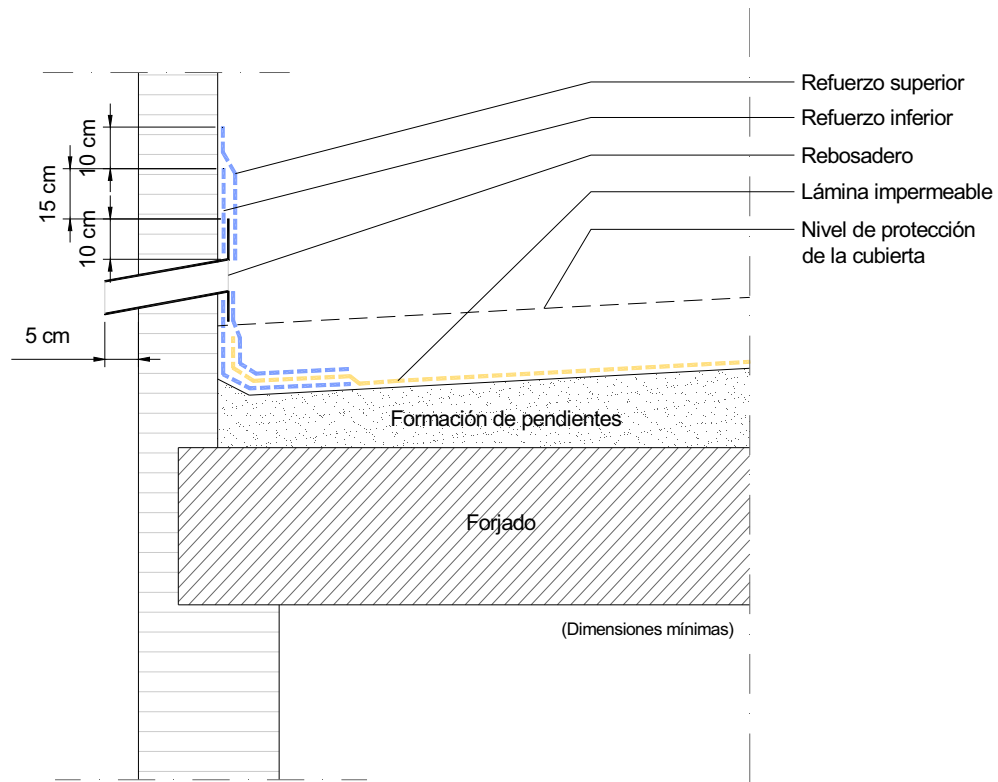


Figura 2.15 CTE DB-HS1. Rebosadero



Solución tipo para rebosaderos



Rebosadero EPDM

5.5.8- Puertas de acceso a la cubierta

Existen dos soluciones para los accesos a la cubierta:

- Mediante un desnivel de 20 cm como mínimo por encima de la protección de la cubierta, protegido con un impermeabilizante que lo cubra y ascienda por los laterales del hueco hasta una altura de 15 cm mínimo por encima de dicho desnivel.
- Disponiendo el hueco retranqueado 1 m con respecto al paramento vertical. El suelo de este retranqueo se tratará como si fuera una cubierta y tendrá una pendiente del 10% hacia el exterior, excepto para los accesos de las halconeras que en cuyo caso será del 1%.



5.5.9- Anclajes de elementos

Debe evitarse que los anclajes y los apoyos de elementos como barandillas o mástiles atraviesen la impermeabilización para lo que deben fijarse preferentemente sobre paramentos o sobre bancadas apoyadas en el pavimento, por encima de la impermeabilización.

5.6- CONTROL DE RECEPCION DE LOS PRODUCTOS IMPERMEABILIZANTES

Los productos bituminosos y los bituminosos modificados, deben estar oficialmente homologados o certificados.

Cuando la dirección facultativa estime necesario comprobar algunas de las características físicas o químicas de algún producto mediante ensayos, estos deben realizarse de acuerdo con las UNE correspondientes.

Si el producto posee un Distintivo de calidad, la Dirección facultativa puede simplificar la recepción, reduciéndola a la identificación del material cuando éste llegue a la obra.

Asimismo, para los productos que procedan de los estados miembros de la Comunidad Europea que hayan sido fabricados según especificaciones técnicas nacionales garantizadoras de objetivos de calidad equivalentes a los proporcionados por la normativa específica y que estén avalados por certificados de controles o ensayos realizados por laboratorios oficialmente reconocidos en los estados de origen, la dirección facultativa puede simplificar la recepción, reduciéndola a la identificación del material cuando éste llegue a la obra.

A modo resumen se seguirán las especificaciones del siguiente cuadro.

CONTROL DE RECEPCIÓN	
TIPO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Láminas y materiales asfálticos para la impermeabilización de cubiertas	Comprobar que posee la homologación obligatoria o certificado equivalente, o un distintivo de calidad acreditado. Comprobar su adecuación a las especificaciones del proyecto.
Imprimaciones asfálticas	Fecha de fabricación Identificar el tipo de producto, designación y fabricante.
Láminas asfálticas	Controlar que toda la partida suministrada sea del mismo tipo Comprobar el estado del suministro del material y sus condiciones de almacenaje. Identificar el tipo de producto comprobando la ficha técnica suministrada junto a éste.

5.7- CONTROL DE EJECUCIÓN DE LA IMPERMEABILIZACIÓN

Control de la imprimación

<p>CAPA DE IMPRIMACIÓN</p>	<p>Verificar si la imprimación es de base de asfáltica y de un único tipo.</p> <p>Para todos los sistemas</p> <p>Comprobar si la imprimación cubre:</p> <ul style="list-style-type: none">– El perímetro de la cubierta en toda su longitud: el faldón en una anchura no menor que 20 cm, y el peto en una altura tal que sobrepase 20 cm o más el punto más elevado que se prevé alcance la protección.– Los encuentros de la base con elementos emergentes (chimeneas, tubos, casetones, petos, medianerías, etc.), formando unas bandas continuas: el faldón en una anchura no menor que 20 cm, y la parte inferior del elemento hasta la altura a la que llegue la banda de terminación.– Los encuentros de la base con elementos pasantes, formando unas bandas continuas sobre el faldón, de dimensiones tales que sobrepase en, al menos 10 cm el borde horizontal del manguito.– La superficie de los canalones (que vayan a ser impermeabilizados) y el perímetro del faldón en el encuentro con el canalón, en una banda de dimensiones tales que sobrepase en 15 cm, como mínimo, los límites del canalón sobre el faldón.– El borde externo de los sumideros formando una banda continua de 30 cm de anchura, como mínimo.– El borde extremo de faldón en una banda de 30 cm de anchura, como mínimo.– Las limatesas que formen ángulo mayor que 185° y las limahoyas que formen ángulo menor que 175° en una banda de 30 cm de anchura, como mínimo.– Las juntas de dilatación en una banda de 30 cm de anchura, como mínimo, a cada uno de sus lados. <p>Sistemas adheridos</p> <ul style="list-style-type: none">– Verificar si la imprimación cubre además toda la superficie sobre la que se adherirá la lámina. <p>Sistemas semiadheridos</p> <ul style="list-style-type: none">– Verificar si la imprimación cubre además toda la superficie sobre la que se adherirá la lámina (por ejemplo, por bandas).
----------------------------	---

Control de la ejecución de la membrana impermeable

<p>CONDICIONES DE LA COLOCACIÓN DE LA MEMBRANA</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Verificar, en caso de que sea necesario, la existencia de capas auxiliares. – Verificar si los materiales constitutivos de las membranas se ajustan al proyecto y a la membrana correspondiente según la Norma UNE 104402. – Verificar si las distintas capas están colocadas en la misma dirección y a cubrejuntas. – Verificar, en su caso, si la capa de oxiasfalto tiene, en cualquier punto de la superficie, una masa de 1,5 kg/m², como mínimo.
<p>REALIZACIÓN DE LOS SOLAPOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Verificar si los solapos quedan a favor de la corriente de agua. – Verificar si ningún solapo transversal entre láminas de cada hilera resulta alineado con el solapo transversal de las hileras contiguas. – Comprobar si la anchura de los solapos es igual o mayor que 8 cm (10 cm para la membrana GF4 ó 12 cm para la membrana GF3). – Queda a criterio de la dirección facultativa la realización de un ensayo destructivo de la soldadura según la Norma UNE 104481-3-1.
<p>COLOCACIÓN DE REFUERZOS</p>	<p>BANDAS DE ADHERENCIA</p> <ul style="list-style-type: none"> – Verificar si están colocadas las bandas de adherencia en las zonas imprimadas correspondientes a los puntos singulares. – Verificar si las bandas de adherencia son, como mínimo, de 3 Kg/m², de masa y 30 cm de ancho, y poseen acabado de plástico en ambas caras. <p>BANDAS DE REFUERZO</p> <ul style="list-style-type: none"> – Verificar si están colocadas las bandas de refuerzo en las zonas imprimadas correspondientes a los puntos singulares. – Verificar si las bandas de refuerzo son, como mínimo, de 3 Kg/m² de masa y 30 cm de ancho, y poseen armadura de fieltro de poliéster, excepto en el caso de juntas de dilatación que serán de 45 cm de ancho, como mínimo, e igualmente con armadura de fieltro de poliéster. – Verificar si, en el caso de bandas de refuerzo para juntas de dilatación estructurales, éstas son del tipo LBM-40-FP o de otro de características superiores

	<p>PIEZAS DE REFUERZO</p> <ul style="list-style-type: none">– Verificar si están colocadas las piezas de refuerzo en las zonas imprimadas correspondientes a los puntos singulares.– Verificar si las piezas de refuerzo son, como mínimo, de 3 Kg/m² de masa, poseen armadura de poliéster y las dimensiones especificadas para cada punto singular. <p>PIEZAS ESPECIALES</p> <ul style="list-style-type: none">– Verificar si, en el caso de existir piezas especiales para conectar la membrana a determinados puntos singulares, éstas son de naturaleza compatible con la membrana.
--	--

Control de los puntos singulares

Juntas de dilatación.

En el soporte base deben respetarse las juntas de dilatación estructurales.

Las juntas de dilatación de la cubierta (juntas auxiliares) deben disponerse cuando las anteriores disten entre sí más de 15 m en los faldones y en el encuentro con paramentos verticales, afectando a las distintas capas de la cubierta a partir del soporte resistente. Las juntas deben situarse preferentemente en las limatesas o, cuando esto no sea posible, realizarse una sobre elevación de las mismas.

Las juntas de dilatación del pavimento fijo según tipo de pavimento.

Comprobar si los bordes de la junta son romos, con un ángulo de 45° aproximadamente, y la anchura entre ambos lados de la junta no es menos que 3 cm.

Encuentro con un paramento vertical.

La impermeabilización debe ascender en el paramento vertical un mínimo de 20 cm por encima de la protección de la cubierta.

Los paramentos verticales deben prepararse de la misma manera que el faldón, presentando una superficie uniforme.

En el encuentro con el paramento, realizar el acabado, con mortero de cemento, requerido según el sistema impermeabilizante bien con escocias (de 5 cm de radio de curvatura) o chaflanes (de 5 cm x 5 cm).

La impermeabilización en el encuentro debe reforzarse con otras láminas, terminándose en la parte del paramento con un goterón, una roza o una protección metálica, como ya se ha descrito anteriormente.

Si la entrega de la lámina se realiza con roza, deberá 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.

Si la entrega a paramentos se realiza mediante retranqueo, la profundidad debe ser mayor que 5 cm y la altura sobre el nivel máximo de la cubierta acabada, mayor que 20 cm.

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.

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.

Bordes extremos de un faldón.

Cuando el borde extremo de un faldón se realice con perfiles metálicos, debe reforzarse con una banda del mismo material que la impermeabilización, de forma que los perfiles metálicos queden embutidos entre esta capa y la impermeabilización, y fijados al faldón mediante anclajes.

Desagües.

Los desagües en el faldón deben situarse preferentemente separados, como mínimo, 1m de los rincones o esquinas y 50 cm de los paramentos, para facilitar la entrega de la impermeabilización.

El encuentro entre la capa de impermeabilización y la bajante debe resolverse con pieza especialmente concebida y fabricada para este uso, compatible con el tipo de impermeabilización de que se trate.

El soporte de la impermeabilización alrededor de los sumideros y en todo el perímetro en contacto con los canalones deberá rebajarse.

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 inmovilizado con el soporte y presentar estanqueidad con la bajante.

Los sumideros estarán dotados de un dispositivo de retención de los sólidos que pudieran obturar las bajantes. Excepto en cubiertas transitables, en las que resulta imprescindible el empleo de rejillas enrasadas con el pavimento, para el resto de las cubiertas planas, se utilizarán dispositivos que sobresalgan del nivel de la capa de protección (paragravillas, bozales, etc.) a fin de aminorar el riesgo de obturación.

En las cubiertas planas con cerramiento perimetral, en las que eventualmente puedan producirse embalsamientos de agua, 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 evacuar 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.

La suma de las áreas de las secciones de los desagües de seguridad debe ser igual o mayor que las áreas de los sumideros de la cubierta o de la parte de la cubierta a la que sirvan. El nivel del desagüe de seguridad 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.

El desagüe de seguridad debe sobresalir al menos 5 cm de la pared exterior y disponerse con pendiente favorable a la evacuación.

Encuentros con elementos pasantes (chimeneas, conductos de ventilación, etc.).

Cuando el elemento vertical atraviese el soporte, la entrega de la impermeabilización podrá realizarse con un manguito fijado al soporte y protegerse en la parte superior con un sombrerete y una abrazadera.

Si se coloca un manguito rígido, la impermeabilización debe ascender un mínimo de 20 cm por encima de la protección de la cubierta.

Si el manguito es flexible, se colocarán piezas de refuerzo sobre las que se adherirá el manguito, quedando cubierto su desarrollo horizontal por la membrana impermeabilizante.

Anclajes y apoyos de elementos.

Preferentemente, los anclajes y apoyos de elementos no deben atravesar la impermeabilización, por lo que se fijarán sobre paramentos o sobre bancadas apoyadas en el pavimento por encima de la impermeabilización.

En el caso de que los anclajes atraviesen la impermeabilización, se resolverá de forma análoga a la establecida para los elementos pasantes.

Rincones y esquinas.

En los rincones y esquinas se colocarán piezas de refuerzo adaptadas a la esquina o al rincón.

Accesos y aberturas.

El umbral de los accesos y aberturas debe estar situado 20 cm, como mínimo, sobre el nivel de la cubierta acabada o presentar un tratamiento específico para accesos sin escalones.

En el caso de no existir escalones, las aberturas deben estar retranqueadas al menos 1 m y el suelo en el retranqueo tener una pendiente descendente del 10 %, como mínimo, hacia el exterior.

Las aberturas abiertas en los faldones, deben tener un peto con una altura mayor que 20 cm sobre el nivel de la cubierta acabada.

Instalaciones.

Se recomienda apoyar los aparatos sobre la cubierta protegida, preferentemente al apoyo sobre el forjado, con el fin de eliminar puntos críticos en la membrana impermeabilizante.

Las tuberías o conductos deben situarse de tal forma que queden separados, como mínimo, 1 m de los rincones o esquinas y 50 cm de los paramentos, para facilitar la entrega de la impermeabilización, además el paso en horizontal al interior del edificio debe quedar a un nivel superior al que alcance la banda de entrega al paramento.

5.8- PRUEBAS DE SERVICIO

La dirección facultativa debe establecer los controles precisos para comprobar que la ejecución de la obra se ajusta tanto al proyecto de ejecución, como a las condiciones generales que se establecen en la normativa sobre pendientes, estado del soporte de la impermeabilización, colocación de las láminas y de la protección, así como ejecución de elementos singulares, tales como bordes, encuentros, desagües y juntas.



La dirección facultativa puede exigir la realización de una prueba de servicio de la cubierta para comprobar si aparecen o no humedades debajo de la cubierta, en los muros o en los tabiques.

Para verificar la estanquidad de la impermeabilización, se realizarán **dos pruebas de servicio**: una de ellas cuando esté finalizada la ejecución de la membrana impermeabilizante y la otra cuando esté finalizada la ejecución de toda la cubierta.

La prueba de servicio consiste en una inundación 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 entre 24 y 48 horas, como mínimo. Los desagües deben obturarse mediante un sistema que permita evacuar el agua en el caso de que se robe el nivel requerido, para mantener éste. Se prestará especial atención a los efectos que pudiera ocasionar sobre la cubierta, la existencia de lluvias torrenciales, durante la realización de la prueba.

Una vez finalizado el ensayo, deben destaparse los desagües; la operación 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 un periodo comprendido entre 48 y 72 horas.

Si durante la realización de las pruebas aparecieran humedades debajo de la cubierta, en los muros o en los tabiques, se descargará el agua, se detectarán las deficiencias y se procederá a su reparación, repitiéndose nuevamente las pruebas de estanqueidad.

5.9- MANTENIMIENTO

Para que las cubiertas sigan cumpliendo las funciones para las que han sido construidas es necesario realizar un mantenimiento sistemático, en el que se lleven a cabo tareas de limpieza, reposición de elementos rotos o reparación de pequeños defectos.

La recogida de agua de lluvia en las cubiertas inclinadas de nuestras ciudades se realiza por medio de canalones de sección semicircular o rectangular, que anclados en el borde de la cubierta y ligeramente inclinados hacen discurrir el agua hasta la bajante.

Es precisamente el encuentro entre canalón y bajante uno de los puntos fundamentales en los que debe enfocarse la revisión de mantenimiento, comprobando la existencia de rejillas entre canalones y bajantes para impedir que las ramas grandes u hojas penetren en las bajantes y pierda efectividad la evacuación de las aguas.

Al finalizar el otoño es conveniente proceder a la limpieza de las limas y de los canalones, retirando la tierra y el material acumulado. Con una inspección visual se observará la ausencia de desniveles que pueden indicar deformaciones o rotura de sus elementos, revisando posteriormente, en su caso, la cámara de aire de la cubierta.

Las cubiertas planas se evacuan por medio de sumideros unidos a bajantes. Estos sumideros deben limpiarse periódicamente de tierra, suciedad y hojas que hayan podido acumularse, para evitar que el agua se estanque y se filtre por las juntas de los materiales, provocando goteras en los pisos inferiores. Además, para asegurar el mantenimiento de la cubierta plana es fundamental revisar el estado del solado, la elasticidad de las juntas de dilatación y el correcto estado de los petos de protección perimetral y de la pieza que los remata en el plano superior. En caso de producirse humedades o goteras por filtración, no resulta tan fácil la intervención en cubiertas planas, ya que el agua aparece en puntos de techos y paredes que no tienen porque coincidir con el punto donde esté rota la lámina impermeabilizante. Por lo tanto, lo primero que debe hacerse es localizar la zona dañada, para lo que habrá que retirarse previamente los materiales que la cubren, solados, grava, aislamientos, etc. Y una vez descubierta la lámina impermeabilizante y localizados los puntos en los que esté fisurada o despegada, se deberá verificar que conserva su elasticidad y continuidad y que los bordes se introducen en las paredes o petos perimetrales, reparándose la zona de filtración mediante la colocación de otra lámina superpuesta.

En todos los casos, al finalizar la reparación debe volver a protegerse la lámina con un material que evite el punzonamiento y otro material aislante, que puede ser arena, grava o solado, que reduzca la incidencia de las variaciones de temperatura y de radiación solar sobre la impermeabilización.

Para revisar cualquier tipo de cubierta se puede encargar que un aparejador o arquitecto técnico realice una inspección a fondo del edificio, para comprobar en qué estado se encuentra y determinar las reparaciones a realizar. Una vez llevadas a cabo estas reparaciones se podrá iniciar un plan de mantenimiento preventivo acorde con las indicaciones que figuren en el manual de uso y mantenimiento que redactará el técnico, en el que se incluirán las terrazas del edificio.

Las cubiertas deben utilizarse solamente para el uso para el cual se hayan previsto.

En general, no deben almacenarse materiales en la cubierta. En el caso de que sea necesario dicho almacenamiento, debe comprobarse que éste no sobrepase la carga máxima que la cubierta puede soportar y, además, debe realizarse una protección adecuada de la impermeabilización.

Debe evitarse el vertido de productos químicos agresivos, tales como aceites, disolventes, etc., sobre la impermeabilización o sobre el material de aislamiento.

No deben recibirse sobre la cubierta elementos tales como antenas, mástiles, etc., que perforen la impermeabilización o el aislamiento o que dificulten el desagüe de la cubierta. Cuando en la cubierta de un edificio se sitúen, con posterioridad a su ejecución, equipos de instalaciones que necesiten un mantenimiento periódico, deben disponerse las protecciones adecuadas en sus proximidades para que en el desarrollo de dichas operaciones no se dañe la impermeabilización.

En las cubiertas no transitables debe ponerse especial atención para que los equipos móviles de mantenimiento sólo circulen por las zonas previstas.

En las cubiertas ajardinadas el usuario debe tomar precauciones especiales cuando efectúe las operaciones de jardinería, para evitar que la impermeabilización o su protección sufran daños.

Un mantenimiento adecuado comporta, en primer lugar, visitas periódicas de inspección y mantenimiento de la cubierta al menos dos veces al año, preferentemente en primavera y otoño, realizando las operaciones siguientes:

- a) eliminación de cualquier tipo de vegetación y de los materiales acumulados por el viento;
- b) retirada periódica de los sedimentos que puedan formarse en la cubierta por retenciones ocasionales de agua;
- c) eliminación de la nieve que obstruya los huecos de ventilación de la cubierta;
- d) conservación en buen estado de los elementos de albañilería relacionados con el sistema de estanqueidad, tales como aleros, petos, etc.;
- e) mantenimiento de la protección de la cubierta en las condiciones que tenga inicialmente;
- f) en las cubiertas sin protección pesada, comprobación de la fijación de la impermeabilización al soporte y reparación de los defectos observados.

Si el sistema de estanqueidad resultara dañado como consecuencia de circunstancias imprevistas y se produjeran filtraciones, deben repararse inmediatamente los desperfectos producidos.

De acuerdo a lo establecido en CTE se deberán seguir las instrucciones de uso y mantenimiento establecidas en cada Proyecto y recogidas por medio de fichas de

inspección elaboradas por un técnico competente, que se deberán incorporar posteriormente al Libro del Edificio.

CAPITULO 6

**PATOLOGÍAS Y TÉCNICAS DE
INTERVENCIÓN**

A modo de introducción, decir que la palabra “patología” es procedente del griego, “logía” (*estudio o conocimiento*) y “pathos” (*sufrimiento o daño*). Es necesario por tanto advertir al lector de que este apartado menciona aquellas lesiones que con la experiencia han sido conciliadas como “patologías típicas”. No obstante, el estudio de una lesión requiere tener en cuenta todos los factores endógenos y exógenos que actúan sobre el elemento afectado, inscritos dentro de un momento temporal y un espacio físico determinado.

En patología conviene recordar una premisa muy importante a la hora de valorar las lesiones, y es que todo efecto (**patología**) tiene una o varias causas (**acciones**) al igual que una causa puede tener uno o varios efectos por lo que cuando analizamos un problema es fundamental tener una visión de conjunto y no tener la tentación de discretizar ninguna causa ni efecto.

7.1.- DETERMINACIÓN DE LA CAUSA

Las acciones que hemos comentado se pueden clasificar en las siguientes:

1. ESTRUCTURALES
2. TÉRMICAS
3. HIGROTÉRMICAS
4. QUÍMICAS
5. BIOLÓGICAS
6. ATMOSFÉRICAS
7. DE SOLEAMIENTO
8. TEMPORALES
9. HUMANAS

7.1.1.- ACCIONES ESTRUCTURALES (o mecánicas)

Son aquellas producidas por los movimientos de la estructura que soporta la cubierta. Normalmente se deben a flechas excesivas y a asentamientos diferenciales del terreno exagerados lo que provoca deformaciones y desplazamientos de la estructura del edificio. En otras ocasiones el fallo estructural también puede deberse a errores de cálculo por lo que alguna sollicitación no prevista en proyecto puede dar origen a este tipo de patologías. Otra causa que conviene también recordar, sobre todo en edificaciones de una cierta antigüedad, es el fallo por sismos.

Estos movimientos de la estructura inciden directamente sobre todos los materiales componentes de la cubierta de manera que al modificar la disposición inicial de los mismos originan tensiones internas que no son capaces de soportar, lo que conlleva a la aparición de fisuras, grietas y/o desprendimientos de los materiales.

También entran dentro de este apartado aquellas acciones mecánicas que se ejercen directamente sobre los elementos constituyentes de la cubierta y que en ocasiones la resistencia de dichos elementos no es la adecuada, por lo que terminan produciéndose roturas. Por ejemplo piezas de pavimento cuya resistencia a flexión es inferior a las cargas que van a soportar dichas piezas durante su uso.

7.1.2.- ACCIONES TÉRMICAS

Son aquellas que tienen como origen variaciones de temperatura sobre el soporte de la cubierta, y que dependen directamente de la localidad y emplazamiento dentro del mismo edificio en el que se encuentre la cubierta.

Estas variaciones inducen sobre los materiales movimientos de dilatación y contracción (tensiones mecánicas) que sin las medidas preventivas adecuadas pueden provocar fisuras por coartamiento del movimiento, deterioro de los materiales, etc.

7.1.3.- ACCIONES HIGROTÉRMICAS

Con este tipo de acciones se producen normalmente las conocidas condensaciones, producidas por las variaciones de presión de vapor y temperatura y la falta o fallo del aislamiento e impermeabilización.

7.1.4.- ACCIONES QUÍMICAS

Son aquellas acciones que producen una reacción química sobre el material modificando o deteriorando sus condiciones iniciales. Normalmente se produce con la presencia de ácidos o disolventes empleados en los productos de limpieza y mantenimiento.

7.1.5.- ACCIONES BIOLÓGICAS

Son aquellas acciones que se producen por la intervención de algún organismo biológico y que alteran las condiciones primitivas del material. Por ejemplo la presencia de moho, excrementos de animales, raíces, etc...

7.1.6.- ACCIONES ATMOSFÉRICAS

Se incluyen dentro de este apartado los fenómenos meteorológicos de lluvia, granizo, nieve, viento, etc. En algunos casos están relacionadas con la humedad intersticial debida a la absorción de agua por parte de los elementos constituyentes de la cubierta y también con las filtraciones de agua a través de dichos elementos.

En otros casos, el impacto del granizo sobre una cubierta, en función del tipo de material que la compongan, puede llegar a deteriorar el material de cobertura de la cubierta. Así mismo, la succión del viento puede provocar desprendimientos de material.

7.1.7.- ACCIONES DE SOLEAMIENTO

La incidencia directa de la luz solar sobre la cubierta provoca, sobre todo en la época estival, el calentamiento excesivo de los materiales de cubierta, provocando dilataciones térmicas que de no ser absorbidas por las juntas que se prevén en cubierta, pueden provocar fisuras y roturas importantes. En este caso la acción del soleamiento se puede considerar también como una acción térmica.

Por otro lado, la acción de la radiación solar sobre los materiales de cobertura y revestimientos provoca su deterioro paulatino a lo largo del tiempo, mermando sus propiedades iniciales y dando origen a una posible patología.

Por todo esto, como se verá más adelante, es imprescindible tener en cuenta a la hora de proyectar la orientación del edificio para la disposición de las cubiertas que van a estar expuestas a la luz solar así como la calidad de los materiales escogidos.

7.1.8.- ACCIONES TEMPORALES

Son aquellas acciones que como consecuencia del paso del tiempo, y con la falta de mantenimiento, provocan el deterioro de los materiales. En este caso nos referimos a la vida útil de cada material.

7.1.9.- ACCIONES HUMANAS

La acción humana tiene cabida dentro de los orígenes de las enfermedades, en nuestro caso de las cubiertas planas. Estas se conciben desde la etapa proyectiva hasta en la fase de construcción del elemento.

7.2.- PATOLOGÍAS

En capítulos anteriores ya se han mencionado las medidas preventivas que hay que tomar a la hora de proyectar y ejecutar las cubiertas planas, atendiendo tanto a criterios normativos como a criterios de la “buena práctica”. En este apartado se abordan aquellas lesiones que se pueden encontrar en las edificaciones debidos a las acciones que pueden interactuar sobre los distintos elementos de la cubierta.

A modo esquemático, en el siguiente cuadro se resumen todas estas patologías para cada uno de los elementos componentes del sistema de la cubierta:

PATOLOGÍAS DE LAS CUBIERTAS PLANAS		
LESIÓN	CAUSA/S	DESCRIPCIÓN DE LA CAUSA
PATOLOGÍAS EN EL SOPORTE (FORMACIÓN DE PENDIENTES)		
Fisuras y grietas en el perímetro del antepecho	TERMICA HUMANA	-Dilatación térmica coartada por el antepecho. -Inexistencia de juntas perimetrales.
Empujes laterales	TERMICA HUMANA	-Dilatación térmica coartada por el antepecho. -Inexistencia de juntas perimetrales.
Desprendimientos de aplacados	TERMICA HUMANA	-Dilatación térmica coartada por el antepecho. -Inexistencia de juntas perimetrales.
Desplazamiento del antepecho	TERMICA HUMANA	-Dilatación térmica coartada por el antepecho. -Inexistencia de juntas perimetrales.
Humedades de infiltración en forjado inferior	HUMANA	-Rotura de la lámina por falta de achaflanado en el encuentro con el paramento vertical. -Rotura de láminas adheridas por inexistencia de juntas de dilatación. -Punzonamiento de la lámina por falta de regularización del soporte.
Abombamiento de las láminas	HUMANA	- Humedad del soporte superior a la de equilibrio (<8%) a la hora de ejecutar la impermeabilización.
Humedades en la parte inferior del forjado		
Abombamientos de láminas impermeabilizantes	HUMANA TÉRMICA	-Disgregación del material por heladicidad que puede producir desgaste y rotura de la impermeabilización.
Humedades de infiltración en el forjado inferior		
Encharcamientos de agua sobre la cubierta	HUMANA ESTRUCTURAL	- Falta de planeidad en la terminación del soporte o por flechas excesivas que impidan la escorrentía superficial.
Desplazamiento de los materiales de protección de la cubierta	HUMANA	- Pendientes excesivas
PATOLOGÍAS EN LA IMPERMEABILIZACIÓN		
Rotura de la impermeabilización.	ESTRUCTURAL	-Deformaciones y movimientos de la estructura y el soporte
	TERMICA SOLEAMIENTO	-Dilataciones y contracciones por la acción de la radiación infrarroja.
	HUMANA	-Ejecución de instalaciones (antenas, placas solares, compresores de aire acondicionado, etc.
	HUMANA	-Desgaste por uso o impactos. (láminas

	ATMOSFÉRICA	vistas)
	HUMANA	-Dilatación del aislamiento adherido a la impermeabilización.
Filtración de agua a través de la lámina	HUMANA	Mala ejecución de los solapes de la lámina Escasa adherencia entre láminas
Deterioro del material	SOLEAMIENTO	Desgaste por la incidencia directa de radiación ultravioleta del sol en láminas vistas.
Filtración de agua en puntos singulares.	HUMANA	Incorrecta ejecución de puntos singulares.
PATOLOGÍAS EN EL AISLAMIENTO		
Pérdidas térmicas excesivas Condensaciones	HUMANA	-Inexistencia de aislamiento térmico. -Espesor insuficiente del aislante. -Existencia de puentes térmicos. -Elección inadecuada del aislamiento. - Incorrecta puesta en obra.
Falta de planeidad	HUMANA	-Abarquillamiento de las placas aislantes. -Dilatación del material por insuficiencia de juntas.
Desaparición del material	HUMANA TÉRMICA	-Acción del fuego sobre material con resistencia al fuego inadecuada.
Desprendimientos	ATMOSFÉRICA	-Acción del viento
PATOLOGÍAS EN LA CAPA DE PROTECCIÓN		
PAVIMENTOS DE LOSA		
Roturas superficiales y grietas	ATMOSFÉRICA BIOLÓGICA	-Heladicidad -Desgaste por impacto -Acción biológica
Abombamiento del pavimento en capas adheridas.	TÉRMICA	-Dilatación térmica por ausencia de juntas.
Humedades de infiltración	BIOLÓGICA TEMPORALES	-Envejecimiento de las juntas. -Acción biológica sobre las juntas
Flexión y/o rotura de las piezas	ESTRUCTURAL HUMANA	- Espesor insuficiente para la carga prevista a soportar.
Hundimiento de las piezas	ESTRUCTURAL HUMANA	-Falta de resistencia -Falta de apoyo
Desaparición de piezas	HUMANA	-Robo de piezas
Juntas con falta de alineación y distintos grosores	HUMANA	- Incorrecto replanteo
Deterioro superficial del material	HUMANA QUÍMICA ATMOSFÉRICA	- Pérdida de coloración por la acción del sol. Piezas que no están diseñadas para exterior. - Acción hielo-deshielo en pavimentos porosos -Vertido de ácidos y disolventes sobre la superficie. -Aparición de salitre.
PROTECCIÓN CON GRAVAS		
Desplazamiento del material	HUMANA ATMOSFÉRICA	-Excesiva pendiente -Espesor insuficiente -Acción del viento - Acción humana
PATOLOGÍAS EN LOS SISTEMAS DE EVACUACIÓN DE LAS AGUAS		
Humedades de infiltración en sumideros.	HUMANA	-Secciones insuficientes -Falta de refuerzos o escasez de solapes -Roturas

		-Obstrucciones por falta de mantenimiento o diseño incorrecto.
Obstrucciones en bajantes.	HUMANA	-Secciones insuficientes -Falta de mantenimiento
Pérdidas de agua en bajantes.	HUMANA	-Rotura de piezas y empalmes -Pérdidas de piezas y material -Desplazamientos -Corrosiones de elementos metálicos
PATOLOGÍAS EN LOS PUNTOS SINGULARES		
Aparición de manchas de humedad localizadas	HUMANA	-Solución inadecuada de juntas -Solución inadecuada en los encuentros con los paramentos verticales -Inexistencia de rebosaderos -Perforaciones de la impermeabilización por elementos pasantes -Resolución incorrecta de las puertas de acceso -Refuerzos escasos de la impermeabilización en esquinas y rincones

*Fuente: Cerramientos de Edificios. Cubiertas. 2ª edic. Autora: Ana-Sanchez Ostiz Gutiérrez

Como se puede apreciar en este cuadro, las patologías que podemos no radican exclusivamente en una sola acción, sino que en la mayoría de los casos, estas se producen por la combinación de varias acciones.

A continuación se describen las distintas patologías o daños más comunes que nos podemos encontrar en función de su origen.

7.2.1.- DAÑOS DE ORIGEN MECÁNICO

En cubiertas planas el tipo de daños más común es el producido por flechas que se manifiestan en el último forjado de la estructura, ya sea por un exceso de sobrecarga, errores de cálculo, incorrecto apeo del forjado durante su hormigonado, etc...

El Código Técnico de la Edificación limita la flecha relativa (*el descenso máximo de vano respecto al extremo de la pieza que lo tenga menor, dividida por la luz del tramo* en tres supuestos:

1. Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:
 - a) **1/500** en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas;
 - b) **1/400** en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;
 - c) **1/300** en el resto de los casos.
2. Cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa, es menor que **1/350**.
3. Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que **1/300**.

Patologías

- Modificación de las pendientes previstas para la evacuación de aguas por escorrentía superficial de la cubierta, generándose hundimientos puntuales del pavimento de la cubierta que producen embalsamientos de agua y un foco peligroso para la filtración.
- Desolidarización e incluso rotura de piezas del material de cobertura (pavimentos) debido a los esfuerzos de compresión introducidos por las flechas en la cara superior del último forjado.
- Rotura de la membrana de impermeabilización debido a tracciones excesivas.

7.2.2.-DAÑOS DE ORIGEN TÉRMICO

En primer lugar hay que aclarar que la variación térmica que se trata en este apartado aborda la globalidad del término, es decir, que esta variación es aquella solicitación que podemos encontrar tanto a nivel ambiental (temperatura exterior o interior) como a nivel de material de construcción.

Las oscilaciones térmicas que puedan incidir sobre cualquiera de los elementos componentes de la cubierta conllevan siempre dos tipos de movimientos fundamentales: **desplazamientos y/o cambios de dimensión**. Esto provoca que aparezcan tensiones sobre uniones rígidas y apoyos para las que no estén diseñadas provocando un fallo evidente en el sistema que se manifiesta en forma de grietas y fisuras.

Es muy importante tener en cuenta, tanto en la etapa de diseño como en un posible análisis de una patología aspectos como características del material componente del sistema, la ubicación geográfica, la orientación y la exposición de la cubierta a la temperatura exterior e interior, ya que son datos fundamentales para prevenir daños indeseables por dilataciones térmicas no previstas.

Para poder analizar este tipo de patologías con un rigor técnico es necesario estudiar la reacción de cada uno de los componentes de la cubierta frente a su variación térmica y su influencia sobre el resto de componentes.

A grandes rasgos se puede decir que la acción térmica introduce en el sistema de cubierta tensiones mecánicas que pueden provenir del propio edificio, del propio sistema de la cubierta o del material de protección expuesto directamente a la temperatura exterior. Las causas de estas tensiones mecánicas de origen térmico pueden ser achacables a lo siguiente:

ESTRUCTURAL (*)	Dilatación térmica de la estructura del edificio.
FACTOR AMBIENTAL	Saltos térmicos acusados (día / noche, verano / invierno).
	Ciclos hielo – deshielo (en presencia de humedad).
DISEÑO DE LA CUBIERTA (*)	Dimensión de los paños y pendientes.
	Elección del tipo de cubierta (ventilada o no ventilada).
	Existencia o no de aislamiento térmico.
	Rigidez y continuidad de las capas del sistema de la cubierta.

(*) Considerando la climatología constante para todos los casos.

Patologías

- **Fisuras horizontales sobre la fachada del edificio al nivel del forjado de cubierta.** La dilatación de la capa de formación de pendientes provoca un empuje horizontal sobre el perímetro de la cubierta por lo que en aquellos casos en los que no se dispone de junta perimetral de dilatación, acaba fisurando la fábrica.



- **Desprendimiento del material de la capa de protección.** Esta patología suele ser muy común sobre todo en climas de grandes oscilaciones térmicas estacionales, como ocurre en España. Pueden producirse por varias causas y por combinaciones de ellas. Las de origen térmico son fundamentalmente las siguientes:
 - Dilatación/retracción excesiva del soporte (capa de formación de pendientes) que transmite tensiones mecánicas a capas superiores en caso de que éstas no se encuentren desolidarizadas. En estos casos, el desprendimiento de las piezas se presenta generalizado sobre toda la superficie de la cubierta
 - Abombamiento del pavimento (Efecto Barraca). Se presenta como un despegue localizado del pavimento producido por la aparición de esfuerzos de compresión en piezas y juntas de colocación del pavimento. Según la fuente, este tipo de patología pueden tener varios orígenes entre los cuales se incluyen las oscilaciones térmicas sobre la superficie de la cubierta.



- **Rotura del pavimento por dilatación térmica de las piezas.** La mayoría de los casos se dan en las cubiertas transitables con pavimentos cerámicos que se ven sometidos a cambios dimensionales debido al aumento de la temperatura sobre el pavimento. Cada tipo de material posee un coeficiente de dilatación lineal distinto y por tanto su comportamiento y gravedad no será el mismo en todos los casos. Esta dilatación del material introducen esfuerzos de compresión sobre en el pavimento que al superar la resistencia a compresión de piezas y juntas termina por fisurarlas. En estos casos es importante controlar el despiece del pavimento ya que las acciones térmicas sobre él dependerán del diseño en general de la cubierta en cuanto a juntas se refiere.



- **Disgregación del pavimento.** En este tipo de daños la presencia de humedad juega un papel importante, aunque en ciertos casos su origen lo encontramos en las oscilaciones térmicas ambientales: saltos térmicos día/noche-verano/invierno, ciclos de hielo-deshielo. Estas oscilaciones provocan un agotamiento acusado del material que combinado con la humedad inducida por las precipitaciones atmosféricas o por el grado de humedad ambiental puede llegar a una disgregación del material, perdiendo así eficacia en su misión protectora y en casos extremos haciendo intransitable una cubierta transitable.
- **Rotura de la membrana impermeable.** Con frecuencia nos podemos encontrar con intervenciones realizadas sobre edificación antigua en donde se ha reparado la cubierta existente con una lámina impermeable colocada directamente sobre ésta, sin protección alguna. Esto conlleva que con el paso del tiempo y la acción del sol se produzca un envejecimiento acelerado de la lámina y el cuarteamiento de la misma, perdiendo así toda su eficacia impermeable.





Daños en cubierta reparada con pintura de clorocaucho.



Fisuración de la impermeabilización.

7.2.3.-DAÑOS DE ORIGEN HIGROMÉTRICO. HUMEDADES

Es necesario resaltar que este tipo de daños son muy frecuentes en la edificación, tanto en obra nueva como en obras de cierta antigüedad y sobre todo en edificios de valor histórico.

A modo de introducción, para entender y reconocer estas patologías, es necesario conocer los mecanismos por los que el agua tiende a penetrar y moverse entre los materiales.

Mecanismos de penetración y movimiento del agua

1. **Adsorción de vapor:** Es el proceso por el cual las moléculas de vapor de agua son atraídas por la superficie interna de los poros del material. La cantidad de agua que llega a contener el material depende de factores como la humedad ambiental, la temperatura, estructura porosa interna del material, etc. Cuando se da la máxima adsorción de agua se denomina *humedad de equilibrio* para una temperatura y humedad determinadas. Cuando se supera este equilibrio o umbral, es decir, en el caso de que el material no pueda almacenar más agua, existe un foco de humedad y por tanto el riesgo de una posible patología.

Otra propiedad de los materiales es que al cambiar las condiciones de humedad relativa, se produce un intercambio entre estos y el ambiente circundante, de modo que en un ambiente o espacio húmedo, los materiales adsorben vapor de agua y en un ambiente seco, ceden dicho vapor al ambiente o espacio.

La *humedad de equilibrio* puede verse afectada también por la presencia de sales higroscópicas en sus poros. Éstas pueden modificar el comportamiento hídrico del material ya que poseen gran capacidad de adsorción, haciendo que dicho material presente con gran avidez de agua. Es el caso de los materiales cerámicos cuando su grado de humedad no es adecuada a la hora de ejecutar una fábrica o un pavimento, por lo que tienden a adsorber cualquier molécula de agua que se encuentre cerca, ya sea en forma de vapor o líquida (agua del mortero).

El origen de las sales puede ser variado:

- Deterioro de morteros y materiales pétreos.
- Producto de la reacción de los materiales por la contaminación ambiental.
- Producto metabólico de seres vivos, por ejemplo en terrenos con contenido de materia orgánica.
- Composición y fabricación de los materiales.

Más adelante veremos que las sales pueden provocar dos tipos de lesiones: *haloclastia* y *condensación por higroscopicidad*.

2. **Difusión de vapor:** Es el transporte de vapor de agua a través de un elemento poroso, que se para dos ambientes con distintas presiones de vapor. Se produce un flujo de vapor de agua que depende de la permeabilidad del material, el espesor del elemento y el gradiente de presiones en uno y otro lado.

3. **Evaporación:** Es el proceso por el cual el agua contenida en un material cambia de estado y pasa de líquido a vapor, emigrando éste desde la superficie del material hasta el ambiente o espacio que le rodea. La diferencia de presiones que existe entre la primera lámina de vapor en contacto con el líquido y la masa de aire más alejada que se encuentra con un grado de saturación menor hace posible esta emigración de vapor. En otras ocasiones, la superficie de líquido con se encuentra en la cara externa del material, y por tanto no es visible la humedad, sino que se encuentra en los poros del material, de forma que puede producirse igualmente una evaporación de los poros internos. Esto da lugar por ejemplo a la cristalización de sales y consiguiente disgregación del material.
4. **Convección:** Es el transporte de moléculas de vapor de agua en el aire en movimiento. Este fenómeno ayuda a controlar la humedad de los espacios y evitar condensaciones en la envolvente del edificio a través de lo que conocemos por ventilación.
5. **Absorción:** Se produce cuando el agua en estado líquido penetra en el material por presión. De esta forma, el agua elige las cámaras de descompresión sobre las que se almacenará esta agua, empezando siempre por lo huecos de mayor tamaño, por ejemplo, juntas, grietas, fisuras, etc. Esto da lugar a que se produzca un efecto de chorreo sobre la superficie del material. En el caso de cubiertas, se suele dar la absorción a través de juntas o encuentros que provocan humedades en forma de chorreos sobre los paramentos de espacios inmediatamente inferiores. La aparición del “chorreo” es el síntoma aparente de una infiltración de agua a presión, una absorción.
6. **Succión capilar:** Este mecanismo determina la penetración y movimiento de agua líquida en un material poroso, no por presión, sino debido a la atracción entre el agua y el material, que tiende a invadir la red porosa del cuerpo. Una gota de agua, con un volumen determinado, tiende a rellenar la red capilar de un material en la misma proporción que su volumen estableciendo un gradiente de humedad en el material, es decir que el volumen de poros ocupados será mayor en el punto en el que la gota se pone en contacto con el material e irá disminuyendo a medida que se vaya alejando de ese punto. Este fenómeno se da con más frecuencia en muros en contacto con el terreno, a través de la llamada *humedad por ascensión capilar*, aunque es aplicable para todo elemento que sea poroso y exista un aporte externo de agua en forma líquida.

Patologías

- **Humedades por infiltración:**

Se producen normalmente por un fallo en el sistema de cubiertas. En este caso, se produce un fenómeno de absorción a través de fisuras, punzonamientos, puntos de unión de láminas impermeables, juntas sin sellante o con sellante deteriorado, puntos singulares, etc. Como se ha mencionado anteriormente, esta patología se muestra en forma de mancha de humedad concéntrica en la superficie de elementos horizontales o en forma de “chorreo” en los verticales. En general, todos los encuentros y puntos singulares son focos potenciales para infiltraciones de agua si tienen un adecuado tratamiento.

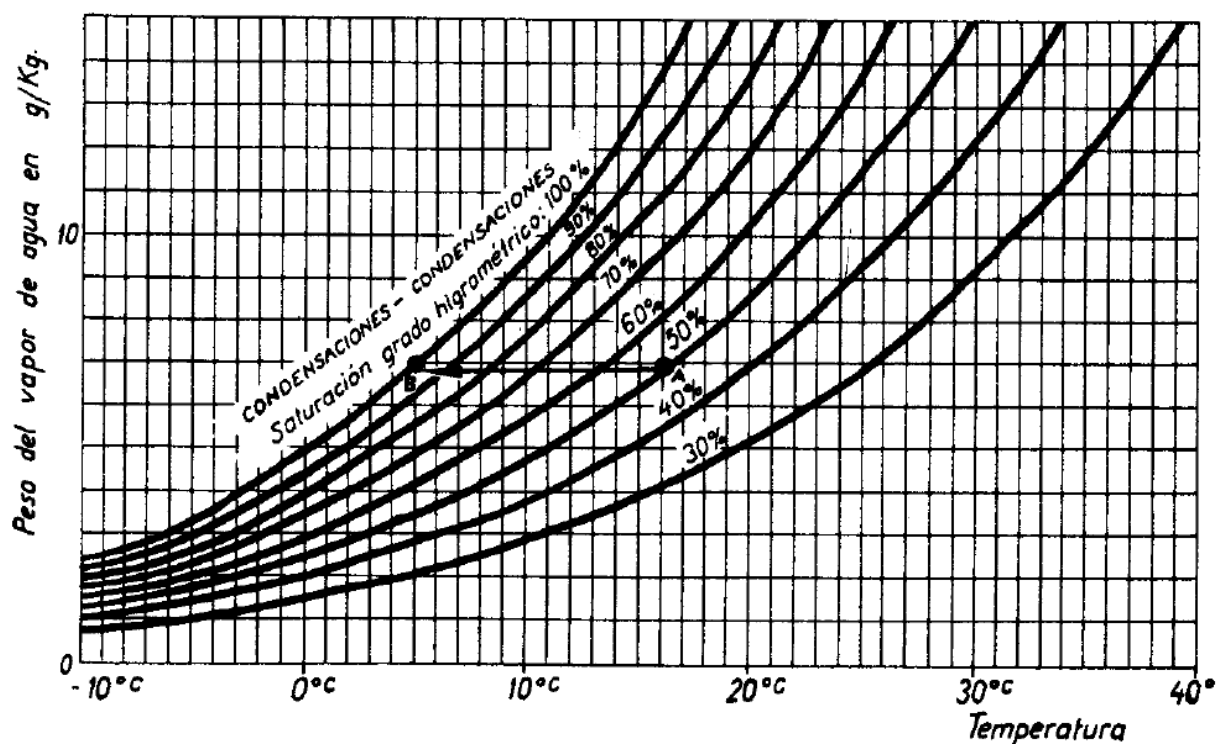
Otro caso que podemos albergar dentro de esta tipología es el de la absorción del agua de lluvia, a presión, en los materiales integrantes de la fachada. En

nuestro caso, los situados en la zona del antepecho de la cubierta. Cuando el agua de lluvia “moja” la fachada, el material que la compone absorbe dicha agua por capilaridad y es conducida a todo elemento circundante en la medida que su red capilar se lo permita y se manifiesta normalmente en el interior del edificio.

- **Humedades por condensación:**

El vapor de agua que se genera dentro de un local o vivienda combinado con un aislamiento insuficiente y la falta de ventilación son ingredientes esenciales para originar condensaciones.

Sabemos que en el fenómeno de la condensación actúan dos agentes: la temperatura y la humedad relativa. La combinación de estos agentes nos dirá el grado de saturación del aire. Así pues se puede concretar cual es el punto de saturación o punto de rocío en el que se producirán condensaciones. Esto se puede comprobar en el ábaco psicrométrico adjunto:



Por poner un ejemplo, para una masa de aire a 16° C, según el ábaco, vemos que la humedad de saturación es de 13,59 g de agua por m3 (100%). En cambio si descendiese la temperatura del aire hasta los 5°C, el punto de rocío se produce a los 6,8 g/m3 apareciendo la condensación en este punto.

La humedad relativa en la Región de Murcia presenta grandes contrastes regionales, no así anuales. En la costa la humedad media se mantiene entre el 71 y el 76%, mientras que en el interior puede variar entre el 52 y el 63%. Es muy significativo que en la costa el mínimo se alcanza en invierno y el máximo en verano, mientras que en el interior el mínimo se alcanza en verano y el máximo en invierno. En cuanto a las temperaturas, según el CTE (anexo E, DB

SE-AE) las máximas oscilan entre 46°C-48°C en el interior y entre 42°C-44°C en la costa y las mínimas en torno a los -6 °C.

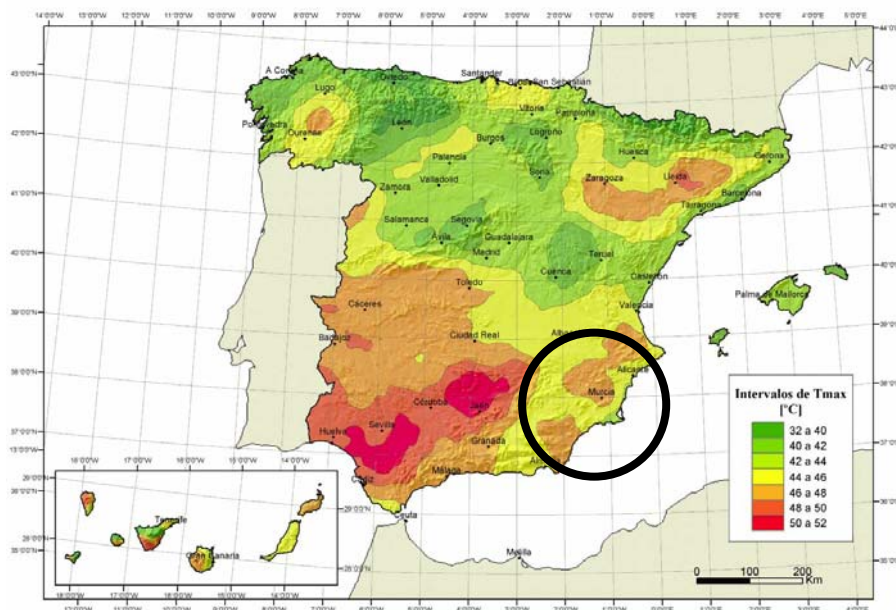


Tabla E.1 del CTE



Tabla E.2 del CTE

En nuestro campo, nos podemos encontrar locales interiores que generan una temperatura y una humedad relativa determinadas y que el contacto de esa masa de aire humidificada con los cerramientos de los locales o espacios a diferente temperatura modifican las condiciones higrotérmicas pudiendo llegar a alcanzar el punto de rocío y por tanto condensaciones.

Hemos comentado que las condensaciones se producen por una modificación de las condiciones higrotérmicas en los cerramientos de un espacio, pero es necesario también comprender cual es el origen de estas alteraciones y que en la práctica no son fáciles de detectar. Podemos relacionar las siguientes causas fundamentales:

1. Fallo en el aislamiento: Si la cubierta carece de aislamiento o por cualquier motivo es ineficaz, ya sea por espesor insuficiente, se encuentre húmeda, etc., por lo que en consecuencia favorece la condensación tanto en el propio aislamiento como en la cara inferior del forjado.
2. Fallo de la barrera de vapor: al igual que el aislamiento, un defecto de colocación o de calidad hacen que pierda su misión principal, proteger al aislante térmico del vapor de agua que asciende de locales inferiores.
3. Puentes térmicos: En general, se producen condensaciones en aquellos casos en los que un cambio de material o de plano altera la temperatura de la lámina de aire junto a la superficie del cerramiento, que en el caso de que exista una discontinuidad en su aislamiento térmico da origen al puente térmico. Ejemplos típicos de puentes térmicos nos encontramos en carpinterías, capialzados, a través de la estructura en voladizos, frentes de forjado, etc.



Humedad en forjado superior por puente térmico en las viguetas.

4. Falta de ventilación y renovación de aire interior: El aumento de la humedad relativa en el interior para una temperatura exterior constante puede dar lugar a la condensación por la saturación del aire ambiental, que se ve agravada por la aparición de hongos.



7.2.4.-PATOLOGÍAS EN PUNTOS SINGULARES.

Desde el punto de vista de la impermeabilización, es frecuente que nos encontremos casos en los que dicha impermeabilización presente patologías en los puntos singulares de la cubierta, ya sea por fallo en la ejecución o por una solución incorrecta de proyecto, independientemente de que actúen otros factores externos que deberían haber sido previstos en el diseño y ejecución de la cubierta.

Las patologías más comunes que nos podemos encontrar en estos puntos son:

- Incorrecta solución de la impermeabilización en el encuentro con paramentos verticales (petos y elementos pasantes). Nos encontramos casos en los que no existen las bandas de refuerzo ni de terminación que deben subir por el paramento. Muchas veces esto se sustituye únicamente con una imprimación del paramento vertical que no garantiza su impermeabilización. Al cabo del tiempo nos encontramos manchas de humedad tanto en el interior del edificio como en el exterior si se trata de la unión con el peto de fachada.



- Presencia de vegetación en juntas y sumideros: La disgregación del material de las juntas de la cubierta en general o la inexistencia de este hacen posible que cualquier oquedad sea un buen hogar para que se depositen dentro de ellas las partículas de polen en suspensión que podemos encontrar en el aire. Esto conlleva a la aparición de pequeñas plantas que con un pequeño aporte de agua germinan dentro de las juntas y sumideros que al cabo del tiempo se hacen visibles. Este hecho puede llevar a que el crecimiento de las raíces de estas plantas terminen por perforar el material impermeable dejando abierta una vía de acceso de agua al interior del edificio.



- Impermeabilización de las juntas: En ocasiones nos encontramos manchas de humedad junto a una junta de dilatación o una junta estructural lo que induce a pensar que la impermeabilización de esa junta no se ha resuelto correctamente, bien por falta de solapes o por falta de bandas de refuerzo. Así mismo conviene recordar que la terminación de la junta debe sobresalir de la

cota del pavimento mediante un relleno adecuado para evitar el depósito de agua dentro de la junta y facilitar la total evacuación de las aguas hacia las bajantes, hecho que no siempre se tiene en cuenta durante su ejecución.



Por otro lado, cuando aparecen fisuras verticales en los petos de la cubierta por no haber continuado las juntas estructurales del edificio se produce también la rotura de la membrana impermeable que cubría dicho paramento.



- Cubiertas sin protección en cubiertas planas no transitables: En estos casos en los que no existe protección sobre la impermeabilización, la membrana, normalmente autoprottegida, queda expuesta a la intemperie y a la acción de los rayos ultravioletas, lo que produce el envejecimiento de la lámina, la aparición de fisuras sobre ella e incluso el levantamiento de los solapes, perdiendo así toda su eficacia.



